Manual de Ergonomía



fundación MAPFRE

MAPFRE
CENTRO
DE
DOCUMENTACION

R. 052786

Manual de Ergonomía

fundación MAPFRE

FRANCISCO FARRER VELÁZQUEZ
GILBERTO MINAYA LOZANO
JOSÉ NIÑO ESCALANTE
MANUEL RUIZ RIPOLLÉS

Los autores citados forman parte del equipo de Prevención de FREMAP, dirigido por José Ángel Fernando Pablo, y han contado también con el apoyo y colaboración del Instituto de Ergonomía MAPFRE.

«Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares con ella mediante alquiler o préstamo públicos.»

© 1994, Fundación MAPFRE

© 1994, Editorial MAPFRE, S. A.
P.º de Recoletos, 25
28004 MADRID

I.S.B.N.: 84-7100-833-1
Depósito Legal: M. 41.286 - 1995

Fotocomposición: Discript Preimpresión, S. L.
Impreso por: Gráficas Lormo, S. A.
Encuadernación: Ramos, S. A.

Printed in Spain
Impreso en España

ÍNDICE

Pág.

Prólogo XV

Introducción XVII

Relación con otras disciplinas preventivas XIX
Las definiciones e indefiniciones de la ergonomía XX
Los precursores ergonómicos XXI
El ámbito de la ergonomía XXII
Divisiones y clasificaciones más comunes de la ergonomía XXIII
Áreas de especialización XXIII
El programa de ergonomía XXIV
Fases de un programa ergonómico XXVI
Análisis de tareas XXVI
Definiciones de ergonomía XXVIII

PRIMERA PARTE
METODOLOGÍA ERGONÓMICA

1. La metodología ergonómica 3

Introducción 3
Métodos de valoración. Conceptos generales 6

Pág.

Análisis de puestos o tareas ... 7
Estudio del trabajo ... 9
Incidentes críticos de Flanagan ... 9
Escalas de habilidades requeridas de Fleishman ... 10
Cuestionario de análisis de puestos (PAQ) de McCormick ... 10
Métodos de valoración más importantes ... 12
Métodos de valoración objetivos ... 12
Métodos de valoración subjetivos ... 47
Métodos mixtos ... 55
Anexos ... 57

2. Método MAPFRE ... 79

Criterios de valoración de los factores ergonómicos ... 79
1. Equipamiento. Disposición del espacio de trabajo 80
2. Carga física estática-postural ... 81
3. Carga física dinámica ... 83
4. Carga sensorial ... 86
5. Complejidad. Contenido del trabajo ... 88
6. Autonomía y decisiones ... 90
7. Monotonía y repetitividad ... 92
8. Comunicación y relaciones sociales ... 94
9. Turnos/horarios. Pausas (tiempo de trabajo) ... 95
10. Riesgo de accidentes ... 97
11. Contaminantes químicos ... 98
12. Ruido y vibraciones ... 99
13. Condiciones térmicas ... 100
14. Iluminación y ambiente cromático ... 102
15. Radiaciones y otros ... 103
Anexos al manual del método MAPFRE ... 105
Cuestionario ... 127
Ejemplos de aplicación ... 141

Segunda parte
BIOMECÁNICA OCUPACIONAL

Introducción ... 167

Biomecánica ocupacional ... 169
Estructura de la biomecánica ocupacional ... 171

Pág.

1. Antropometría y geometría del puesto de trabajo ... 173

Necesidad de medir ... 173
Diseñar a la medida del hombre ... 173
Antropología física ... 174
Ecuaciones de dimensión ... 176
Antropometría laboral ... 178
Planos de referencia ... 178
Antropometría estática ... 178
Tratamiento estadístico ... 181
Concepto de «hombre medio» ... 182
Población y muestra ... 183
Índices univariantes ... 183
Índices bivariantes ... 185
Variabilidad de las poblaciones ... 187
El espacio de trabajo ... 191
Posturas ... 192
Movimientos ... 192
Visibilidad ... 192
Posición de trabajo ... 193
Ventajas e inconvenientes de cada posición ... 194
Planos de trabajo ... 195
Planos de trabajo en la posición de pie ... 196
Planos de trabajo en la posición sentada ... 197
Áreas y volúmenes de trabajo ... 199
Áreas de Farley ... 200
Áreas de Squires ... 201
Volúmenes de trabajo ... 204
Disposición espacial de los elementos ... 205
Principios de diseño del espacio de trabajo en un puesto con terminales de pantalla ... 211
Profundidad del espacio libre debajo de la mesa de trabajo ... 211
Anchura del espacio bajo el plano de trabajo ... 212
Altura del espacio de trabajo ... 212
Solución específica ... 212
Altura del plano del teclado ... 213
Plano único de teclado y pantalla ... 213
Plano de pantalla ... 213
Superficie de trabajo, anchura y profundidad ... 214

Pág.

Asiento ... 215
Altura del asiento ... 215
Respaldo lumbar ... 216
Proxémica ambiental ... 216
Los edificios ... 217
Los territorios en el trabajo ... 219
El hacinamiento, el aislamiento, las distancias personales y las densidades de ocupación ... 220

2. Carga física ... 225

Cargas, esfuerzos y tensiones ... 225
Cargas ... 225
Esfuerzos ... 227
Tensiones ... 229
Concepto de momento ... 230
Aplicación de momentos a un segmento ... 230
Aplicación de momentos estáticos a múltiples segmentos 232
Momentos máximos ... 237
Modelos biomecánicos ... 238
Elementos de biomecánica ... 240
Introducción ... 240
Huesos ... 241
Articulaciones ... 242
Tendones y ligamentos ... 246
Músculos ... 246
Metabolismo energético ... 255
Introducción ... 255
Esfuerzos estático y dinámico ... 258
Conceptos ... 258
Esfuerzos estáticos ... 259
Esfuerzos dinámicos ... 261
Evaluación de la carga física ... 262
Carga y esfuerzo ... 262
Criterios de evaluación ... 263
La persona estándar ... 265
Sistemas de unidades ... 265
Guías para estimar la carga física ... 266

3. Soluciones ergonómicas a las lesiones biomecánicas 271

Introducción ... 271

Pág.

Accidentabilidad por manipulación de cargas ... 272
Criterio de límite de peso ... 274
Criterios biomecánicos ... 275
Establecer un límite ... 275
Características de los modelos biomecánicos ... 277
Aplicación práctica de los modelos ... 278
Modelos tridimensionales y dinámicos ... 280
Criterios fisiológicos ... 283
Establecer un límite ... 283
Factores que afectan a la tasa metabólica ... 283
Modelo de Garg para predecir la tasa metabólica ... 285
Resumen del criterio fisiológico ... 286
Criterios psicofísicos ... 287
Concepto ... 287
Precedentes ... 287
Guías de Liberty Mutual (Snook) ... 288
Métodos de aplicación ... 293
Método del ejercicio percibido ... 293
Método analítico para obtener el MAWL ... 295
Método NIOSH ... 298
Concepto de «microtraumatismos repetitivos» (MTR) ... 304
Factores que influyen ... 306
Tipos de movimientos ... 308
Relación de los movimientos con los MTR ... 311
Descripción de algunos síndromes ... 313
Métodos de análisis ... 315
Medidas ergonómicas para evitar los MTR ... 321
Psicosomática ocupacional (factores psicológicos de la patología biomecánica y su prevención) ... 325
La vulnerabilidad psicosomática ... 326
Sinestrosis y las ganancias secundarias de los accidentes 330
La percepción y representación mental de los riesgos biomecánicos ... 332
Bases para la prevención de las lesiones biomecánicas 333

4. Criterios biomecánicos para el diseño ... 335

Diseño de la postura sentada ... 335
Introducción ... 335
Ventajas de la posición de sedentación frente a la bipedestación ... 338

Pág.

Objetivos perseguidos manteniendo una posición de sentado correcta 338
Biomecánica de la posición de sentado 339
Cómo seleccionar las distancias entre los diferentes elementos 343
Dimensiones fundamentales de los asientos 346
Repercusión de la posición de sentado sobre el organismo 347
Hábitos individuales 350
Revisión de diferentes posiciones mantenidas 351
Diseño de herramientas y criterios de selección 357
Introducción 357
Anatomía de la mano 358
Antropometría de la mano 360
Biomecánica del agarre 361
Fuerzas máximas a realizar con la mano 363
Clasificación de las herramientas manejadas a mano 369
Consideraciones básicas de los mangos de las herramientas 372
Dirección de los esfuerzos 379
Posiciones adoptadas en el manejo de herramientas 381
Tipos de gatillos 385
Selección de herramientas 388
Mantenimiento de herramientas 389
Carga muscular estática 389

TERCERA PARTE
EL AMBIENTE FÍSICO

1. La ergonomía del ambiente físico 393

El ambiente sonoro 394
Efectos en la persona 395
Confort acústico 408
Efectividad 409
Música en el trabajo 412
Conclusión 412
La ergonomía visual 413
Introducción 413
La visión 414

Pág.

El campo visual 417
La acomodación 418
La adaptación 418
Características de la iluminación 419
Fuentes luminosas 420
Unidades y conceptos 422
Requisitos visuales de las tareas 426
Requisitos de la iluminación 427
El ambiente cromático 431
Introducción 431
La visión cromática del hombre 431
Forma de definir los colores 431
Criterios de diseño y evaluación de la iluminación 438
Iluminancias recomendadas 438
Iluminación general y localizada 440
Valor y limitación del deslumbramiento 442
Factores que influyen en el grado de deslumbramiento 444
Evaluación del grado de deslumbramiento 446
Confortabilidad térmica 450
Introducción 450
Factores ambientales 451
Factores fisiológicos 454
Vestimenta 454
Carga de trabajo 455
Confort e inconfort 456
Evaluación del confort térmico 457
Normativa sobre confort térmico 467

CUARTA PARTE
EL TRABAJO MENTAL

1. Carga y fatiga mental 473

Introducción 473
Consideraciones sobre el trabajo mental 474
Toma de información y procesos perceptivos 481
Estimulación 482
Respuesta 483
Sensibilidad 484
Percepción 490

Pág.

Parámetros y determinantes atencionales 493
Leyes de la percepción 497
Tratamiento de la información y teoría de la información 503
Teoría de la información. Capacidades humanas 505
Consideraciones sobre el envejecimiento 513
Consideraciones objetivas para mejorar la percepción de señales 516
Mantenimiento del estado de vigilia 516
Atención selectiva 518
Recomendaciones en la práctica laboral 520
La importancia de la presentación de la información 521
Algunas consideraciones sobre *display* 521
Conclusiones más importantes de los estudios sobre *display* 522
Semiótica y su organización 531
Evaluación de la carga mental 532
Indicadores fisiológicos 534
Estimación subjetiva de los sujetos (cuestionarios) . . . 540
Método de la doble tarea 540
Análisis de las variaciones del comportamiento operativo 541
Notas finales a los métodos de evaluación 542
Evaluación de la carga mental: un acercamiento práctico 545
La medida 546
Variables que se deben valorar 550
Factores que influyen positivamente 555
Anexos 559
Errores y fiabilidad 564
A) La actividad en respuesta a las exigencias de la tarea 564
B) Distribución de etapas en el período de actividad. 566
Norma ISO 10075 568
Principios ergonómicos concernientes a la carga mental de trabajo 568

Quinta parte
FACTORES ORGANIZACIONALES

1. Los factores organizacionales en ergonomía 573
La división y organización del tiempo de trabajo 574

Pág.

Los ritmos biológicos 574
Tiempo de trabajo 579
Principales referencias legales 579
Trabajo por turnos 580
Problemas e inconvenientes del trabajo nocturno 583
Tipos de rotación 584
Las pausas y los descansos 585
La conducta organizacional en la ergonomía 592
El «efecto Hawthorne» y la crítica de la razón taylorista 593
Satisfacción, motivación y clima laboral 596
La teoría X e Y de McGregor y las hipótesis autocumplidas en las organizaciones 598
Teoría Z de las organizaciones 602
El contenido del trabajo 604
Tipos de contenido de trabajo 605
La organización del trabajo y el enriquecimiento de las tareas 606
El teletrabajo y el trabajo en grupo como nuevas alternativas 608
Ventajas e inconvenientes del teletrabajo 610
Trabajo en grupo 611

Bibliografía consultada 615

PRÓLOGO

El MANUAL DE ERGONOMÍA que presentamos forma parte de un ambicioso proyecto de Fundación MAPFRE, como es el desarrollo, ya muy avanzado, de la colección de manuales sobre las diferentes áreas de la seguridad integral, y de la que ya se han editado los correspondientes a seguridad en el trabajo, higiene industrial y contaminación ambiental, además de un importante número de títulos sobre aspectos específicos de cada una de estas áreas.

Se ha pretendido aportar un contenido eminentemente práctico, que permita materializar en acciones y desarrollos concretos los aspectos filosóficos y de enfoque de la ergonomía, que generalmente son aceptados como útiles en el ámbito de la empresa.

De la adaptación de los puestos de trabajo a las características del hombre y de un enfoque multidisciplinar del diseño de los mismos ha de esperarse un mayor confort y mayor calidad de vida en el trabajo, pero también una mejor calidad del mismo y una mayor productividad.

Es necesario destacar también la ergonomía como instrumento directo de prevención de lesiones laborales. Sólo mediante procedimientos ergonómicos puede hacerse frente a problemas que, como las lesiones de espalda o los microtraumatismos repetitivos, están hoy reiteradamente presentes en muchas actividades laborales y que llegan a representar más del 20 por 100 de los accidentes con baja.

Dentro de la idea de concreción de la información, se hace referencia, siempre que hay posibilidad, a la normativa legal y técnica, nacional o internacional, tratando de facilitar criterios operativos y de referencia, en particular para la evaluación ergonómica de los puestos ya existentes o para los nuevos diseños, aportando, cuando es posible, procedimientos que han sido ensayados en España con buenos resultados.

Con esta obra, Fundación MAPFRE quiere avanzar un paso más en sus acciones en el área de la ergonomía, de las que destacaríamos la creación en 1990, conjuntamente con OPEL España, S. A., del Instituto de Ergonomía MAPFRE, que ha aportado ya importantes trabajos en los ámbitos formativos, informativos, técnicos y de investigación.

La redacción de esta obra ha estado a cargo de técnicos del Área de Prevención de FREMAP, Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social y del Instituto de Ergonomía, a los que queremos agradecer el esfuerzo personal que la elaboración de esta obra les ha supuesto, y esperamos que contribuya a lograr, cada vez más, un trabajo a la medida del hombre.

Carlos Álvarez Jiménez
Presidente de Fundación MAPFRE

INTRODUCCIÓN

La ergonomía forma parte hoy día de la prevención de riesgos profesionales en una fase desarrollada y se tiende a integrar dentro de la gestión de las empresas, interconectando los aspectos de la calidad de los servicios, la eficiencia de las tareas y las propias condiciones de trabajo.

La ergonomía parte de un principio de congruencia básica, cada vez más asumido por la gerencia empresarial, según el cual trabajar bien implica trabajar a gusto, en el más amplio sentido del término.

Aunque no existe un único procedimiento, la actuación ergonómica está en todos los casos orientada al ajuste entre las exigencias de las tareas y las necesidades y posibilidades de las personas, respecto a las dimensiones físicas, psicológicas y organizacionales del trabajo.

Por ello, las variables ergonómicas incluyen los ámbitos de la configuración física, la configuración lógica y la configuración organizacional de las condiciones de trabajo (Figura 1).

La actuación ergonómica debe contemplarse como la resultante de las interacciones entre estos dominios, más que una mera agregación de acciones puntuales sobre las condiciones de trabajo, y debe contar desde la proximidad conceptual de los proyectos hasta la proximidad física de los usuarios de los sistemas de trabajo.

Esto significa que para actuar en ergonomía es conveniente, casi imprescindible, la existencia de un programa que no solamente contem-

LA TESELACIÓN DE LA ERGONOMÍA

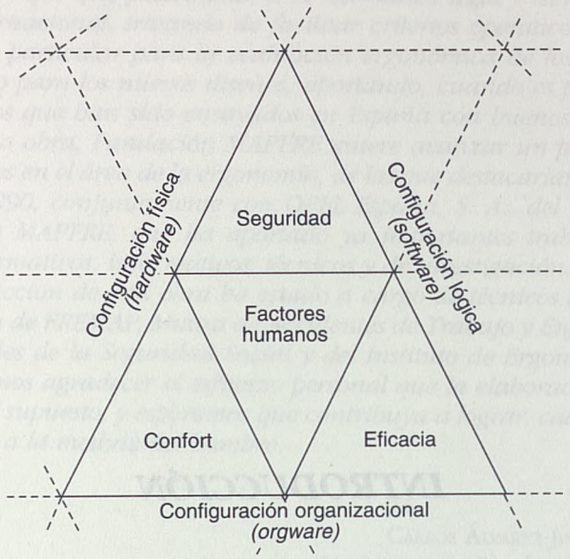


Figura 1

- ***La configuración física*** *(hardware):* herramientas, máquinas, equipos, instalaciones.
- ***La configuración lógica*** *(software):* códigos, señales, lenguajes, instrucciones, procedimientos.
- ***La configuración organizacional*** *(orgware):* coordinación, comunicación y la propia estructura de la organización.

ple aspectos técnicos y metodológicos, sino que defina y genere las condiciones favorables en la empresa, en aspectos tan tangibles, pero tan determinantes, como el contrato psicológico del trabajo.

El contrato psicológico se refiere al conjunto de expectativas mutuas que se establecen entre las distintas personas dentro de una organización respecto a los planteamientos de la dirección, administración y gestión de la empresa. Se incluyen aquellas expectativas relacionadas con la posibilidad de satisfacción de algunas necesidades personales, el control y la confianza mutua, la posibilidad de formalización de compromisos estables, etc.

Estos aspectos implican en la práctica consideraciones importantes relacionadas con «el rol del usuario» de los sistemas, que viene a reconocer la evidencia de que quien mejor puede conocer e informar de las limitaciones del trabajo es el propio trabajador.

Actualmente estos planteamientos, como se verá en el correspondiente capítulo, están muy ligados a la concepción del trabajador como «proveedor» y «cliente interno» y, del mismo modo que se le exige una serie de características a su trabajo, también deberán tenerse en cuenta sus necesidades para la realización del mismo. La ergonomía desde este punto de vista es la tecnología de las facilitaciones del trabajo.

Relación con otras disciplinas preventivas

En la medida en que la ergonomía es una técnica preventiva, interviene en aspectos relacionados con la seguridad (fiabilidad de los sistemas y del comportamiento humano), con la higiene industrial (factores ambientales, etc.) puede ser conveniente caracterizar los aspectos más relevantes de la intervención ergonómica. Consideramos que en el trabajo ergonómico, especialmente cuando incluye el análisis de las solicitaciones mentales y organizacionales de las tareas, se pueden destacar los siguientes aspectos:

– Ámbito de las visiones globales. El análisis del trabajo dentro de las organizaciones requiere de una visión o representación mental no fragmentada o inconexa. Esta visión global tiene que traducirse en acciones locales y puntuales para que sea operativa. En ergonomía hay que «descender» a los detalles.

– Ámbito de los muchos y pequeños detalles. Estos análisis de los detalles deben ser realizados sobre muchos aspectos particulares de los sistemas de trabajo (herramientas, máquinas, instalaciones y organizaciones) que –en contra de algunas percepciones sociales– están ya razonablemente perfeccionados y, por tanto, resulta a veces difícil o al menos laborioso su mejoramiento. En ergonomía se podría decir que a veces se trabaja sobre aparentes «insignificancias» pero que en un proyecto se tengan en cuenta decenas de «insignificancias» no será probablemente ninguna insignificancia.

– Ámbito de las interrelaciones e interdependencias (interconectividad). Los factores de un ámbito influyen en mayor o menor medida en el resto y es preciso analizar y ponderar estas relaciones. En algunas ocasiones se tienen que alcanzar compromisos difíciles ante la incompatibilidad de los aspectos implicados. Por ejemplo, poner las mejores condiciones térmicas al «usuario paciente» en un hospital puede resultar incompatible para el «usuario personal de planta».

– Ámbito de la realidad psicosociológica. La mayoría de estas acciones se dan e influyen en un contexto grupal y laboral donde aparecen efectos de la llamada realidad psicosociológica («no opera tanto lo que objetivamente existe como lo que se toma como verdadero»), que inducen fenómenos complejos como las hipótesis autocumplidas, los efectos autoalimentados, los efectos contrarios, etc.

– Ámbito de la usabilidad. Este nuevo concepto recogido en algunas normas internacionales, como la norma ISO-9241 y norma europea EN-29241, define la usabilidad como la consecuencia de la eficacia, la eficiencia y la satisfacción en determinados contextos de uso donde se insiste especialmente en la caracterización de los usuarios de los sistemas y sus necesidades.

Las definiciones e indefiniciones de la ergonomía

De la ergonomía existen múltiples definiciones formales que, en general, gravitan sobre la etimología del propio término, compuesto por la raíz *ergos:* trabajo, actividad, y el *nomos:* principios, leyes.

La Asociación Española de Ergonomía (AEE), constituida en 1964, miembro de la International Ergonomics Association, plantea una definición que se puede considerar integradora de las diferentes tendencias de la ergonomía y la ingeniería de los factores humanos.

La asociación entiende por ergonomía: «La ciencia aplicada de carácter multidisciplinar que tiene como finalidad la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios, para optimizar su eficacia, seguridad y confort».

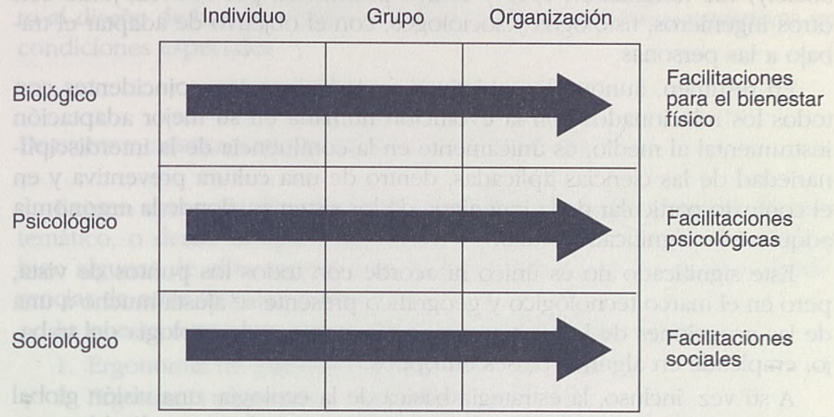
En la medida en que puede ser interesante conocer otras definiciones que implican otros planteamientos, en el Anexo 1 se exponen y contrastan las principales definiciones que sobre la ergonomía ha recopilado Vicente Albaladejo Fuertes.

La ergonomía es una disciplina contemporánea de la ingeniería de sistemas, y en cierta medida puede compensar las carencias que sobre factores humanos, históricamente, han caracterizado a las ingenierías en general.

La ingeniería de los factores humanos, en algunos países integrada en la ergonomía, constituye la síntesis de estos planteamientos.

En el siguiente diagrama se esquematiza el papel aglutinador de la ergonomía dentro del campo de los factores humanos sobre la seguridad, el confort y la eficacia, aplicándose a los tres ámbitos del trabajo.

A su vez, en el siguiente diagrama, empleado en los proyectos de normalización ergonómica, se resumen en un esquema el sistema bio-psico-social, los objetivos y los niveles.



Los precursores ergonómicos

El rastreo de las señas de identidad de la ergonomía lleva a menudo a una cierta euforia historiográfica. Los autores más audaces suelen situar en los albores de la humanidad, con el nacimiento de las herramientas, el comienzo de la ergonomía.

Este punto de vista, algo descolocado, incurre en una de las falacias expuestas por Pheasant, que consiste en pensar que la ergonomía es la mera aplicación de la intuición y el sentido común para llegar a soluciones eficaces prescindiendo de los estudios y los ensayos experimentales.

La ergonomía comienza a configurarse como tal en la segunda mitad de este siglo, y el «paleolítico» ergonómico se podría situar en el comienzo del siglo con los planteamientos tayloristas sobre la racionalización del trabajo.

Estos principios de racionalización, funcionalidad, economía de esfuerzos y movimientos formarán parte tanto de la ergonomía como de los análisis de los sistemas de trabajo.

La historia de la ergonomía como disciplina autónoma se configura al final de la Segunda Guerra Mundial, cuando la fuerza de los hechos obliga a los ingenieros, que diseñaban cada vez sistemas más complejos, a

tener en cuenta, de una forma explícita y sistemática, las leyes fisiológicas y psicológicas del comportamiento humano y sus límites operativos bajo las diferentes solicitaciones y condiciones del medio.

De hecho, la primera sociedad de ergonomía (la Ergonomics Research Society) fue fundada en 1949 y estuvo promovida por Murrell, junto con otros ingenieros, fisiólogos y sociólogos, con el objetivo de adaptar el trabajo a las personas.

En resumen, aunque los objetivos ergonómicos son coincidentes con todos los relacionados con la evolución humana en su mejor adaptación instrumental al medio, es únicamente en la confluencia de la interdisciplinariedad de las ciencias aplicadas, dentro de una cultura preventiva y en el contexto particular de la ingeniería de los sistemas, donde la ergonomía adquiere su significado actual.

Este significado no es único ni acorde con todos los puntos de vista, pero en el marco tecnológico y geográfico presente se ajusta mucho a una de las acepciones de la propia ergonomía, como es la ecología del trabajo, empleada en algunos países europeos.

A su vez, incluso, la estrategia básica de la ecología: una visión global de los problemas, combinada con acciones puntuales, es aplicable, a su escala, a la propia ergonomía. Pero este planteamiento tiene ya sus críticas, pues la visión global se llega a interpretar como una visión totalizadora y exclusivista, y la acción puntual puede llegar a confundirse con las trivializaciones comerciales, tales como que las sillas, muebles o herramientas sean «ergonómicos», sin reparar en que lo ergonómico no es tanto la herramienta o el medio como la propia tarea o actividad.

El ámbito de la ergonomía

Hoy día, la ergonomía se puede aplicar al estudio de cualquier actividad, laboral o no, de las personas que realizan cualquier tarea o desarrollan cualquier función.

Así, una persona que precise desplazarse y decida utilizar un transporte público, se convierte en usuario-operador de un sistema complejo y, por tanto, objeto de análisis ergonómicos complicados.

Este cambio sobre la ampliación y clarificación de los roles de las personas, partiendo de los más inespecíficos de empleado o trabajador hasta el de operador y usuarios de los diferentes sistemas concretos, lleva a que la definición de los diferentes usuarios de los sistemas sea un capítulo importante de la ergonomía.

A este respecto, como se verá en otros capítulos, la antropometría y el diseño físico de los espacios deberá tener en cuenta si el usuario es concreto o «estadístico» (cualquier persona de un colectivo); o las posibles limitaciones físicas y perceptivas de los mismos: subcapacitados, colectivos «sensibles» como la población infantil o geriátrica, etc., o bien respecto al diseño de barreras arquitectónicas o a las condiciones operativas en condiciones especiales.

Divisiones y clasificaciones más comunes de la ergonomía

Existen varias clasificaciones de la ergonomía desde el punto de vista temático, o desde el tipo o momento de la intervención ergonómica, si bien algunas de ellas suponen un reduccionismo que las pueden indiferenciar de otras técnicas preventivas.

La que se expone a continuación es la división más clásica.

1. Ergonomía de puestos/ergonomía de sistemas.
2. Ergonomía preventiva/ergonomía correctora.
3. Ergonomía física:
   - Ergonomía geométrica:
     - Confort posicional.
     - Confort cinético.
     - Seguridad.
   - Ergonomía ambiental:
     - Factores físicos (ruido, iluminación, radiaciones, etc.).
     - Agentes químicos y biológicos.
   - Ergonomía temporal:
     - Turnos.
     - Horarios.
     - Pausas.
     - Ritmos.

La división que plantea la AEE está más actualizada y quizá sea más pragmática y ajustada a los ámbitos profesionales en marcha.

Áreas de especialización

Se consideran áreas especializadas dentro del ámbito de la ergonomía, entre otras, las siguientes:

a) Ergonomía biométrica:
   - Antropometría y dimensionado.
   - Carga física y confort postural.
   - Biomecánica y operatividad.

b) Ergonomía ambiental:
   - Condiciones ambientales.
   - Carga visual y alumbrado.
   - Ambiente sónico y vibraciones.

c) Ergonomía cognitiva:
   - Psicopercepción y carga mental.
   - Interfaces de comunicación.
   - Biorritmos y cronoergonomía.

d) Ergonomía preventiva:
   - Seguridad en el trabajo.
   - Salud y confort laboral.
   - Esfuerzo y fatiga muscular.

e) Ergonomía de concepción:
   - Diseño ergonómico de productos.
   - Diseño ergonómico de sistemas.
   - Diseño ergonómico de entornos.

f) Ergonomía específica:
   - Minusvalías y discapacitación.
   - Infantil y escolar.
   - Microentornos autónomos (aeroespacial).

g) Ergonomía correctiva:
   - Evaluación y consultoría ergonómica.
   - Análisis e investigación ergonómica.
   - Enseñanza y formación ergonómica.

En cualquier caso, la ergonomía trata de constituir una síntesis donde se analicen fundamentalmente las interrelaciones de todos estos campos.

El programa de ergonomía

La aplicación de la ergonomía en las empresas supone elaborar un plan o programa ajustado a las necesidades y posibilidades de la organización.

Ciertos planteamientos «adoquistas» (hacer las cosas *ad hoc:* esto es, con un fin determinado, pero normalmente sobre la marcha) deben limitarse en ergonomía y en prevención, por mucho que la «adhocracia» dé flexibilidad a la gestión de las organizaciones.

En cualquier caso, un programa ergonómico debe considerar los principales factores limitantes que se puedan presentar:

- Los compromisos gerenciales. Los principales resultados globales dependen del grado de compromiso gerencial con el tema.

La ergonomía debería estar en sintonía con los «efectos locomotora» de la iniciativa gerencial y será bastante incompatible con la «estrategia del barril» en una organización que sólo se mueve cuando la empujan, sea la competencia, los conflictos o las crisis.

- La participación interdepartamental. La necesaria implicación de distintos departamentos de ingeniería, proyectos, métodos, organización personal, seguridad, higiene, medicina del trabajo, etc., requiere definir competencias, prioridades y medios.
- El ajuste de expectativas. La ergonomía, como técnica que es, es un mero instrumento, y deben definirse previamente sus limitaciones y sus funciones específicas.
- El reduccionismo ergonómico. La ergonomía no es exclusivamente lo anatómico o lo fisiológico o lo psicológico. Y ésta es, en ocasiones, el primer reduccionismo existente. Existe también «la búsqueda del método»: reducir el análisis ergonómico a la evaluación y diagnóstico de los problemas o puntos débiles del trabajo, pero avanzando poco en las soluciones y alternativas. No se debe hablar tanto de «problemas ergonómicos» como de «soluciones ergonómicas».
- El rol del usuario. El análisis del trabajo demuestra que los usuarios de los sistemas (empleados y trabajadores en las situaciones laborales) son los que mejor conocen las limitaciones y problemas operativos de los sistemas que manejan.

El reconocimiento de ese papel y la traducción en claves técnicas de la información sobre los detalles facilitados es lo que hará operativa a la propia ergonomía.

- Los costes y beneficios ergonómicos. Las ventajas más visibles de la ergonomía pueden colocarse inicialmente en el haber del balance social de la empresa.

Pero se puede llegar a demostrar, y éste es el argumento, que la ergonomía hace más rentables las inversiones de los recursos económicos, técnicos y humanos de las empresas.

Gary Becker, premio Nobel de Economía en 1992, ha desarrollado parte del entramado existente entre economía y comportamiento humano por el que es fácil prever que la ergonomía puede ser un mediador entre las conductas humanas y la economía como rentabilidad y eficacia en el trabajo.

Fases de un programa ergonómico

La aplicación de un planteamiento ergonómico en una empresa puede variar en sus aspectos más formales, pero en todos ellos deben estar explícita o implícitamente recogidas las siguientes fases:

- Definición de objetos y ámbitos.
- Información y comunicación del proyecto.
- Formación de una comisión de ergonomía.
- Desarrollo del programa:
  - Fijación de las especificaciones.
  - Definición de la población de usuarios.
  - Análisis de tareas: mediciones, observaciones, entrevistas, encuestas, consultas.
- Definición de las solicitaciones.
- Definición del método de evaluación.
- Elaboración de las conclusiones.
- Reevaluación por los usuarios.
- Revisión y control de resultados.

Análisis de tareas

De las principales fases de un programa ergonómico, uno de los apartados básicos, junto con los métodos de evaluación, es el análisis de tareas.

El análisis de tareas es quizá, de todas ellas, la fase más ardua, la más laboriosa y la más complicada de sistematizar con criterios generales.

El análisis de tareas consiste en recoger y organizar la información pertinente sobre las condiciones de trabajo de un puesto para la evaluación, diagnóstico y posibles mejoras del mismo.

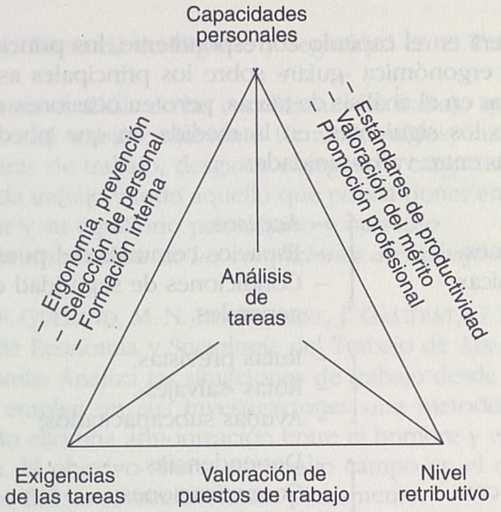
El análisis de tareas es también la base y fundamento de otras técnicas en el campo de la organización y la gestión de personal, como es la valoración de puestos de trabajo, y, de hecho, tienen mucho en común.

En cualquier análisis del trabajo, aunque se estén estudiando los requerimientos de las tareas y no los desempeños personales, como es el caso de la valoración de puestos de trabajo, es inevitable que aparezcan, y no sólo como contaminaciones del análisis, otros factores sobre los que gravita el trabajo:

- Las exigencias de las tareas.
- Las capacidades, aptitudes y características personales.

- Las recompensas del desempeño (retribuciones económicas, otros reconocimientos: pausas, descansos, facilitaciones, etc.).

En el siguiente esquema se sitúan las distintas técnicas relacionadas con los factores humanos en la empresa que tienen relación con el análisis de tareas.



En el campo de la ergonomía, el análisis de las tareas debe efectuarse considerando principalmente:

- Las actividades gestuales.
- Los elementos de mediación de la información.
- Los elementos de regulación y control.
- Los procesos mentales de decisión: heurísticos, algoritmos, estrategias de decisión, imágenes mentales, estereotipos cognitivos, etc.

A su vez, los principales métodos de análisis de tareas pueden efectuarse por medio de:

- Los estudios observacionales (incluyendo fotografías, vídeos, esquemas, etc.).

- Las evaluaciones psicométricas (incluyendo escalas estandarizadas específicas).
- El empleo de cuestionarios (incluyendo *check-lists* de actividades concretas).
- Las entrevistas.
- Los grupos de discusión.
- Las consultas.
- El análisis de los incidentes críticos.

Como se verá en el capítulo correspondiente, los principales métodos de evaluación ergonómica «guían» sobre los principales aspectos que se van a considerar en el análisis de tareas, pero en ocasiones no contemplan aspectos como los siguientes, en la medida en que pueden quedar en zonas «frontera» entre varias unidades.

Distribuciones arquitectónicas	– Accesos. – Espacios comunes del puesto. – Condiciones de seguridad e higiene generales.
Flujos y circulares	– Rutas previstas. – Rutas «salvajes». – Ayudas subcapacitados.
Relaciones con otros puestos y actividades	– Dependencias. – Comunicaciones. – Enlazamientos. – Solapamientos. – Colaboraciones.
Interferencias con otros puestos y actividades	– Interacciones extrañas. – Coutilizaciones. – Enmascaramientos.

El conjunto de toda esta información debe organizarse en forma de descripciones estáticas y dinámicas, incluyendo el posible desarrollo de simuladores, prototipos o escenarios de trabajo donde probar los modelos.

Definiciones de ergonomía

No existe definición única y totalizadora de la ergonomía, pero podemos citar algunas de las más difundidas y su procedencia.

– Ergonomía: N. f. Econ. pol. conjunto de técnicas puestas al servicio de las empresas para aumentar la capacidad productiva y el grado de integración en el trabajo de los productores directos.

Autor: Gran Enciclopedia Larousse. Apéndice 1977.

– Ergonomía: Tecnología que se ocupa de las relaciones entre el hombre y el trabajo.

Consideran al hombre como un «ente», inmerso en un medio generalmente hostil, eliminando en lo posible los factores contrarios al confort global.

Autor: Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Ministerio de Trabajo.

– Ergonomía: Análisis de las condiciones de trabajo que conciernen al espacio físico del trabajo, ambiente término, ruidos, iluminación, vibraciones, posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental, fatiga nerviosa, carga de trabajo y todo aquello que pueda poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico y nervioso.

Título: *Por un análisis de las condiciones de trabajo obrero en la empresa.*

Autores: F. Gueland, M. N. Beauchesne, J. Gautrat, G. Roustang, 1975, Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo de Aix-en-Provence.

– Ergonomía: Analiza las situaciones de trabajo desde el punto de vista propio y emplea en sus investigaciones una metodología específica. Busca en todo ello una armonización entre el hombre y el ambiente físico que le rodea. El objetivo abarca el amplio campo en el que el hombre y los elementos físicos se interaccionan plenamente.

Título: *Manual de Ergonomía (Condiciones de Trabajo y Desarrollo Humano).*

Autor: Pedro Uriarte, Universidad de Deusto, Ibérico Europea de Ediciones, 1975.

Ergonomía: Interacción entre el hombre y las condiciones ambientales.

Autor: W. T. Singleton (Industrial USE of Ergonomics, 1969).

– Ergonomía: Tecnología de las comunicaciones en el sistema hombre-máquina.

Título: *Introducción a la Ergonomía (Los sistemas hombre-máquina).*

Autor: Maurice de Montmollin, Edición F. 1967, Edición E. 1970.

– Ergonomía: Estudio de estados intermedios entre bienestar y enfermedad, en función de la carga de trabajo.

La medicina del trabajo se encarga de proteger la salud del trabajador, y la ergonomía de proteger el bienestar de éste.

Título: *Precis d'Ergonomie* (d'UNOD, 1969).

Autor: E. Grandjean, Instituto de Higiene del Trabajo en Zúrich.

– Ergonomía: Puede definirse como el conjunto de los conocimientos científicos relativos al hombre y necesarios para concebir los útiles, máquinas y dispositivos que puedan ser utilizados con el máximo confort y eficacia.

Autor: A. WISNER, Conservatoire National des Arts et Métiers.

– Ergonomía: Es la tecnología que se ocupa de las comunicaciones entre el hombre y el trabajo. Es un conocimiento interdisciplinar que trata de la adaptación y mejora de las condiciones de trabajo al hombre en su aspecto físico, psíquico y social.

Autor: M. MORAL ORIÑUELA, S. GONZÁLEZ GALLEGO, miembros del equipo de ergonomía Fasa-Renault, 1981.

La Real Academia Española acaba de incorporar, en la última edición de su diccionario recientemente aparecido, el neologismo «ergonomía», y lo define como «el estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina». Ref. del Boletín de la Asociación Española de Ergonomía, Boletín n.º 2, febrero, 1993.

PRIMERA PARTE

METODOLOGÍA ERGONÓMICA

1 La metodología ergonómica

Introducción

Un objetivo prioritario en la gerencia de toda empresa moderna debe ser la mejora de la salud global de los trabajadores que se encuentran inmersos en un determinado ambiente laboral.

La Organización Mundial de la Salud, ya en el año 1946, definió el concepto de «salud» como «el estado de bienestar físico, mental y social».

En el mundo laboral, las condiciones de trabajo (CT) influyen de forma muy importante en el estado de salud global del trabajador, por lo que, desde un punto de vista puramente preventivo, es imprescindible determinar cuáles son esas condiciones de trabajo y de qué forma y con qué intensidad afectan a la salud del trabajador. Así, unas herramientas de trabajo que busquen cómo valorar esto último pueden estar basadas, por un lado, en valorar lo más objetivamente posible las CT de cada sujeto, y, por otro, valorar en qué medida es afectada su salud.

Sobre la evaluación de la salud del trabajador podemos recurrir a lo siguiente:

- Manifestaciones patológicas recogidas por los servicios médicos a través de exámenes periódicos de atención primaria (hipertensión, úlcera gástrica, infarto de miocardio, trastornos neuróticos, etc.).

- Datos sobre absentismo, rotación y accidentabilidad.
- Trastornos emotivos o alteraciones del comportamiento, para lo que es necesario explorar sobre los trastornos que el trabajador sufre en relación con este aspecto. Una herramienta útil es el cuestionario general sobre la salud (CGS), que, mediante declaraciones del propio trabajador, indaga sobre:

  – Trastornos del sueño.
  – Tensión nerviosa/ansiedad.
  – Depresión.
  – Cansancio anormal.
  – Falta de concentración.
  – Algias o dolores.
  – Dolores de cabeza.

En cuanto a la evaluación de las condiciones de trabajo es necesario detenerse un poco más, por ser el eje central de este capítulo.

Podemos empezar por intentar definir lo que se entiende por «condiciones de trabajo», ya que sin este primer concepto sería imposible pasar a estudiar sus diferentes aspectos y posterior evaluación.

Entre las muchas definiciones que han intentado recoger la expresión «condiciones de trabajo», nos parece acertada la que hace referencia al conjunto de factores que en el medio laboral actúan sobre el trabajador y que dan como resultado un determinado comportamiento (conducta) y una serie de consecuencias sobre el individuo y sobre la organización.

Las condiciones de trabajo cubren diversos aspectos de la organización empresarial, pudiendo ser divididos, de forma muy general, en:

Contenido del trabajo en sí mismo:

- Interés intelectual de la tarea.
- Tipo de trabajo: ejecución, control, etc.
- Contenido: parcelación, monotomía, etc.
- Responsabilidad y cualificación.
- Posibilidad de desarrollo personal.

Parte material del trabajo:

- Condiciones y seguridad e higiene.
- Ubicación y espacio físico.

- Confort operacional (estático y dinámico).
- Confort ambiental.

Factores organizacionales:

- Horarios de trabajo y descansos.
- Salarios.
- Estabilidad de empleo.
- Política de empresa.

Factores psicosociales:

- Características del trabajo (objetivos, valores, tamaño, actitudes...).
- Información y comunicación.
- Relaciones interpersonales.
- Características del mando.

Las consecuencias para la organización suelen mirarse finalmente desde un punto de vista económico (baja productividad y rendimiento, falta de calidad, devoluciones de producto, pérdida de clientes, etc.). Si lo analizamos atendiendo a los costes humanos, como consecuencia de unas condiciones de trabajo inapropiadas, éstos pueden tomar diferentes formas:

- Accidentes laborales.
- Enfermedades profesionales.
- Fatiga física debida a cargas estáticas o dinámicas durante el trabajo.
- Fatiga mental debida a solicitudes sensoriales, cognitivas e intelectuales en el desarrollo de la tarea.
- Trastornos generales y morbilidad debidos a trabajos nocturnos y/o turnos.
- Falta de autonomía o libertad en la variación del ritmo de trabajo.
- Falta de responsabilidad e iniciativa en las decisiones.
- Imposibilidad o dificultades en la comunicación con los compañeros.
- Falta de interés en el trabajo por impedir el desarrollo de sus conocimientos y capacidad intelectual.
- Relaciones conflictivas por la organización del trabajo y tipo de mando.

Métodos de valoración. Conceptos generales

Para poder realizar una valoración de las condiciones de trabajo (CT) es necesario que primeramente se elijan y definan aquellos factores que van a ser representativos del contenido de trabajo en todas sus vertientes y, posteriormente, se tratarán de evaluar siguiendo criterios objetivos y/o subjetivos, según convenga, recurriéndose para ello a los diferentes métodos de evaluación que se han ido ideando.

Los métodos de valoración pretenden realizar una evaluación (medida) de las CT, existiendo dos grandes grupos: los métodos objetivos y los métodos subjetivos.

En los métodos objetivos se buscará una metodología lo más precisa posible, donde se reflejarán los criterios de valoración cuantitativa que recoja cada uno de los factores definidos, y será aplicada por un experto ajeno al trabajo en sí mismo (no está directamente implicado en el trabajo).

Es siempre interesante contrastar los resultados obtenidos de uno y otro modo (objetivo y subjetivo) para observar las discrepancias que pudieran existir en alguno de los factores y poder estudiar el porqué de los mismos, así como las repercusiones posiblemente derivadas (relaciones tensas, insatisfacción, clima laboral inadecuado, etc.), y, con esta base de conocimientos, poder pasar a adoptar las soluciones más oportunas.

Como consecuencia de un análisis de las condiciones de trabajo, se esperan unas propuestas de modificación en el entorno laboral con miras a un mejoramiento de los puestos de trabajo, es decir, puede haber cambios que exigirán nuevas adaptaciones y aprendizajes, y, aunque esto se traduzca en una situación mejor, siempre impondrá un costo a corto plazo. Esto se debe considerar porque es necesario que el cambio introducido sea aceptado, pero podemos contar con un natural rechazo a un cambio que representa un costo inmediato, a no ser que se comprenda la ganancia general, y esto es difícil que ocurra si no se cuenta con la participación en esta elaboración del cambio desde el principio. En esta participación estamos hablando de los niveles operativos y también de mando, pues estos últimos pueden tener la sensación de pérdida de una parcela de poder y resistirse a todo cambio, sobre todo donde se conceden responsabilidades a otros o se les pide opinión sobre determinadas situaciones y soluciones.

Es necesario un ajuste entre las partes para llegar a acuerdos y evitar conflictos en el cambio, lo que se conseguirá a través de negociaciones y compromisos adquiridos como parte final del estudio de los puestos y las transformaciones necesarias.

Dentro del análisis, es importante que el responsable del estudio objetivo conozca la actividad general de la empresa, y los procesos de trabajo

en particular, así como la colaboración imprescindible de los diferentes estamentos de la empresa, para el conocimiento a fondo de las actividades y la recogida de datos necesarios para la realización del estudio. Igualmente es importante que todos se sientan con la libertad suficiente para poder expresar su punto de vista sobre cómo experimenta cada uno de los diferentes factores que representan el contenido del trabajo.

Para poder establecer un plan de acción con vistas a mejorar las condiciones de trabajo, es necesario partir de un análisis previo que nos permita detectar aquellos aspectos sobre los que se deben tomar acciones. Así, se partirá primeramente de un análisis de puestos o tareas que ayude a comprender lo suficiente los diferentes aspectos del trabajo considerado y después se pasará al estudio propiamente dicho de las condiciones de trabajo. Para este estudio, como ya hemos dicho, se partirá de una definición de los diferentes factores que recojan las condiciones de trabajo y, posteriormente, realizar un estudio objetivo y subjetivo de las mismas.

Antes de entrar a estudiar las condiciones de trabajo, vamos a dedicar un apartado a analizar un poco en qué consiste el análisis de puestos o tareas, lo que veremos en el apartado siguiente.

Análisis de puestos o tareas

Hemos dicho en el apartado anterior que, antes de intentar establecer un plan de acción para la mejora de los puestos de trabajo, es necesario detectar aquellos aspectos sobre los que se deben tomar acciones (estudios de valoración objetiva y subjetiva), y, antes de esto, es imprescindible conocer a fondo todos los aspectos del puesto de trabajo en sí mismo, siendo esencial la máxima recogida de información sobre él en cuanto a sus propias exigencias, complejidad, habilidades que se requieren, etc. Esto lo conseguiremos por medio de lo que se ha dado en llamar análisis de puestos o tareas (AT).

Dada su importancia, dedicaremos este apartado a su estudio, aunque sin pretender ser exhaustivos, limitados por la extensión de esta publicación.

Una definición de análisis de tareas la dio Hakel (1987) indicando que es un procedimiento de codificación y recopilación de información sobre el contenido de los puestos o tareas y la asociación de éstos con ciertos atributos de los puestos (valoración, complejidad, dificultad, interdependencia...) o de sus ocupantes (características personales, conocimientos, destrezas...).

La tarea es una unidad de análisis, pudiendo ser definida con Fleishman como «la exigencia interactiva de procesos y actividades», sien-

do un problema central en el estudio del comportamiento organizacional y las condiciones que afectan a su rendimiento.

El AT es una gran ayuda cuando se plantea la necesidad de un diagnóstico sobre el grado de ajuste entre el individuo y la tecnoestructura organizacional, o al tratar de diseñar sistemas de intervención que mantengan o mejoren dicho ajuste, entendiendo por «ajuste» el equilibrio entre las necesidades y recursos del individuo y la organización.

Para el AT existen diversos modelos y técnicas, pero la concepción más tradicional y frecuente se basa en el ajuste entre habilidades exigidas por el puesto y habilidades del ocupante, o entre los recursos económicos de la organización y las necesidades básicas del sujeto.

Las técnicas más rudimentarias se refieren a descripciones del contenido laboral de los puestos, pero esto sólo tiene validez para cuestiones de negociación y contratación, y resulta muy limitado para otras aplicaciones.

Una técnica de AT debe contemplar las posibles aplicaciones que pueda tener, entre las que cabe mencionar como destacables:

Teórica:

- Ver lagunas existentes de conocimientos.
- Generalización de resultados a otras tareas, etc.

Organizacional:

- Diseño de puestos.
- Selección y asignación de personal.
- Desarrollo y entrenamiento de personal.
- Definición de responsabilidades, etc.

Sindical:

- Documentación para negociación.
- Definición de sectores.

Otras en Recursos Humanos:

- Definir políticas de personal.
- Definir políticas de seguridad e higiene.

Individual:

- Elección, entrenamiento y orientación profesional.

General:

- Descripciones y taxonomías sociológicas y económicas.
- Establecer un lenguaje interdisciplinar.

Es necesario recoger los siguientes aspectos de información, pudiendo referirse al contexto y exigencias o bien al sujeto ejecutante:

Características de la tarea:

Se refiere a las condiciones impuestas para la acción y es independiente de las habilidades y conductas.

Exigencias conductuales:

Se enfatiza el estudio de los procesos cognitivos necesarios para alcanzar los criterios definidos de rendimiento.

Habilidades requeridas:

Se realizan inferencias sobre los rasgos del trabajador que se supone o intuye que exige el puesto de trabajo.

Descripción conductual:

Clasificación de tareas en términos de conductas abiertas, por observación de lo que hace al ejecutar la tarea.

De las técnicas de AT existentes, las más aplicadas son:

Estudio del trabajo

Modelo organizacional taylorista basado en la actividad física observable, como información relevante y única. Se basa en la descomposición del puesto en pequeños componentes, teniendo un contenido muy selectivo y una máxima concreción.

Incidentes críticos de Flanagan

Recoge información sobre las conductas observables cruciales en referencia a un criterio: básicamente la situación que provocó el incidente, acción concreta del sujeto, consecuencias percibidas y control en las consecuencias.

Es una técnica muy laboriosa y puede considerarse como una primera aportación operacional sobre el contenido conductual de los puestos de trabajo.

Escalas de habilidades requeridas de Fleishman

Ofrece una categorización de tareas en relación con las habilidades exigidas para un desarrollo correcto, teniendo en cuenta áreas de ejecución sensorial, cognitiva, perceptiva, motora y física.

Cuestionario de análisis de puestos (PAQ) de McCormick

Es un cuestionario estructurado con descriptores cuantificables en relación con actividades y características de las tareas, siendo un agente humano el responsable de recoger los datos.

Este método, el PAQ de McCormick, es el que consideramos más completo y fundamental entre los que hemos descrito, por muchas razones:

- Su alta fiabilidad, entre 0,77 y 0,89.
- Aplicaciones muy variadas.
- Alta aceptabilidad por el usuario.
- Altamente estandarizado.
- Óptima aplicabilidad.
- Eficaz y con bajos costos económicos.

Por ello, intentaremos explicarlo con un poco más de detenimiento, remitiendo al lector interesado a la adquisición del método original.

La cuantificación de sus 194 descriptores se puede reflejar en su perfil dimensional, permitiendo relacionar diferentes puestos por simple comparación de perfiles. Cada descriptor desarrolla una actividad laboral general, condiciones en que se realiza el trabajo o características específicas del puesto, soliendo ir acompañado de un ejemplo que ilustra la idea central del descriptor.

Los descriptores que componen el PAQ están estructurados en seis partes o divisiones, conteniendo cada una de ellas secciones y subsecciones, que, de una forma muy general, corresponde a lo siguiente:

1. Entrada de información (35 descriptores)

Se refiere a cómo y dónde el trabajador obtiene la información que utiliza para su trabajo. Puede provenir de fuentes de información (visual o no), de procesos perceptivos y sensoriales (color, tamaño...), o de estimaciones (velocidad, tamaño...).

2. Procesos mentales (14 descriptores)

Hace referencia al tipo de razonamiento, toma de decisiones, planificación y actividades de procesamiento de información, teniendo también en cuenta el uso de información aprendida.

3. Acciones-operaciones (49 descriptores)

Se refiere a las actividades físicas ejecutadas por el trabajador y a las herramientas que utiliza. Así, las secciones de que se compone esta tercera división hacen referencia al tipo de instrumentos y equipo utilizados, tipo de actividades manuales que lleva a cabo, nivel de esfuerzo físico, posturas corporales y actividades de manipulación-coordinación.

4. Relaciones con otras personas (36 descriptores)

Se refiere a las relaciones que necesita tener con otras personas para ejecutar el trabajo, indagando sobre el tipo de comunicación (oral, escrita...), tipo de relaciones personales requeridas, categoría de los individuos con los que debe mantener contacto, frecuencia de las relaciones, cantidad de personas con responsabilidad de supervisión, personas que son supervisadas, etc.

5. Contexto del puesto (19 descriptores)

Relacionado con el contexto físico y social del puesto de trabajo. Analiza aspectos como condiciones físicas (temperatura, ruido, iluminación, espacios reducidos...), riesgos físicos (heridas, incapacidad temporal, incapacidad parcial o permanente y muerte), aspectos sociopersonales (obligaciones cívicas, situaciones frustrantes, conflictos personales...).

6. Otras características del puesto (41 descriptores)

Se refiere a otras actividades, condiciones o características en relación al puesto de trabajo, como vestimenta utilizada (formal, especial, protección personal...), horario de trabajo, demandas del puesto (ritmo, repetitividad, atención, precisión...), responsabilidad para con los bienes y personas, estructuración del puesto (grado de predeterminación de las tareas), trascendencia del puesto (posibles efectos sobre los bienes y la organización), compensaciones económicas.

Cada uno de los 194 descriptores se puede ponderar según su implicación en el puesto de trabajo, debiendo ajustarse a la escala que cada descriptor indica y que puede referirse a:

- Grado de utilización.

- Cantidad de tiempo.
- Importancia para el puesto.
- Posibilidad de ocurrencia.
- Aplicabilidad.
- Código especial.
- Número de personas con las que se relaciona el puesto.

En general, la ponderación se valora entre 0 y 5, estando cada valor significado en el propio método, habiendo también valores que sólo indican SÍ o NO (del 0 al 1). Finalmente, los valores de cada descriptor son reflejados en la casilla correspondiente de una hoja de registro que está estructurada conforme a las seis divisiones fundamentales.

Métodos de valoración más importantes

Haciendo una clasificación por su forma de aplicación podemos dividirlos en:

- Métodos de valoración objetivos.
- Métodos de valoración subjetivos.
- Métodos de valoración mixtos.

Métodos de valoración objetivos

Se trata de aplicar un método estándar sencillo y que, en la medida de lo posible, deje poco espacio a las interpretaciones, por lo que se favorecerán unos criterios de valoración de los factores fácilmente observables y mensurables. Esto debe servir para disponer de una guía de observación, que permita recoger y valorar los diferentes aspectos de las condiciones de trabajo y nos ayude a emitir un diagnóstico global sobre el estado actual de las mismas, lo cual servirá de base para posteriores estudios de aquellos aspectos que requieran consideraciones más profundas, así como de punto de partida y lenguaje común para las discusiones entre las diferentes partes que integren el grupo de estudio.

De los diferentes aspectos que se pueden considerar formando parte del contenido de su trabajo (carga física, factores ambientales, carga mental y factores psicológicos y sociales), los dos primeros resultan relativamente fáciles de medir de una forma objetiva (medición de la luz, el ruido, la temperatura, fatiga física por medio del consumo energético, etc.),

pero no parece tan fácil obtener medidas objetivas para evaluar la carga mental o los factores psicosociales que intervienen. ¿Hay que prescindir de ellos por no ser tan claramente mensurables como los anteriores? Creemos que no, ya que son aspectos muy importantes a considerar en el trabajo; por lo que, siendo conscientes de las limitaciones que se tienen para objetivizarlos, se deben intentar recoger en todo estudio de las condiciones de trabajo, mediante la elección de unos elementos o criterios que sean representativos de cada factor. Estas limitaciones, tanto de definición como de valoración, se deben seguir teniendo en cuenta, sobre todo en la interpretación del diagnóstico final, donde pensamos que, en todo caso, servirán para marcar en qué medida nos apartamos de unas condiciones de las que partimos como ideales por definición y a las que se debería tender en la medida de lo posible, pero que, en ningún caso y de forma aislada, representan situaciones deficientes o peligrosas, y sobre las que se deba actuar de forma inmediata.

Así lo han considerado los diferentes métodos de medida objetiva, entre los que figuran como más representativos:

- Método LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo de Francia).
- Método RNUR o de perfiles de puestos (Regie Nationale des Usines Renault).

Los criterios de valoración de estos métodos pueden ser bastante objetivos y cuantificables, al menos en cuanto al concepto que la física tiene sobre valoración cuantificable en el análisis de los factores sobre ambiente físico y carga física. En el primer factor se trata de efectuar mediciones cuantificables de temperatura, ruido, iluminación y vibraciones, y, en función de los niveles obtenidos, se conseguirá el diagnóstico final por simple comparación con unos valores referenciales que el propio método facilita por medio de unas tablas. En el segundo factor la puntuación se obtendrá a partir de unas tablas que consideran factores relacionados con posturas, desplazamientos y tipos de desplazamientos, distancias, tiempos, frecuencias y esfuerzos, comparando los valores obtenidos con los de referencia para establecer el diagnóstico final.

Sin embargo, siguiendo el criterio cuantificable de valoración de la física, el análisis de los demás factores ya no resulta tan objetivo, pero de ninguna manera diremos que no es medible, sino que la medición se hace siguiendo unos criterios de tipo cualitativo y en cierta manera subjetivos, llegando a ser tan precisos como los anteriores si los criterios elegidos para la valoración son acertados y usados correctamente. La psicología tiene

suficientes conocimientos y experiencia acumulados como para poder valorar las repercusiones positivas y negativas que determinadas situaciones en el trabajo pueden tener para el individuo y la organización.

En el estudio de cada método concreto iremos viendo las situaciones de cada uno de los factores para analizar los criterios en que se ha basado, las dificultades reales que puede representar la valoración y el significado real y práctico que puede tener la puntuación final del diagnóstico. Ahora vamos a examinar la aplicabilidad de estos métodos y cuáles son las limitaciones que pueden tener para determinados trabajos.

Aplicabilidad y limitaciones

Estos métodos no se pueden aplicar sin más a todos los puestos de trabajo. Podemos decir que son aplicables en su totalidad, y, siguiendo la propia filosofía y dinámica que de él dimana, en aquellos puestos de trabajo que son poco o nada cualificados, pero no quiere decir que solamente pueda aplicarse en estas ocasiones.

Si atendemos a los factores, ambiente físico, carga física y carga mental, podemos incluir un elevado porcentaje de puestos donde estarían representados operadores cualificados y otros subalternos como almacenes, cajeros, servicios, etc. Pero hay ciertos puestos donde, por ejemplo, no se pueden aplicar los criterios de valoración del ambiente físico, porque el trabajador se desplaza de unas condiciones a otras de una forma variable o porque depende de condiciones externas al propio puesto técnico (construcción, obras públicas, mantenimiento, conductores, limpieza, etc.); igualmente podemos decir en cuanto a carga física y mental, por ser variables las condiciones con que se enfrenta cada día y/o cada momento del día.

Para ciertos trabajos no repetitivos y sin un ciclo de trabajo bien determinado pueden darse ciertas dificultades a la hora de valorar la carga física y mental. Hablamos, por ejemplo, de trabajos donde las intervenciones manuales son a menudo aleatorias y donde se debe asegurar la vigilancia de operaciones automáticas o el control de calidad de un producto, o puestos anteriores a la línea de producción. Como ejemplo de representación de este tipo de trabajos podemos indicar los de vigilancia o control, donde se requiere una atención visual casi específica y donde se pueden dar riesgos de monotonía (más que una sobrecarga mental) que pueden ser muy difíciles de apreciar.

Señalemos que el establecimiento de una escala para los factores de carga mental y psicosociales plantea dificultades.

Sobre la carga mental hemos de hacer constar que, para muchos puestos de trabajo, una disminución de la carga física suele ir acompañada de un crecimiento de la carga mental y que, al no ser posible realizar una medida global de ésta, los métodos la han disgregado en elementos (operaciones mentales, nivel de atención, ciclo, etc.), dando una valoración independiente de cada elemento, donde, contemplando los criterios que han llevado a esa valoración, nos dará una idea de la importancia de cada componente en la exigencia de la tarea para con la carga mental.

En cuanto a las dificultades de su valoración, indicaremos que, por una parte, no existen normas para afirmar que a partir de tal nivel de atención o de tal esfuerzo de memorización existe un riesgo débil, medio o importante de fatiga mental, pero, por otra parte, la utilización de las funciones de atención, memorización, abstracción, decisión, es normal e indispensable para el desarrollo de la inteligencia y personalidad, siendo contraproducente lo contrario, es decir, que la falta de demanda de ciertas estructuras superiores del pensamiento conduce a una esclerosis de dichas estructuras, finalizando en una regresión de las funciones intelectuales y creadoras.

Así pues, deberemos tener en cuenta si la tarea requiere el uso de pensamiento concreto o abstracto, o si requiere poca o mucha cualificación. En los trabajos repetitivos, la sobrecarga se debe a la utilización excesiva de los mecanismos sensoriomotores, haciendo imposible el uso de estructuras superiores del pensamiento, lo que producirá una «atrofia» de dichas estructuras y una disminución del valor intelectual del sujeto. En los trabajos muy cualificados, sin embargo, la sobrecarga conduce a una fatiga que tiene ciertos aspectos positivos por darse al mismo tiempo un aumento del potencial intelectual; también deberíamos diferenciar los trabajos monótonos que están sometidos a una cadencia de aquellos otros que no lo están, aunque también sean clasificados de monótonos.

Sobre los factores psicosociales que pueden influir en la mejora de las condiciones de trabajo, hacemos constar la dificultad de su cuantificación, a pesar de que los métodos han intentado elegir aquellos factores que son más susceptibles de ser aprehendidos por criterios, los cuales pueden ser bien conocidos si se tiene una buena información y conocimiento del puesto de trabajo y de la organización (autonomía, repetitividad, relaciones, etc.), para lo que servirá de gran ayuda el previo análisis de tareas.

Estos métodos intentan establecer, de una forma global, un diagnóstico sobre las condiciones de trabajo en la empresa sin profundizar demasiado en el análisis de los criterios que puede clasificar a un factor del puesto de trabajo como aceptable o deficiente y mucho menos adoptar soluciones con visos de definitivas; esto en todo caso sería motivo de un segundo estudio por especialistas. Pero sí que los métodos pretenden dis-

poner de unos criterios de evaluación lo suficientemente definidos y objetivos como para permitir recabar datos y su posterior transformación en una valoración de los factores definitorios del puesto, dentro de unas normas claras que dicta el propio método. Al final se obtendrá una visión (diagnóstico) sobre los factores que requieren posterior atención de mejora y sobre el grado en que cada uno se aparta o no de lo considerado como aceptable.

Esto, además, permitirá poder establecer prioridades en los objetivos de mejora alcanzables, al tiempo que facilitará la comprensión de cómo o en función de qué se ha llegado a un determinado valor en cada factor del puesto.

La objetividad que estos métodos buscan es únicamente para permitir una valoración lo más precisa posible, con una mínima intervención de la subjetividad, pero sin pretender que el resultado sea definitivo, sino que, por el contrario, permita servir como método de partida para discusiones constructivas sobre posibilidades de mejora en aquel aspecto del trabajo que ha sido evaluado como no satisfactorio, en mayor o menor grado, intentando evitar las generalizaciones en los debates establecidos.

Finalmente, los métodos pueden hacer que se vean con más claridad aquellos aspectos del trabajo que merecen una mayor profundidad de estudio, al tiempo que se suscita el interés por el estudio de ciertos aspectos sobre el trabajo que habían pasado desapercibidos.

Podríamos decir que en la utilización de estos métodos son susceptibles de cubrirse las siguientes etapas:

- Análisis de tareas.
- Valoración de los factores del puesto y representación gráfica (perfil o histogramas).
- Discusión de los resultados obtenidos.
- Análisis de las causas y soluciones.
- Trazado de un programa de mejora. Inclusión de prioridades.
- Determinación de los aspectos donde se necesita un estudio más profundo.
- Seguimiento del programa de mejora. Apreciación de los progresos por comparación de los perfiles o histogramas.

Con los métodos de valoración se pretende tener una base de partida de una situación que se ha juzgado insatisfactoria, en mayor o menor grado, para intentar crear una situación nueva donde exista un mejor equilibrio entre las posibilidades y necesidades humanas y las obligaciones que

impone la técnica y la organización, para lo que será necesario localizar las restricciones actuales.

Finalmente, llamamos la atención sobre un aspecto que está muy descuidado: el efecto del trabajo sobre la personalidad, los modos de comportamiento y la vida social.

Con estos estudios se pretende tener un sistema de referencia en el establecimiento de un diagnóstico de las condiciones de trabajo en la empresa. La «objetividad» del método, basándose en la estandarización de la búsqueda de datos, tiene por objeto el facilitar la obtención de dichos datos, permitiendo la comprensión y/o discusión de la manera en que tal o cual dato ha sido obtenido. Por tanto, no se trata de una «objetividad» inflexible o definitiva, sino que es un punto de partida necesario para una discusión fructífera. Esta «objetividad» y su representación en un perfil pueden, además de establecer el diagnóstico, medir progresos en relación con unos objetivos fijados y apreciar una evolución en el tiempo.

Método LEST: ejemplo de aplicación

El método LEST ha sido desarrollado por el Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo de Aix-en-Provence.

El método pretende no sólo una descripción de las condiciones de trabajo, de la forma más objetiva y global posible, sino que establece un diagnóstico final en el sentido de indicar si cada una de las situaciones consideradas en el puesto es satisfactoria, molesta o nociva-peligrosa, por medio de una valoración del 0 al 10 en la forma siguiente:

0, 1, 2	Situación satisfactoria.
3, 4, 5	Molestias débiles. Algunas mejoras podrían aportar mayor confort.
6, 7	Nocividad media. Riesgo de fatiga.
8, 9	Nocividad importante. Gran fatiga.
10	Nocividad.

Criterios definitorios del puesto de trabajo

Estos criterios son dieciséis y están agrupados en cinco importantes aspectos:

Entorno físico:

- Ambiente térmico.
- Ruido.
- Iluminación.
- Vibraciones.

Carga física:

- Carga estática.
- Carga dinámica.

Carga mental:

- Exigencia o apremio de tiempo.
- Complejidad-rapidez.
- Atención.
- Minuciosidad.

Aspectos psicosociales:

- Iniciativa.
- Estatus social.
- Comunicación.
- Cooperación.
- Identificación del producto.

Tiempo de trabajo:

- Tiempo de trabajo (horarios-turnos).

Con objeto de tener una visión práctica de la aplicación del método, desarrollamos a continuación ejemplos de aplicación de cada criterio, en los que practicaremos con cada uno de los factores considerados. El fundamento teórico de los criterios se puede comprender remitiéndose a cada capítulo correspondiente de esta publicación.

Naturalmente, y por razones obvias, no incluimos las tablas completas, que se podrán encontrar en la publicación original del método.

Ejemplo de aplicación del método LEST

I. Entorno físico

1. Ambiente térmico

La puntuación final (de 0 a 10) que marcará el grado de confort final en ciertas condiciones de trabajo viene dada por la combinación de los siguientes factores:

- Tipo de trabajo (consumo energético).
- Temperatura efectiva.
- Duración de la exposición.

El tipo de trabajo se clasifica en liviano, moderado, duro, muy duro y máximo, en función de unos consumos energéticos de trabajo. Para un trabajo liviano, el gasto correspondería al entorno de 450-800 kilocalorías/jornada, y, para el trabajo máximo, a un entorno de 1.800-2.000 kilocalorías/jornada.

La temperatura efectiva se obtiene según un ábaco en función de la temperatura seca, húmeda y la velocidad del aire (ver el capítulo correspondiente).

Por ejemplo, en un trabajo considerado «duro» (1.200-1.500 kilocalorías/jornada), se está expuesto 6 horas y la temperatura efectiva obtenida es de 21° C. La puntuación obtenida en la Tabla I es de 4, que nos indicaría que existen molestias débiles y que algunas mejoras podrían aportar un mayor confort.

Si el trabajador está sometido durante la jornada a diferentes ambientes térmicos, se calcularán las puntuaciones de cada situación de forma independiente y se elegirá la más alta por representar la situación más desfavorable, sobre la que habría que tomar medidas prioritariamente.

TABLA I: PUNTUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

Consumo de trabajo (Kcal/día)	Duración de la exposición por día (en horas)	Temperatura efectiva				
		9°-13°	19°-22°	25°-28°	30°-32°	34°-36°
1.200-1.500 Duro	½-1 ½	0	0	0	7	9
	2 ½-4	0	0	5	9	10
	5 ½-7	2	4	8	10	10
	≥ 7	4	5	9	10	10

La puntuación obtenida podrá sufrir correcciones, añadir 2 puntos si en sus desplazamientos sufre variaciones de temperatura de más de 10º C, y con una frecuencia de más de 25 veces por jornada. Cuando manipula materias calientes o frías sin protección (o con protección insuficiente), a la puntuación se le añadirán 2 puntos en contactos poco frecuentes, y 4 puntos si el contacto es mayor del 25% de la jornada.

2. Ruido

Los factores que considera son el nivel de atención, la frecuencia del ruido y su intensidad sonora. La puntuación final será el resultado de combinar los anteriores.

Por ejemplo, si el trabajo requiere una atención media y el nivel sonoro es de 84 dB y de una frecuencia de 1.000 Hz, podemos deducir que la primera puntuación en el extracto de la tabla que ofrecemos (Tabla II) es de 7 puntos. (Si no se puede disponer de análisis de frecuencias.)

TABLA II: PUNTUACIÓN DEL AMBIENTE SONORO SEGÚN EL NIVEL DE RUIDO Y EL NIVEL DE ATENCIÓN NECESARIO

Nivel de atención necesario	Nivel de intensidad sonora en dB (A)								
	< 60	60-69	70-74	75-79	80-82	83-84	85-86	87-89	90-94
Débil y medio	0	1	2	3	6	7	8	9	10

Si tenemos en cuenta la frecuencia de ese ruido en función de una intensidad, la puntuación obtenida será de 8 puntos, como puede observarse en el extracto de la tabla que ofrecemos (Tabla III).

TABLA III: PUNTUACIÓN DEL AMBIENTE SONORO SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE LA INTENSIDAD SONORA
A) Para trabajos con nivel de atención débil o medio

Frecuencias (Hz)	Intensidad sonora en dB						
	65-69	70-74	75-79	83-84	87-89	90-94	95-99
500	1	3	5	7	9	10	10
1.000	2	4	5	8	9	10	10+

3. Iluminación

Se consideran tres factores: nivel de percepción requerido por la tarea (desde general hasta muy elevado), tipo de contraste (elevado, medio y débil) y nivel de iluminación en Lux medido.

Así, por ejemplo, para una tarea que requiere un nivel de percepción moderado, que tiene un contraste débil y que se desarrolla en un ambiente lumínico de 250 Lux, la puntuación obtenida es de 9 puntos, según se deduce del extracto de la tabla que ofrecemos (Tabla IV).

TABLA IV: PUNTUACIÓN DEL AMBIENTE LUMINOSO SEGÚN LA ILUMINACIÓN, EL CONTRASTE Y EL NIVEL DE PERCEPCIÓN REQUERIDO POR TAREA

Nivel de percepción requerido	Contraste	Nivel de iluminación en Lux (Lx)						
		30-50	50-80	80-200	200-350	350-600	600-900	900-1.500
Moderado	Elevado	10	8	0	0	0	0	0
	Medio	10	10	7	0	0	0	0
	Débil	10+	10	10	9	5	0	0

4. Vibraciones

El método LEST intenta valorar la nocividad de las vibraciones por medio del conocimiento de la frecuencia (estimada según el tipo de trabajos y de las herramientas utilizadas), la amplitud (débil, media o elevada) y la duración de la exposición.

Por ejemplo, si utiliza una sierra manual a una velocidad elevada durante cinco horas diarias de media, ¿tendrá efectos perniciosos para la salud? En el método LEST, una sierra manual tiene una frecuencia entre 40 y 300 Hz, por lo que, según el fragmento de la tabla que ofrecemos (Tabla V), vemos que la puntuación que obtenemos es de 7 puntos, lo que equivale a una nocividad media, como indica la tabla de valoración que ofrecimos al principio.

TABLA V: PUNTUACIÓN DE LAS VIBRACIONES SEGÚN LA FRECUENCIA, LA AMPLITUD Y LA DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Origen y frecuencia de las vibraciones	Amplitud	Duración diaria de la exposición (en h)				
		< 2	2-4	4-6	6-7 ½	≥ 7 ½
	Elevada	4	6	8	10	10
40-300 Hz	Débil	0	1	2	4	5
	Media	1	3	5	7	8
	Elevada	2	5	7	9	10
	Débil	0	2	3	5	6

II. Carga física

1. Carga estática

Viene determinada por la postura que mantiene el trabajador durante la tarea. Como veremos en capítulos posteriores, el alejamiento de posturas consideradas normales genera esfuerzos musculares y tensiones articulares importantes que es necesario evaluar. Los factores que se tienen en cuenta son posición (sentado, de pie, arrodillado, acostado y agachado), y, dentro de cada posición, las diferentes posturas que puede adoptar el trabajador (encorvado, brazos por encima del hombro, etc.). En función de la duración de cada postura se obtienen las puntuaciones que son aditivas.

Por ejemplo, un trabajador que está en posición sentada durante el 30 % de su tiempo en postura normal, el 40% en postura encorvada y el 30 % del tiempo restante con los brazos por encima de los hombros tendría una puntuación:

normal ——————→ 18 min/hora = 0
encorvado ——————→ 24 min/hora = 2
brazos por encima del hombro —→ 18 min/hora = 4
6

TABLA VI: EVALUACIÓN Y PUNTUACIÓN DE LA CARGA ESTÁTICA

		Posturas sentado		
		Normal	Encorvado	Brazos por encima de los hombros
				
Consumo energético en Kcal/min		0,08	+ 0,09	+ 0,10
Duración de cada postura (en min/ hora)	< 6'	0	0	1
	6' a < 11'	0	1	2
	11' a < 15'	0	1	3
	15' a < 20'	0	1	4
	20' a < 25'	0	2	6
	25' a < 30'	0	2	8
	30' a < 35'	0	2	9
	35' a < 40'	0	3	10
	40' a < 50'	0	3	10
	≥ 50'	0	3	10

2. Carga dinámica

La carga dinámica se calcula en función del coste energético que requiere el trabajo en kilocaloría/día y del sexo del trabajador. El procedimiento de cálculo es similar al descrito en el método MAPFRE que se presenta más adelante. La puntuación se obtiene según la tabla VII, de la cual presentamos un fragmento:

Por ejemplo, si en una tarea determinada el consumo de trabajo (no se considera el metabolismo basal) se ha calculado que es 1.300 kilocalorías/jornada, la puntuación obtenida según la tabla es 5 puntos, que equivale a molestias débiles y que alguna mejora podría aportar mayor confort.

TABLA VII: PUNTUACIÓN DEL CONSUMO FÍSICO DE TRABAJO

Consumo (Kcal/día)		Puntuación
Hombres	Mujeres	
1.000-1.200	850-1.000	4
1.200-1.350	1.000-1.150	5
1.350-1.500	1.150-1.300	6

III. Carga mental

Los criterios de la carga mental son:

Apremio de tiempo

Se refiere a la necesidad de seguir una cadencia impuesta (en los trabajos repetitivos y en los no repetitivos), el lograr un rendimiento determinado o la imposibilidad de detener la máquina.

Los factores de los que se sirve este criterio son:

- Modo de remuneración

En cuanto que sean en sí mismas más o menos apremiantes. Las formas que considera el método son: el salario con prima individual o colectiva y el salario por hora.

- Tiempo necesario para entrar en ritmo

Se refiere al tiempo que el nuevo trabajador necesita para realizar una tarea en el plazo asignado, siguiendo el ritmo impuesto y obteniendo el rendimiento exigido sin errores.

- Trabajar o no en cadena

Se considera cadena cuando las piezas que se van a trabajar se le presentan en forma cronometrada y sólo dispone de un tiempo determinado para realizar la tarea, creando perturbaciones cualquier retraso. Si el trabajador no depende enteramente del ritmo de la cadena, pudiendo retener una pieza a voluntad sin causar perturbaciones, no se considera trabajo en cadena.

Es importante saber además si, aun trabajando en cadena, cuando por alguna razón se le acumulan piezas, puede recuperarlas durante el curso normal del trabajo acelerando su ritmo o bien durante los intervalos o descansos, lo que aumentará su carga.

- Pausas

Si existen pausas fuera de las reglamentarias del bocadillo y comida, cuál es la duración y el número de las mismas. Recoge tres posibilidades: más de una cada media jornada, sólo una cada media jornada y ninguna.

- Posibilidad de detener él mismo la máquina en caso de incidente o si por el contrario debe intervenir de forma rápida sin detenerla, en cuyo caso la exigencia es mayor.

- Posibilidad de poder ausentarse momentáneamente de su trabajo, fuera de las pausas previstas, considerando que la no posibilidad aumenta el apremio y la carga.

Es conveniente considerar si es necesario el ser reemplazado por otro para ausentarse, lo que aumentará el apremio y la carga.

El método lo valorará por medio de la Tabla VIII, de tal manera que obtiene diferentes valores: r_1 y r_2 para los trabajos repetitivos, r_2-n_1-n_2 para los no repetitivos. El valor final del apremio de tiempo se hallará calculando la media de los valores obtenidos.

Por ejemplo, tenemos que valorar la carga mental en un trabajo que reúne las características principales siguientes:

- La forma de remuneración es salario por hora.
- El tiempo estimado que necesita para alcanzar el ritmo y rendimiento impuestos (tiempo para entrar en ritmo) es de unos 15 días.
- El trabajo se considera repetitivo y en cadena.
- Realiza una pausa cada media jornada.
- No tiene que recuperar los retrasos producidos.

La puntuación de la carga mental (es un componente «apremio de tiempo») se calculará del fragmento de la tabla LEST (Tabla VIII, valores r_1 y r_2) que ofrecemos:

$r_1 = 3$

$r_2 = 3$

$$\text{apremio de tiempo} = \frac{r_1 + r_2}{2} = 3$$

TABLA VIII: PUNTUACIÓN DEL APREMIO DE TIEMPO

Valores r_1 **Trabajos repetitivos**

Modo de remuneración	Tiempo para entrar en ritmo					
	< ½ día	< 1 día	2-7 días	7-30 días	> 30 días	Nunca
Salario por hora	0	0	1	3	5	7
Salario por prima colectiva	0	1	4	6	8	9

Valores r_2 **Trabajos repetitivos y no repetitivos**

Existencia de pausas	Cadena			No cadena		
	Retrasos a recuperar			Retrasos a recuperar		
	No	Sí		No	Sí	
		Durante pausas	Durante trabajo		Durante pausas	Durante trabajo
Más de una cada ½ jornada	1	4	7	0	2	5
Una cada ½ jornada	3	7	9	1	4	7

NOTA: Para trabajos no repetitivos debe hacerse uso de otras dos tablas, además de r_2, que no reproducimos aquí.

2. Complejidad-rapidez

La complejidad va ligada al esfuerzo de memorización, que dependerá del número de elecciones y decisiones que se deben tomar en cada ciclo de trabajo. La velocidad en la toma de decisiones aumentará la carga mental.

Habrá que distinguir, con objeto de equilibrar los resultados de la puntuación de la carga mental, cuándo son rutinarias las elecciones y cuándo son conscientes. Las primeras se suceden siempre en el mismo orden y las segundas dependerán del número de posibilidades que se pueden dar en cada elección.

Se entiende por «operación mental» el conjunto de captación de información, tratamiento de esa información y la respuesta consecuente. Se entiende por «elección» el esfuerzo de memoria para responder a la información con «buena respuesta» cuando varias informaciones se pueden presentar en

forma aleatoria. Así, no habrá elección cuando en todos los ciclos efectúa las mismas operaciones porque recurre siempre al mismo «programa» que grabó durante el aprendizaje, habiendo elección cuando en los diversos ciclos se puedan presentar situaciones diferentes y en cada una deba recurrir al «buen programa» entre los que aprendió en el entrenamiento.

El método recurre a la obtención de dos puntuaciones; la primera la saca de la combinación entre duración de cada ciclo y la duración media de cada operación[1], la segunda la obtiene de combinar la duración de cada ciclo y el número de elecciones efectuadas por ciclo[2] (Tabla IX).

La puntuación final sobre complejidad-rapidez se obtiene de la suma de los dos puntuaciones anteriores.

Por ejemplo, en una cadena de montaje, uno de los puestos de trabajo consiste en realizar una serie de operaciones, con una duración media de 9 segundos. La duración del ciclo es de tres minutos y el número de decisiones que debe tomar por ciclo (no se consideran las que efectúa de manera automática y repetitiva) es una.

La puntuación se obtiene mediante el fragmento de la tabla que ofrecemos (Tabla IX, cuadros 1 y 2). Así, en el cuadro 1 obtendremos una puntuación de 2 puntos y en el cuadro 2 la puntuación obtenida es de cero. La suma total es de 2 puntos, lo que indica molestias débiles, pero en el límite de situación satisfactoria.

TABLA IX: PUNTUACIÓN DE LA COMPLEJIDAD-RAPIDEZ

Cuadro 1

Duración media de cada operación (en seg)	Duración de cada ciclo (en seg)						
	< 8	8-30	30-60	60-160	160-300	300-420	420-<600
4-5	0	2	5	6	7	8	9
5-6	0	0	3	5	6	7	8
6-7	0	0	2	4	5	6	7
7-8	0	0	0	2	3	5	6
8-10	–	0	0	0	2	4	5
10-12	–	0	0	0	1	3	4

[1] Para un mismo ciclo la carga aumenta al disminuir el tiempo de la operación. Para una misma duración media de la operación la carga aumenta al aumentar el tiempo del ciclo, por indicar un mayor número de operaciones por ciclo.

[2] Al acortarse el tiempo de las elecciones aumenta la carga.

Cuadro 2

Número de elecciones efectuadas (por ciclo)	Duración de cada ciclo (en seg)					
	< 8	8-30	30-60	60-160	160-300	300-< 420
0	0	0	0	0	0	0
1-3	7	5	4	2	0	0
4-6	9	7	5	3	1	0
7-9	10	9	6	4	2	0
10-14	10	10	7	5	4	2

3. Atención

Entenderemos por «atención» el esfuerzo realizado para mantener un estado de conciencia de forma focalizada. Así, el esfuerzo de atención estará determinado por el nivel de concentración o reflexión y por la continuidad de esa concentración. La carga mental aumentará al reducirse los espacios entre los períodos de concentración.

Se deben distinguir dos situaciones diferentes: todos los trabajos (S_1) y los no repetitivos (S_2).

(S_1) Todos los trabajos (repetitivos y no repetitivos):

El método obtiene cinco puntuaciones diferentes que resultan de las combinaciones siguientes (Tabla X, en sus diferentes cuadros).

Las tablas son de doble entrada, combinando dos parámetros con diferentes niveles.

A1: Nivel de atención y la duración por hora de trabajo. El nivel dependerá de la precisión de la tarea, el esfuerzo para discernir ciertos detalles, o el no olvidar ciertas informaciones visuales, sonoras o táctiles o el efectuar un montaje preciso y minucioso. El nivel de atención oscila entre débil y muy elevado.

A2: Importancia de los riesgos de accidente y la frecuencia de esos riesgos.
La importancia del riesgo va de leve a grave y la frecuencia desde «raro» si se presenta menos de una vez por día, «intermitente» si sólo concierne a ciertas operaciones de la tarea y «permanente».

A3: Características del material y frecuencia de los riesgos de deterioro.
Desde si el material es resistente y poco costoso hasta si es frágil y costoso. Si la frecuencia es rara, intermitente o permanente.

A4: Valor de las piezas o productos y/o rechazo de la pieza-posibilidad de corregir los errores.
Si el valor es bajo, medio o elevado. Tiene en cuenta la frecuencia de los riesgos (rara, intermitente o permanente) en los rechazos de pieza o en la posibilidad de corregir los errores.

A5: Posibilidad de hablar y posibilidad de apartar la vista del trabajo.
Si no puede hablar nada, o puede intercambiar algunas palabras o una conversación larga.
Si tiene posibilidad de apartar la vista del trabajo entre menos de 5 y más de 15 minutos.

(S_2) Trabajos no repetitivos (supervisión y vigilancia):

Obtiene tres puntuaciones diferentes mediante tres tablas de doble entrada, con dos parámetros con diferentes niveles. Resultan de combinar:

A6: Número medio de señales por máquina/hora y número de máquinas o aparatos.

A7: Número de intervenciones fijas diferentes y duración de las intervenciones por hora.

A8: Número de intervenciones aleatorias diferentes y duración de las intervenciones por hora.

El valor final se obtiene como sigue:

Repetitivos
- Valor más alto entre A2-A3-A4. (Riesgos) = $\overline{A}$
- Media entre $\overline{A}$-A1-A5 = [A]

No repetitivos Media entre $\overline{A}$-A1-A5-A6-A7-A8 = [A]

Por ejemplo, en un trabajo repetitivo, sus operaciones tienen las características siguientes:

- Nivel de atención media.
- La duración de la atención es de 35 minutos por hora.
- Los riesgos de accidente son de importancia leve y su frecuencia se estima rara.

- El material con el que trabaja es frágil, aunque poco costoso y su riesgo de deterioro no es permanente, pero tampoco se puede considerar como algo lejano o raro.
- El valor de la pieza final se considera de un valor medio. La pieza es fácil que se rechace, pero admite cierta elasticidad en rechazos. De todas formas siempre tiene la posibilidad de corregir los errores cometidos.
- Por la distribución del puesto puede intercambiar palabras con los compañeros, aunque es difícil poder seguir una conversación mantenida.

Las puntuaciones las sacaremos de la tabla del método LEST (Tabla X, en cuadros 1, 2, 3, 4 y 5). Así obtendremos los siguientes valores de atención:

$A_1 = 3,\ A_2 = 1,\ A_3 = 5,\ A_4 = 2,\ A_5 = 0$

El valor final se obtiene:

- Elegir el valor más alto entre A_2, A_3, A_4 ➛ $A_3 = 5$
- Hallar la media entre A_3, A_1, $A_5 = \dfrac{5 + 3 + 0}{3} = 2{,}7$

NOTA: De haber sido un trabajo no repetitivo se habrían empleado también otras tablas –que aquí no hemos recogido– para la obtención de más valores parciales.

TABLA X: PUNTUACIÓN DE LA ATENCIÓN

Cuadro 1 **Trabajos repetitivos y no repetitivos**

Nivel de atención	Duración por hora de trabajo (en min)						
	< 10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	≥ 50
Débil	0	0	0	1	2	2	3
Medio	0	0	1	2	3	5	6

Cuadro 2

Importancia de los riesgos de accidente	Frecuencia de los riesgos		
	Raro	Intermitente	Permanente
Leves	1	3	5

Cuadro 3

Características del material	Frecuencia del riesgo de deterioro		
	Raro	Intermitente	Permanente
Frágil y poco costoso	2	5	7
Frágil y costoso	4	8	10

Cuadro 4

Valor de las piezas o del producto	Rechazo de la pieza			Posibilidad de corregir los errores		
	Frecuencia del riesgo			Frecuencia del riesgo		
	Raro	Intermit.	Permane.	Raro	Intermit.	Permane.
Débil	2	3	6	0	1	3
Medio	3	6	9	0	2	5

Cuadro 5

Posibilidad de hablar	Posibilidad de apartar la vista del trabajo			
	≥ 15	15-10	10-5	< 5
Nada	2	4	7	10
Algunas palabras	0	2	6	8

4. Minuciosidad

Se da en trabajos donde se manipulan objetos de dimensiones muy pequeñas o bien se deben observar detalles muy precisos con independencia del tamaño del objeto.

El método obtiene la puntuación combinando el tamaño de los objetos (< 1 cm hasta > 5 cm) con el nivel de percepción de los detalles (desde moderado hasta extremadamente elevado) (Tabla XI, cuadro 1).

El nivel de percepción, desde grueso a extremadamente elevado, lo obtiene de combinar la dimensión del detalle con la distancia de visión (Tabla XI, cuadro 2).

Por ejemplo, el formato de la pieza que se trabaja es de 7 × 5 × 2 cm, la distancia de visión es de 40 cm y los detalles que tiene que observar de 0,5 mm. Así, la puntuación correspondiente a la minuciosidad la obtenemos de la tabla del LEST (Tabla XI) en sus cuadros 1 y 2, que ofrecemos.

- $D/d = \frac{40}{0,05} = 800$ (equivale a percepción moderada).
- Tamaño del objeto = 7 + 5 + 2 = 14 cm.
- Valor de puntuación (cuadro 1) = cero (0).

TABLA XI: PUNTUACIÓN DE LA MINUCIOSIDAD

Cuadro 1

Nivel de percepción de los detalles	Tamaño de los objetos [1] (en cm)			
	< 1	1-3	3-5	≥ 5
Moderado	6	4	2	0
Bastante elevado	8	7	6	5

[1] Longitud + ancho + espesor.

Cuadro 2 **Nivel de percepción de los detalles según la relación D/d**

	Percepción de los detalles					
	General	Grueso	Moderado	Bastante elevado	Muy elevado	Extremada. elevado
D/d	< 300	300-600	600-1.200	1.200-1.600	1.600-2.400	≥ 2.400

D = Distancia de visión.
d = Dimensión de los detalles.

Notas finales

En el caso de la carga mental, el método no propone un valor sintético (único) que determine el nivel de la carga mental de un puesto de trabajo, por pensar que existen muchos factores influyentes a considerar. Propone, sin embargo, cuatro indicadores parciales que caracterizan cada uno un aspecto de la carga mental (apremio de tiempo, complejidad-rapidez, atención y minuciosidad) que hemos ido describiendo en este apartado.

Hemos de considerar, cuando se estudia la carga mental de un puesto de trabajo, que la actividad cerebral nunca es nula, siendo normal y favorable cierto esfuerzo de memorización y de atención. Por el contrario, cuando existe una falta de estímulos perceptivos se da una situación que lleva a la monotonía y posterior fatiga, además de la ya comentada regresión de las facultades intelectuales y creadoras, cuando en la tarea no se utilizan los mecanismos del pensamiento abstracto.

Es necesario indicar que resulta imposible proponer criterios de valoración de la carga mental que resulten válidos a la vez para tareas complejas y cualificadas (uso del pensamiento abstracto) y para tareas muy poco cualificadas (uso del pensamiento concreto) donde puede decirse que la actividad mental sólo tiene aspectos negativos para el trabajador. Así, el método LEST ha escogido criterios que sólo son válidos para trabajos poco cualificados, considerados como los aspectos negativos del contenido de la tarea.

IV. Aspectos psicosociales

El método LEST ha escogido una serie de indicadores para efectuar la valoración de los aspectos psicosociales: iniciativa, status social, posibilidades de comunicación, cooperación en el trabajo y la identificación con el producto.

1. Iniciativa

Se entiende por iniciativa el tener cierta autonomía para, hasta cierto punto, poder elegir su propio método de trabajo y ritmo, así como cierto control sobre su trabajo.

El método se sirve, para valorarlo, de una serie de criterios:

- Posibilidad de organizar su trabajo o intervenir en el orden de las operaciones o intervenciones.
- Posibilidad de controlar su ritmo de trabajo, cierta libertad para avanzar o detenerse en el interior de una cadencia.

- Posibilidad de regular su máquina cuando los resultados no son acordes con lo esperado.
- Posibilidad de intervenir en caso de una eventualidad o incidente.
- Posibilidad de controlar su propio producto, pudiendo corregir él mismo los errores e imperfecciones.

La valoración la materializa a través de tres puntuaciones (Tabla XII, cuadros 1, 2 y 3):

• Combinando la posibilidad de modificar el orden de las operaciones con la posibilidad o no de adelantarse a la cadencia (en min/hora).
• Combinando si tiene o no control sobre las piezas con si interviene o no en el retoque de las piezas.
• Combinando si interviene o no en la regulación de la máquina con si interviene o no en caso de incidente.

El valor final de la «iniciativa» será el resultado al hallar la media de los valores obtenidos en los tres puntajes anteriores.

Por ejemplo, un operario tiene la posibilidad de organizar, hasta cierto punto, su trabajo, mediante la modificación del orden de las operaciones que debe realizar. Puede también adelantarse al ritmo de trabajo para disponer de mayor amplitud en los descansos, pudiendo sacar 9 minutos por hora. Tiene posibilidad de controlar su propio producto, pero las correcciones debe hacerlas otro trabajador. La regulación de la máquina no le corresponde a él y sólo puede intervenir él mismo en caso de incidentes menores.

Para el cálculo de la iniciativa nos serviremos de las tablas LEST (Tabla XII, cuadros 1, 2 y 3) que ofrecemos a continuación.

Los valores obtenidos son:

$$I_1 = 3,\ I_2 = 5,\ I_3 = 7; \qquad I = \frac{3 + 5 + 7}{3} = 5$$

TABLA XII: PUNTUACIÓN DE LA INICIATIVA

Cuadro 1

Posibilidad de modificar el orden de las operaciones	Ritmo enteramente dependiente	Posibilidad de adelantarse (en min/h)				
		< 2	2-4	4-7	7-10	10-12
Sí	8	7	6	4	3	
No						

Cuadro 2

Control de las piezas por el trabajador	Retoque de piezas por trabajador	
	Sí	No
Sí	0	5
No		

Cuadro 3

Regulación de la máquina	Intervención en caso de incidentes		
	Incidentes menores		Incidentes más importantes y menores
	Trabajador	Otro	Trabajador
Trabajador	5	–	
Otro	7	10	

2. Status social

Se refiere a la consideración social que va ligada a la tarea, siendo un hecho esencialmente sociocultural, es decir, que la tarea goce o no de cierto prestigio entre los compañeros de trabajo es lo que influirá en su autovaloración.

No es la compensación económica el factor más importante, siendo admitidos como valores importantes el tiempo de aprendizaje y el nivel de formación previa necesaria para ese trabajo.

El método LEST obtiene la puntuación del «status social» combinando la formación general requerida para la tarea (desde ninguna hasta cursos de formación profesional) con la duración del aprendizaje en el puesto de trabajo (Tabla XIII).

Cuanto más largo es el tiempo de aprendizaje y mayor el nivel de formación exigida, más valorado se sentirá, pero si existe una gran distancia entre la formación y las responsabilidades exigidas (recogida por el tiempo de aprendizaje en el puesto) se dará un sentimiento de ser subestimado y estar subempleado.

Por ejemplo, si para ocupar un determinado puesto de trabajo se exige formación técnica en la propia empresa por un período de 2 meses y

se estima una duración del aprendizaje en el propio puesto de trabajo de un mes o poco más, el cálculo del status social podemos hacerlo mediante la tabla LEST que ofrecemos y de la que podemos deducir una puntuación del status social de 1 punto, indicando una situación muy satisfactoria.

TABLA XIII: PUNTUACIÓN DEL STATUS SOCIAL

Formación general requerida para la empresa	Duración del aprendizaje en el puesto (en horas o en días)						
	< 1 h.	< 1 d.	2-6 d.	7-14 d.	15-30 d.	30-90 d.	> 90 d.
Saber leer, escribir, contar	10	9	7	6	3	2	0
Formación técnica en la empresa (< 3 meses)	9	8	5	4	2	1	0

3. Posibilidades de comunicación

Se sabe que el estar alejado de otros y no poder comunicarse con facilidad es experimentado con desagrado, entendiéndose por «comunicación» en este método la que no es necesaria para el trabajo.

La posibilidad de comunicación está relacionada con la proximidad entre los trabajadores, la posibilidad de desplazarse y los obstáculos que la dificultan (ruido, ritmo de cadena...).

Así, el método LEST ha elegido tres criterios para valorar la «comunicación»: número de personas circundantes, posibilidad de hablar y posibilidad de desplazarse (Tabla XIV, cuadros 1 y 2).

Obtiene dos puntuaciones diferentes:

- Combinando la posibilidad de hablar durante el trabajo (desde nada hasta mantener una conversación) con la posibilidad de desplazarse.
- Combinando la posibilidad de desplazarse con el número de personas en un radio de 6 m.

El valor final de las «posibilidades de comunicación» lo obtiene hallando la media de las puntuaciones anteriores.

Por ejemplo, si en un trabajo no existe ninguna posibilidad de hablar durante el trabajo por encontrarse aislado, pero el trabajador tiene la posibilidad de desplazarse hasta los compañeros más próximos (un grupo de siete) por permitirlo el propio trabajo y su mando directo, el valor de la comunicación lo hallaremos mediante la tabla LEST (Tabla XIV, cuadros 1 y 2) que ofrecemos, pudiendo deducirse lo siguiente:

- por cuadro 1: $C_1 = 8$
- por cuadro 2: $C_2 = 0$
- valor definitivo: $C = \frac{8 + 0}{2} = 4$

TABLA XIV: PUNTUACIÓN DE LAS COMUNICACIONES

Cuadro 1

Posibilidad de hablar durante el trabajo	Posibilidad de desplazarse	
	Sí	No
Nada	8	10
Algunas palabras	4	

Cuadro 2

Posibilidad de desplazarse	Número de personas en radio de 6 m				
	0	1-2	3-9	10-19	> 20
Sí	6	0	0	4	8
No			0	5	

4. Cooperación

Se refiere a las relaciones que, debido al trabajo, el trabajador debe mantener con sus compañeros y otros miembros de la jerarquía. Analiza qué tipo de relaciones mantiene y con quién, así como el carácter más o menos satisfactorio de las mismas.

Clasifica las relaciones en tres tipos:

- Cooperativas: intercambio profesional para poder cumplir la tarea.
- Funcionales: entre trabajadores con funciones diferentes.
- Jerárquicas: entre trabajadores con status diferentes y donde siempre uno tiene poder sobre otro.

El método puntúa la cooperación combinando el tipo de relación (cooperativa, funcional o jerárquica) con el número medio por día de los intercambios efectuados (Tabla XV).

Ejemplo: un puesto de trabajo, por exigencias propias de la tarea, exige que mantenga un determinado número de relaciones (una media de cuatro diarias) para el buen desarrollo de su labor. Estas relaciones entre compañeros no llegan a ser cooperativas, pero resultan siempre agradables, aunque la gran mayoría están institucionalizadas.

El cálculo de la puntuación para la cooperación lo obtendremos de la tabla LEST que ofrecemos, siendo el siguiente:

– Cooperación: 6 puntos.

TABLA XV: PUNTUACIÓN DE LA COOPERACIÓN

Tipo de relación	Número medio por día		
	> 10	10-5	< 5
Cooperativa	0	1	3
Funcional	3	4	6
Jerárquica			

5. Identificación con el producto

Se refiere al interés por el trabajo en función de poder situarse en el proceso del trabajo y poder apreciar la importancia de su intervención por ver el resultado de su labor, es decir, poder ver cómo se sitúa su participación en el proceso total y para qué sirve su trabajo.

Así, para la valoración el método LEST se sirve de dos criterios que combina:

1. La situación del trabajador en el proceso según intervenga en el principio, mitad o final, o bien sobre materia prima bruta, sobre un elemento importante del producto o en la terminación.

2. Importancia de la transformación efectuada según sea importante y visible, sensible y visible o poco perceptible (Tabla XVI).

Ejemplo: un puesto de trabajo participa del total de un producto solamente en un elemento del mismo siendo su intervención de escaso valor y poco perceptible en el producto final.

La puntuación en la identificación con el producto la deduciremos de la tabla LEST (Tabla XVI) que ofrecemos y que resulta ser de 8 puntos, lo que indudablemente debe ser mejorado.

TABLA XVI: 5. PUNTUACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN CON EL PRODUCTO

Importancia de la transformación efectuada	Situación del trabajador en el proceso			
	En materia prima	En un elemento	En la terminación	En el almacenaje
Simple y visible	6	5	3	
Poco perceptible	10	8		

V. Tiempo de trabajo

Diferentes investigaciones han demostrado que existen diversos factores en relación con el tiempo de trabajo que influyen de manera determinante en la fatiga del trabajador, como el número de días de la semana, la duración diaria, el número de pausas, la duración de las pausas y el tipo de horario de trabajo.

Se ha demostrado que, desde el punto de vista fisiológico, una duración de 9 horas, 30 minutos es excesiva y que no se deben superar las 8 horas, 15 minutos. Debe tenerse en cuenta que el tiempo dedicado a los desplazamientos (ida y vuelta del trabajo) también incrementa la fatiga en el trabajo, por lo que hay una tendencia a la jornada continuada con objeto de eliminar un desplazamiento.

Sobre las pausas se ha demostrado que permiten al trabajador luchar contra la fatiga derivada de la monotonía del trabajo, atención sostenida, esfuerzos físicos importantes o ambientes desfavorables (ruido, temperatura, etc.). Los trabajos de repetición rápida provocan más pronto la fatiga del sistema nervioso y necesitan más pausas.

En general, puede decirse que el total del tiempo de pausas (voluntarias, prescritas, disimuladas) debería ser como mínimo del 15% del tiempo de trabajo, aunque la duración y frecuencia variará según el tipo de trabajo. Las recomendaciones sobre las pausas podrían ser:

- En trabajos de intensidad media (tienen tiempos de espera durante el desarrollo del trabajo), las pausas serán de 10 a 15 minutos por la mañana y por la tarde, permitiendo que se pueda tomar algún alimento.
- En trabajos de gran intensidad (producción de gran número de piezas y sin tiempos de espera), habrá pausas de 10 a 15 minutos por la mañana y por la tarde, permitiendo toma de alimentos y una o dos pausas de 5 minutos.

Sobre el tipo de horario, solamente vamos a diferenciar el trabajo semicontinuo y el trabajo continuo (24 horas) y, debido a la gran complejidad de las rotaciones y los días de descanso, nos limitaremos a señalar que, en general, el trabajo por turnos tiene una serie de perturbaciones patológicas (digestivas, nerviosas, fatiga general, de sueño, etc.) además de otras familiares y sociales, aunque hay variaciones según cada individuo[1].

Así, el método LEST puntúa el «tiempo de trabajo» combinando la duración semanal (desde 35 horas hasta más de 46 horas) con el tipo de horario de trabajo (normal, 2 × 8, 3 × 8 y continuado o a turnos) (Tabla XVII).

Ejemplo: un puesto de trabajo tiene un horario de los considerados normales (interrupción en la comida y vuelta al trabajo), teniendo una acumulación de 42 horas semanales.

La puntuación del tiempo de trabajo que obtenemos de la tabla es 2.

TABLA XVII: PUNTUACIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO

Tipo de horario	Duración semanal (en horas)			
	35-40	41-43	44-46	> 46
Normal	0	2	5	8
2 × 8	4	6	8	10
3 × 8	6			

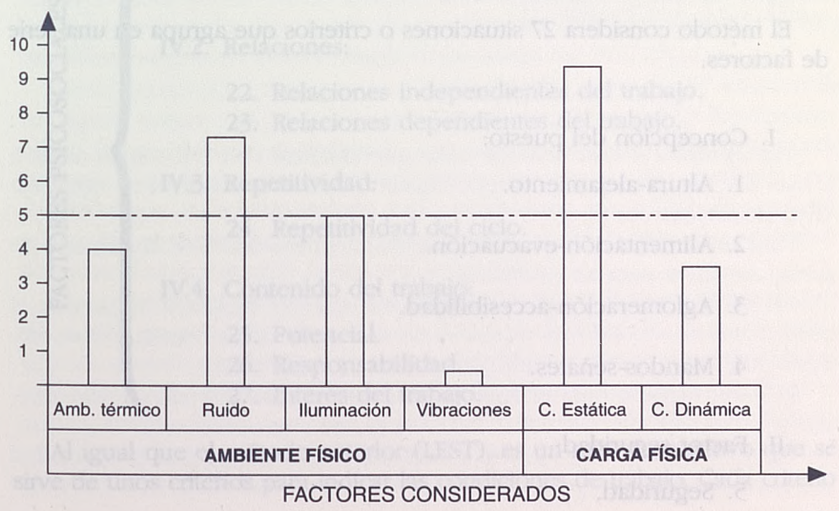
[1] Para mayor profundidad en el tema dirigirse al capítulo correspondiente a cronoergonomía y turnicidad.

Presentación de resultados

Los resultados obtenidos en cada uno de los diferentes factores considerados pueden ser representados gráficamente en forma de histogramas o de perfil, estando en el eje de abscisas cada uno de los factores intervinientes, en el mismo orden en que se han estudiado y por bloques (ambiente físico, carga física, carga mental...) y en el eje de ordenadas el nivel que puede alcanzarse del 1 al 10, siendo el número «5» el valor medio de referencia.

Con esto se consigue una rápida visualización de los aspectos que resultan favorables y desfavorables, así como el grado de desviación respecto al nivel de referencia. También se puede realizar un estudio de conjunto de los factores, lo que permite un análisis simultáneo, muchas veces más importante que la consideración de cada elemento por separado.

Un ejemplo de representación (en histograma) de un puesto de trabajo puede ser el que aparece en la figura, donde puede apreciarse el valor que alcanza cada uno de los factores y en qué medida está por debajo o por encima del nivel medio (valor 5). La representación sería similar para la carga mental y aspectos psicosociales.



Criterios aplicados en el método RNUR

Este método ha sido desarrollado, después de una experiencia industrial, por los Servicios de Condiciones de Trabajo de la Régie Nationale des Usines Renault.

Es también un método objetivo y global sobre las condiciones de trabajo, pretendiendo facilitar la evaluación de las mismas. Permite evaluar las principales situaciones de penosidad, por lo que es posible señalar las correcciones técnicas en función de los objetivos de las condiciones de trabajo y de los condicionamientos técnicos y económicos.

Establece un diagnóstico final, indicando el nivel alcanzado en cada una de las situaciones consideradas en el puesto de trabajo. Este nivel oscila entre 1 (situación satisfactoria) hasta el nivel 5 (situación muy penosa), de la forma siguiente:

1. Muy satisfactorio.
2. Satisfactorio.
3. Aceptable. Mejorar si es posible.
4. Penoso o peligroso a largo plazo. Mejorar.
5. Muy penoso o muy peligroso. Mejorar prioritariamente.

El método considera 27 situaciones o criterios que agrupa en una serie de factores.

I. Concepción del puesto:
   1. Altura-alejamiento.
   2. Alimentación-evacuación.
   3. Aglomeración-accesibilidad.
   4. Mandos-señales.

II. Factor seguridad:
   5. Seguridad.

FACTORES ERGONÓMICOS

III.1. Entorno físico:
   6. Ambiente térmico.
   7. Ambiente sonoro.
   8. Iluminación artificial.
   9. Vibraciones.
   10. Higiene atmosférica.
   11. Aspecto del puesto.

III.2. Carga física:
   12. Postura principal.
   13. Postura más desfavorable.
   14. Esfuerzo de trabajo.
   15. Postura de trabajo.
   16. Esfuerzo de manutención.
   17. Postura de manutención.

III.3. Carga nerviosa:
   18. Operaciones mentales.
   19. Nivel de atención.

FACTORES PSICOSOCIALES

IV.1. Autonomía:
   20. Autonomía individual.
   21. Autonomía de grupo.

IV.2. Relaciones:
   22. Relaciones independientes del trabajo.
   23. Relaciones dependientes del trabajo.

IV.3. Repetitividad:
   24. Repetitividad del ciclo.

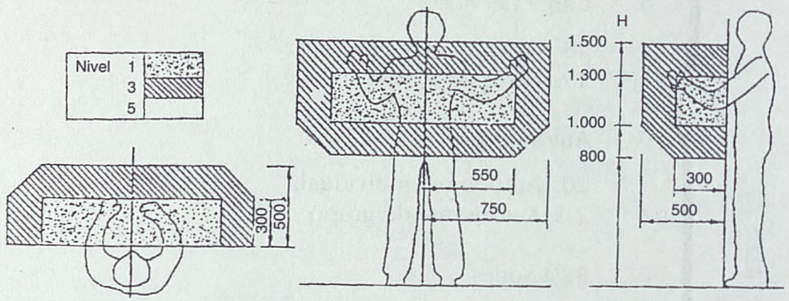
IV.4. Contenido del trabajo:
   25. Potencial.
   26. Responsabilidad.
   27. Interés del trabajo.

Al igual que el método anterior (LEST), es un método objetivo que se sirve de unos criterios para indicar las condiciones de trabajo. Cada criterio

es valorado en función de una serie de indicadores que, combinados metódicamente en una serie de tablas o cuadros, nos dan la puntuación obtenida o nivel de situación entre satisfactoria o penosa.

Observamos que este método, en comparación con el LEST, introduce la «concepción del puesto de trabajo» o las condiciones del mismo en cuanto a la adaptación del puesto al trabajador medio, en función de una serie de dimensiones que determinan el confort postural y de trabajo. También introduce el factor seguridad, en cuanto a la seguridad y probabilidad de que ocurra un determinado riesgo. El resto de factores (entorno físico, carga física y mental, y aspectos psicosociales) es tratado de forma parecida, con ligeras diferencias en la evaluación de la carga física.

Un ejemplo de cómo obtiene una puntuación según la altura y alejamiento lo tenemos en la figura que reproducimos para un trabajo de pie, donde puede deducirse, en función de la altura, profundidad y lateralidad, el valor resultante por movimiento de manos y brazos.



Por ejemplo, si una persona tiene que alcanzar con frecuencia objetos a más de 500 cm desde el cuerpo (hacia delante) estaría en una situación cuya puntuación es 5.

Para un trabajo en posición de sentado, el método RNUR dispone de tablas similares para su valoración.

En los dos casos, de pie y sentado, el método analiza si es posible el emplazamiento de los pies y también lo valora, de tal manera que si se dificulta o no existe lo va valorando desde un 3 hasta un 5.

El valor elegido para reflejar al final será el más elevado de los obtenidos.

El factor seguridad evalúa la probabilidad del riesgo y la peligrosidad del mismo, según el tipo de trabajo.

Presenta una relación de riesgos a considerar con objeto de facilitar la identificación y después pasa a dar una puntuación o nivel de riesgo.

La forma de calcular el factor seguridad se basa en asimilar la situación a evaluar a uno de los 5 grupos de supuestos que exponemos a continuación:

- Puntuación de valor 1: cuando el trabajo no requiere el uso de accesorios mecanizados o útiles (por ejemplo: despachos, control sobre mesa).
- Puntuación de valor 2: cuando el trabajo requiere la utilización de máquinas, instalaciones consideradas de poco peligro, etc.
- Puntuación de valor 3: el trabajo se realiza en máquinas peligrosas protegidas.
- Puntuación de valor 4: el trabajo lleva implícito riesgos de accidente no controlados totalmente mediante dispositivos técnicos.
- Puntuación de valor 5: el trabajo comporta riesgos de accidentes graves por la falta de protección o de formación.

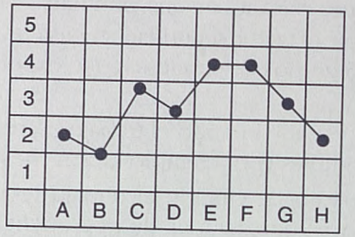
Presentación de resultados

Al igual que señalamos al hablar del método LEST, aquí también se representan los valores obtenidos en cada uno de los factores considerados, en forma gráfica (perfil o histogramas), estando en el eje de abscisas cada uno de los diferentes factores que intervienen y en el eje de ordenadas el nivel que se puede alcanzar del 1 al 5, siendo el nivel «3» el valor medio de referencia. Se conservará el orden expuesto manteniendo la idea de bloques (ambiente físico, carga física, carga mental...).

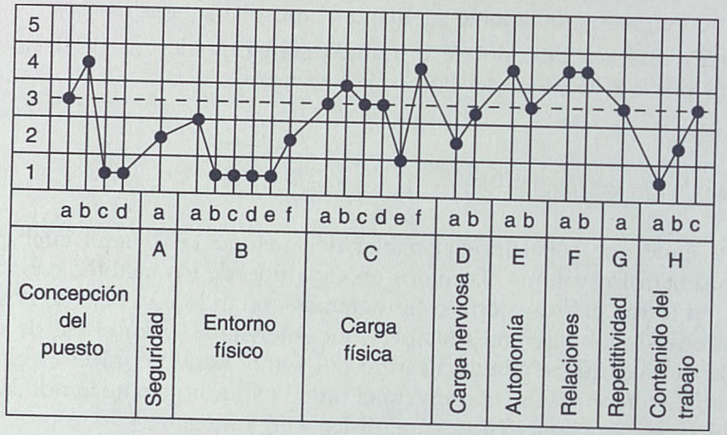
Sirve, como ya expresamos en el método LEST, para poder observar de un rápido vistazo cuáles son los aspectos favorables y cuáles los desfavorables sobre los que es necesaria una intervención de mejora, teniendo siempre a la vista el grado de desviación respecto al valor medio o nivel de referencia. Al mismo tiempo está permitiendo un análisis de conjunto y simultáneo de las características ergonómicas del puesto, tan importante como el conocer cada factor por separado.

A continuación ofrecemos una representación gráfica en forma de perfil (podría igualmente haber sido en forma de histograma y en sus modalidades «global» y «analítica» o pormenorizada para que de un golpe de vista podamos saber dónde tenemos desviaciones y a qué nivel). Para un mayor análisis habrá que irse al informe y ver qué criterios han sido los que han influido en esa desviación concreta, lo que facilitará la forma de desviaciones en las medidas correctoras.

Perfil global



Perfil analítico



Notas finales

Seguimos insistiendo en que con este estudio se pretende tener un sistema de referencia en el establecimiento de un diagnóstico de las condiciones de trabajo en la empresa. La «objetividad» del método, basándose en la estandarización de la búsqueda de datos, tiene por objeto el facilitar la recolección de dichos datos, permitiendo la comprensión y/o discusión de la manera en que tal o cual dato ha sido obtenido. Por tanto, no se trata de una «objetividad» inflexible o definitiva, sino que es un punto de partida necesario para una discusión fructífera. Esta «objetividad» y su representación en un perfil puede, además de establecer el diagnóstico, medir

progresos en relación con unos objetivos fijados y apreciar una evolución en el tiempo.

Métodos de valoración subjetivos

Estos métodos se basan en el principio de que los propios operadores y sus mandos más directos son los que están en mejor disposición para poder detectar los incidentes y observar los problemas y restricciones que se dan durante el desarrollo habitual de su trabajo. Se apoyan, por tanto, en la expresión libre de cómo experimenta cada uno su trabajo y a qué causas se atribuyen los problemas que encuentra en cada uno de los factores que componen sus condiciones de trabajo.

Esta participación en el diagnóstico les permite de entrada entender el problema de estar abiertos a aceptar los cambios que de ahí deriven, máxime si esta participación se prolonga también en el estudio de las soluciones.

El método más representativo en esta modalidad es el ANACT (Agence Nationale pour L'Amelioration des Conditions de Travail), del cual proponemos la adaptación que presentamos en el siguiente apartado.

Método ANACT

Introducción

Consideramos este método como representación de los métodos subjetivos porque se basa en la opinión que los propios interesados tienen sobre sus condiciones de trabajo y porque es una herramienta muy estructurada y con una amplia muestra de factores representativos.

Este método intenta descubrir situaciones críticas al analizar las condiciones de trabajo, sirviéndose de un análisis de las exigencias que comporta el puesto de trabajo. Para ello se apoya en un conocimiento del puesto de trabajo, desde una forma global o visión de conjunto hasta una visión más detallada; establece un diagnóstico global de la situación, recopila información por medio de encuestas sobre el terreno, analiza la situación por reacciones. Anota los problemas descubiertos y sus causas para una posterior discusión de los puntos y propuestas de mejora.

El método ofrece herramientas para, de una forma metódica, analizar las condiciones de trabajo y promover las acciones necesarias, basándose

en el principio de que los propios trabajadores son los mejores expertos para la detección de las situaciones críticas y soluciones de mejora.

Sobre el análisis de las condiciones de trabajo ofrece un método para reunir, en diferentes etapas, la información necesaria para emitir un diagnóstico. Estas informaciones son de naturaleza muy variada, desde hechos concretos hasta opiniones que se prestan a confrontación, permitiendo al mismo tiempo señalar las situaciones problemáticas e identificar las causas que han llevado a cada situación.

Sobre las acciones a tomar –que el método ofrece–, permite realizar una clasificación y jerarquización de los problemas existentes, para pasar luego a una negociación sobre prioridades de los mismos y, por último, a la propuesta de un plan de acción para el mejoramiento de las situaciones problema, así como asegurar una continuidad y vigilancia de dicho plan de acción.

Pero, para que este método sea realmente eficaz, las herramientas que ofrece deben ser adaptadas a cada caso en particular, con objeto de que resulten ágiles y más efectivas, pues todas las cuestiones que se plantean no tienen la misma importancia para todas las empresas, ni deben ser planteadas de igual manera para una oficina que para un taller de transformación de productos.

Proceso de análisis

El método ANACT sigue una serie de etapas perfectamente definidas, para llegar a establecer las situaciones problema de las condiciones de trabajo y, después de las consiguientes deliberaciones, poder proponer un programa de mejora que sea factible, un plan de acción concreto. Cada una de dichas etapas viene marcada por una serie de objetivos a cumplir y unos medios (herramientas de trabajo) que pone a disposición del usuario para ayudar a lograrlos. A modo de resumen, las etapas, con sus respectivos objetivos y medios que ofrece, son las siguientes:

1. Conocer y comprender la empresa

Objetivos:
- Comprender la estructura interna de la organización.
- Descubrir los problemas relacionados con esa estructura.
- Identificar los signos que evidencian los problemas.

Medios (cuadros y fichas):
- Listado de sectores y sus problemas.
- Análisis de dependencias entre sectores.

2. Análisis de la situación general

Objetivos:
- Localización de los problemas en cada sección, evaluación y comparación con la situación global de la empresa.

Medios (cuadros y fichas):
- Comparación entre sectores (situaciones desfavorables o no en cada indicador propuesto).

3. Encuesta sobre el terreno

Objetivos:
- Recoger la opinión de los interesados como información complementaria.
- Resumir la información recogida (sintetizar).

Medios (cuadros y fichas):
- Batería de evaluación básica (contempla una serie de apartados como puesto de trabajo, entorno del puesto, distribución del trabajo, etc.), donde se da un peso global a cada uno de los indicadores que componen cada apartado.
- Cuestionario guía, donde se consideran una serie de preguntas para contestar a cada indicador.
- Síntesis de puntos positivos y negativos (problemas resueltos y no resueltos).

4. Análisis del estado actual de las condiciones de trabajo en cada sección

Objetivos:
- Aislar los problemas de cada sección. Localización de las condiciones de trabajo no satisfactorias.
- Localización de posibles orígenes o causas.
- Diagnóstico de las condiciones de trabajo de cada sección.

Medios (cuadros y fichas):
- Problemas no resueltos y su posible causa (técnica, organizacional, psicosociológica o financiera).
- Serie de situaciones en las condiciones de trabajo (ayuda a la búsqueda de posibles problemas).

5. Discusión de los resultados entre las partes sociales y puesta en práctica de un programa de mejora

Objetivos:
- Reflexionar y formular propuestas de acción mediante negociación y confrontación de distintos puntos de vista.
- Seguimiento y evaluación de las acciones propuestas.
- Análisis de retrasos y problemas surgidos en la puesta en práctica.

Medios (fichas):
- Programa de mejora.

Estudio de las etapas de análisis

1. Conocer y comprender la empresa

En esta etapa se trata de reunir cierta información que permita tener una visión general del estado de las condiciones de trabajo (CT) en las diferentes secciones. Esto permitirá detectar en qué secciones es necesario profundizar en el análisis.

Resulta útil servirse de cierta información que ya existe en la empresa, como su organigrama, balance anual, actas de reuniones de los comités de empresa y seguridad, plan de formación, solicitudes de permisos, informes médicos.

Primero se determinarán las secciones que hay en la empresa, con el nombre del responsable y los trabajadores que las componen. Para ello puede ayudar la elaboración de una ficha donde se refleje en cada sección las condiciones de trabajo que son desfavorables y el tipo de trastornos que pueden ocasionar.

Es importante conocer qué secciones están interconectadas y el tipo de dependencia que tienen establecida, para lo que puede elaborarse una ficha con filas y columnas numeradas donde se irán reflejando las secciones que componen la empresa. Dentro de cada cuadro de intersección se pondrá el tipo de relación que mantiene esa sección con su correspondiente, sirviéndose de una clave explicativa sobre el tipo de dependencia.

Ejemplo:
- D_1: material y a corto plazo.
- D_2: material y a medio plazo.
- D_3: funcional.

Para la identificación de las condiciones desfavorables y sus trastornos ocasionados es conveniente apoyarse en pequeñas encuestas en las que se

detecten las diferentes situaciones problema y sus posibles efectos o molestias. Una ayuda para esta identificación puede ser el cuadro siguiente:

- De origen técnico
  - A. Situaciones problema:
    - Defectos de concepción.
    - Productos peligrosos.
    - Ambiente ruidoso.
    - Trabajos peligrosos.
    - Etc.
  - B. Posibles efectos o molestias:
    - Tensión nerviosa.
    - Enfermedad profesional.
    - Accidentes.
    - Fatiga.
    - Falta de confort.
    - Etc.
- De origen organizativo
  - A. Situaciones problema:
    - Trabajo fragmentado y cadena.
    - Carga de trabajo con fuertes variaciones.
    - Automatización mal adaptada.
    - Etc.
  - B. Posibles efectos o molestias:
    - Fatiga.
    - Ansiedad.
    - Aburrimiento, monotonía.
- De origen ambiental
  - A. Situaciones problema:
    - Intemperie.
    - Evolución tecnológica rápida.
    - Alta competencia.
    - Etc.
  - B. Posibles efectos o molestias:
    - Falta de confort.
    - Inseguridad.
    - Etc.

Podemos servirnos de una serie de indicadores que pueden llamar la atención sobre la existencia de problemas o conflictos en la empresa, unos

relacionados con el comportamiento del personal y otros con la producción, lo que se puede reflejar en forma global y por secciones. Así, pueden confeccionarse fichas sobre indicadores de problemas donde se recojan datos en años sucesivos relativos a:

- Número de accidentes y días perdidos.
- Horas totales de absentismo.
- Porcentaje de absentismo.
- Variación de la plantilla en trimestres.
- Plantilla media.
- Porcentaje de rotación.
- Número de paradas por conflictos.
- Días perdidos por conflictos.
- Número de despidos.
- Días de suspensión de empleo y sueldo.
- Paros por averías.
- Paros por falta de existencias.
- Número de rechazos de fabricación.
- Etc.

2. Análisis de la situación general

Esta etapa trata de identificar aquellas secciones que tienen las situaciones más desfavorables. Después se fijan prioridades para análisis más profundos. Partiendo del estudio de la ficha que hemos confeccionado sobre los indicadores de problemas (accidentes, absentismo, etc.), podemos realizar un estudio global de la situación, así como su evolución en el tiempo, la comparación con otras empresas del sector y la comparación de cada sección con el global de la empresa.

Para recoger este tipo de datos podemos servirnos de la ficha *Anexo I.*

3. Encuesta sobre el terreno

Se trata ahora de llegar a un conocimiento más completo de la situación mediante la recogida de información sobre el terreno. Consistirá en observar hechos y escuchar las respuestas a preguntas formuladas (encuesta) o bien respuestas espontáneas. La información así obtenida debe clasificarse para poder evaluar la situación en sus diversos componentes.

Para la realización de la encuesta se empleará el cuestionario de la ficha *Anexo II* (nueve fichas adaptadas del método ANACT):

1. Contenido del trabajo.
2. Puesto de trabajo.
3. Entorno del puesto.
4. Distribución del trabajo.
5. Ejecución de tareas.
6. Evaluación y promoción del personal.
7. Relaciones sociales.
8. Individuos y grupos.
9. Estilo de mando.

Cada apartado tiene una serie de indicadores que a su vez se compone de dos o tres aspectos a considerar (preguntas realizadas).

Cada pregunta realizada debe ser contestada por el mando directo de la sección y por varios operarios, lo que se marcará con signos distintos y tantos como personas sean consultadas.

Ejemplo:

Preguntas	Evaluación respuestas		
	Buena	**Regular**	**Mala**
1 ———	X	#	XX
2 ———	XX#	X	
3 ———	XX		#X

Código: – # Jefe
– X Trabajador

Después de finalizar la encuesta es necesario estudiarla y sacar conclusiones. Para ello se irá analizando cada uno de los nueve apartados en sus respectivos indicadores. A cada indicador se le concede un nivel de puntuación en función de las respuestas observadas (peso):

0: Nada importante.
1: Poco importante.
2: Bastante importante.
3: Muy importante.

Hay que tener en cuenta que esto es una valoración subjetiva, una síntesis de las diferentes opiniones expresadas y nunca una media aritmética del número de respuestas, por lo que no resulta nada fácil.

Después de tener la valoración completa de las nueve fichas, con sus pesos y evaluaciones globales de cada componente y sus indicadores,

podría ser conveniente recoger esta información de forma más general, para una visión más rápida en su estudio, pudiendo servirnos de una ficha similar a la del *Anexo III*.

Es muy importante observar si existen dispersiones en las respuestas dadas y analizar el porqué de esto, ya que pueden haber diversas razones que expliquen la diferencia de opiniones, lo que podrá ayudar a una mejor comprensión de la situación y sus causas.

Finalmente, puede hacerse una presentación global de la evaluación de cada apartado, mediante un perfil con trazo diferente para trabajadores y mando, para reflejar las diferencias. Al mismo tiempo, resulta interesante que en cada apartado se anoten los aspectos positivos y los negativos (problemas resueltos y no resueltos), lo que se habrá ido deduciendo de las observaciones sobre el terreno y de las respuestas en la encuesta. La ficha *Anexo IV* puede ser una forma de recoger lo que estamos indicando.

Notas finales

Es muy importante que el cuestionario propuesto (Anexo II) sea adaptado o ajustado a cada sección de la empresa, eliminando o añadiendo aspectos según se considere. También es importante señalar que se debe informar previamente a las personas implicadas sobre el objetivo del cuestionario y la importancia de sus respuestas, no debiendo nunca ser cogidos por sorpresa.

4. Análisis del estado actual de las condiciones de trabajo en cada sección

Se trata de una fase de diagnóstico donde se va a intentar la búsqueda de las causas de los problemas encontrados, con el propósito de poder proponer soluciones adecuadas.

Para ello es muy conveniente trabajar en grupo y conjuntamente, utilizando de forma metódica la información recogida hasta el momento y determinando para cada aspecto a considerar las causas probables de los problemas. Esta búsqueda de causas necesita discusiones tranquilas del grupo, tomándose el tiempo necesario para las reflexiones, ya que la detección de las causas no siempre resulta evidente.

Conviene confeccionar una ficha por sección, donde se refleje cuál es la naturaleza del problema no resuelto en tres apartados (técnico, de organización y psicológico) y las causas de esos problemas en cuatro apartados (técnicas, de la organización, psicológicas y financieras).

5. Discusión de resultados entre las partes sociales y la puesta en práctica de un programa de mejora

En esta última fase, conocidas ya las posibles causas de los problemas encontrados, se trata de reflexionar sobre las acciones que podrían llevar a un mejoramiento de esos problemas.

Pero generalmente no existe una sola causa o una sola solución, por lo que es muy importante que las soluciones sean buscadas por medio de una negociación, es decir, confrontando diversos puntos de vista.

Es conveniente reunir los acuerdos de mejora en una ficha, donde se recojan las acciones propuestas en cada uno de los nueve apartados, las acciones que se han decidido y las fechas previstas y efectivas de ejecución, con objeto de poder detectar la existencia de dificultades en esa ejecución.

Finalmente, sería adecuado realizar al cabo de un tiempo una evaluación de las acciones tomadas, con objeto de observar si los resultados son acordes con lo esperado, teniendo en cuenta siempre la opinión de los trabajadores implicados en los aspectos considerados.

Métodos mixtos

Combina los dos anteriores de tal manera que realiza una valoración objetiva y otra subjetiva con el fin de poder controlarlos, lo que nos podrá indicar en qué factor existen convergencias o divergencias, la magnitud de estas últimas y una clara idea de dónde tenemos que analizar con más profundidad o dónde existen opiniones contradictorias en el grupo.

Es obvio que los factores a valorar deben ser los mismos, tanto para el objetivo (el técnico que lo aplica) como para el subjetivo (los propios interesados), para facilitar la comparación y el análisis rápido de las convergencias y divergencias.

El método que ofrece MAPFRE cubre perfectamente estos requisitos, saliendo al paso y cubriendo este hueco en la aplicación de la metodología ergonómica.

ANEXOS

ANEXO I: ANÁLISIS GENERAL DE LA SITUACIÓN

COMPARACIÓN DE SECCIONES

Fecha: .....

INDICADORES DE PROBLEMAS / SECCIONES										OBSERVACIONES

Tipo de comparación: (–) Situación desfavorable en relación con la media del resto de la empresa.
(+) Situación favorable en relación con la media del resto de la empresa.

ANEXO II_1: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO

CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: contenido del trabajo **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
1.1.	**MATERIAL DE TRABAJO**					
1.1.1.	• Limpio, fácil de manipular, seguro					
1.1.2.	• El trabajo es fácil, seguro, silencioso					
1.2.	**ADECUACIÓN DE HERRAMIENTAS**					
1.2.1.	• Herramientas modernas, buen estado, seguras					
1.2.2.	• Se adaptan al trabajo a realizar					
1.2.3.	• Sus averías afectan al ritmo y/o calidad de productos					
1.3.	**DISTRIBUCIÓN DE TAREAS**					
1.3.1.	• Tipo de adaptación entre división elemental de tareas y el ritmo del trabajador					
1.3.2.	• Tipo de adaptación entre las series de tareas (por n.º de operaciones idénticas repetitivas) y el ritmo del operador					
1.3.3.	• El trabajador puede o no actuar sobre los factores anteriores					
1.4.	**VIABILIDAD DEL TRABAJO**					
1.4.1.	• Concepción del producto para facilitar el trabajo (forma, material...)					
1.4.2.	• El método de trabajo facilita o no el trabajo					
1.5.	**NIVEL DE CALIDAD REQUERIDO**					
1.5.1.	• Compatible con el material trabajado					
1.5.2.	• Compatible con las herramientas utilizadas					
1.5.3.	• Compatible con la división y organización del trabajo					
1.6.	**UTILIDAD SOCIAL Y PRESTIGIO DEL PRODUCTO**					
1.6.1.	• El trabajador conoce la utilidad del producto final y participa en su elaboración					
1.6.2.	• El trabajador sabe que participa en una actividad con un prestigio alto o bajo					
1.6.3.	• ¿Cuál es su juicio de valor? (Es consciente de los aspectos anteriores)					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala }

Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO II_2: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO

CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: puesto de trabajo **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
2.1.	**ESFUERZOS DINÁMICOS**					
2.1.1.	• El puesto comporta manipulaciones, desplazamientos, esfuerzos físicos					
2.1.2.	• Existencia de medios técnicos de ayuda					
2.1.3.	• Resultados negativos por la penosidad del puesto. (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.2.	**ESFUERZOS ESTÁTICOS**					
2.2.1.	• ¿Las posturas que debe adoptar son buenas o penosas?					
2.2.2.	• Impresión por medidas adoptadas para reducir penosidad					
2.2.3.	• ¿Se dan resultados negativos por la penosidad de las posturas? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.3.	**RAPIDEZ DE EJECUCIÓN**					
2.3.1.	• ¿La rapidez o reacción exigida lo hace fácil o penoso?					
2.3.2.	• ¿Se han tomado medidas para disminuir la penosidad por rapidez?					
2.3.3.	• ¿Se dan resultados negativos por la rapidez de ejecución? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.4.	**NIVEL DE ATENCIÓN**					
2.4.1.	• ¿El nivel de atención requerido lo hace fácil o penoso?					
2.4.2.	• ¿Se han tomado medidas para reducir la penosidad por nivel de atención o monotonía?					
2.4.3.	• ¿Se dan resultados negativos por nivel de atención o monotonía? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.5.	**GRADO DE INICIATIVA**					
2.5.1.	• Margen de iniciativa que tiene el trabajador					
2.5.2.	• ¿Se han tomado medidas para equilibrar la autonomía del trabajador y las exigencias del puesto?					
2.5.3.	• ¿Se dan resultados negativos por inadaptación al margen de confianza? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.6.	**SEGURIDAD**					
2.6.1.	• ¿Los riesgos hacen el puesto peligroso?					
2.6.2.	• Intentos para reducir su gravedad y frecuencia					
2.6.3.	• ¿Se dan resultados negativos por la falta de seguridad? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					

(Continúa)

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala }

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

Área investigada: puesto de trabajo *(Continuación)*

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
2.7.	**ORGANIZACIÓN**					
2.7.1.	• ¿Cómo es la organización para el desarrollo de la tarea?					
2.7.2.	• ¿Cómo se considera el abastecimiento del puesto en cuanto a material, herramientas y métodos de trabajo?					
2.7.3.	• ¿Se dan resultados negativos por faltas de organización? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.8.	**REMUNERACIÓN**					
2.8.1.	• ¿El sistema de remuneración se considera equitativo?					
2.8.2.	• ¿Si se compara con otros puestos de la empresa, la remuneración del puesto se considera equitativa?					
2.8.3.	• ¿Se dan resultados negativos por el status del puesto? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.9.	**STATUS DEL PUESTO**					
2.9.1.	• ¿El trabajador lo valora previamente?					
2.9.2.	• ¿Los compañeros valoran el puesto positivamente?					
2.9.3.	• ¿Se dan resultados negativos por el status del puesto? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					
2.10.	**TIEMPO DE TRABAJO**					
2.10.1.	• ¿El tiempo de trabajo impuesto por el proceso o la organización (horarios, equipos...) se considera bueno?					
2.10.2.	• ¿Cómo se consideran los intentos para disminuir los trastornos ocasionados por el horario?					
2.10.3.	• ¿Se dan resultados negativos por el horario de trabajo? (Errores técnicos, accidentes, conflictos...)					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala }

Persona que evalúa cada respuesta • Jefe; X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO II$_3$: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO

CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: entorno del puesto **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
3.1.	**CANTIDAD Y CALIDAD DEL ESPACIO**					
3.1.1.	• ¿Es suficiente el espacio necesario para desplazamientos, cambios de posición, circulación y almacenamientos?					
3.1.2.	• ¿Son agradables los volúmenes y colores visibles en el entorno?					
3.1.3.	• ¿Se dan resultados negativos por insuficiencia de espacio? (Accidentes, fatiga excesiva, conflictos...)					
3.2.	**SEGURIDAD**					
3.2.1.	• ¿Es segura la adecuación de los espacios necesarios para la circulación y almacenaje?					
3.2.2.	• ¿Se han tomado medidas para reducir la granedad y frecuencia de los accidentes por este concepto?					
3.2.3.	• ¿Se dan resultados negativos por la inseguridad de los espacios periféricos? (Errores técnicos, accidentes...)					
3.3.	**HIGIENE**					
3.3.1.	• ¿Puede considerarse bueno el sistema de trabajo en la sección?					
3.3.2.	• ¿Se toman medidas para su mejora?					
3.3.3.	• ¿Se dan resultados negativos por una falta de higiene? (Enfermedades, accidentes, errores, conflictos...)					
3.4.	**RUIDO Y VIBRACIONES**					
3.4.1.	• ¿Se dan molestias acústicas?					
3.4.2.	• ¿Se evalúa la importancia del ruido? (Mediciones)					
3.4.3.	• ¿Hay vigilancia médica del personal expuesto?					
3.5.	**ILUMINACIÓN**					
3.5.1.	• ¿Puede considerarse buena teniendo en cuenta el volumen, la orientación y el color?					
3.5.2.	• ¿Se evalúa (medición) el nivel de iluminación?					
3.5.3.	• ¿Se dan resultados negativos por condiciones de iluminación defectuosas? (Accidentes, errores, conflictos...)					
3.6.	**AMBIENTE TÉRMICO**					
3.6.1.	• ¿Puede considerarse bueno el ambiente térmico, teniendo en cuenta las tareas a realizar?					
3.6.2.	• ¿Se evalúa (medición) el ambiente térmico?					
3.6.3.	• ¿Se dan resultados negativos por un ambiente térmico defectuoso? (Errores, accidentes, fatiga, conflictos...)					

(Continúa)

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } (**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Persona que evalúa cada respuesta • Jefe; X Trabajador

Área investigada: entorno del puesto *(Continuación)*

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
3.7.	**ESPACIOS SOCIALES**					
3.7.1.	• ¿Pueden considerarse buenos los espacios sociales? (Volúmenes personales, zonas de descanso, comedores...)					
3.7.2.	• ¿Se dan conflictos interpersonales relacionados con locales sociales insuficientes?					
3.8.	**LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA**					
3.8.1.	• ¿Puede considerarse correcta su ubicación teniendo en cuenta las comunicaciones y relaciones con otras secciones?					
3.8.2.	• ¿Se dan resultados negativos por una incorrecta ubicación de los trabajadores? (Conflictos abiertos o encubiertos?					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala }

Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO II4: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO

CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: distribución del trabajo **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
4.1.	**CONOCIMIENTO DE LAS FUNCIONES Y TAREAS**					
4.1.1.	• ¿Es clara la manera de definir las funciones y tareas de cada uno?					
4.1.2.	• ¿El responsable de la sección dispone de documentos escritos donde constan las atribuciones de los subordinados?					
4.1.3.	• ¿Es preciso el conocimiento de las características de cada puesto y el perfil personal que le corresponde?					
4.2.	**ASIGNACIÓN DEL PERSONAL**					
4.2.1.	• ¿La asignación de los trabajadores a los puestos es resultado de adecuar aptitudes y exigencias del puesto?					
4.2.2.	• ¿Intervienen los interesados en las decisiones de cambio de puesto?					
4.2.3.	• ¿Se dan resultados negativos por una inadecuada asignación de personal? (Accidentes, errores, conflictos...)					
4.3.	**INFORMACIÓN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO**					
4.3.1.	• ¿Cada uno conoce exactamente lo que debe hacer?					
4.3.2.	• ¿Cada uno conoce lo que hacen los compañeros próximos?					
4.3.3.	• ¿Son frecuentes los conflictos de asignación? (quién realiza la tarea)					
4.4.	**CONSIGNAS DE TAREAS**					
4.4.1.	• ¿Son claras y precisas las consignas de ejecución? (Órdenes, planos, guías de procedimiento...)					
4.4.2.	• ¿El responsable de la sección organiza las reuniones necesarias para coordinar personas y equipos?					
4.4.3.	• ¿Se dan resultados negativos por una deficiente calidad de las consignas? (Accidentes, errores, conflictos...)					
4.5.	**MÉTODO DE ASIGNACIÓN DE TAREAS**					
4.5.1.	• ¿Se asignan las tareas a las personas según un programa conocido por los interesados?					
4.5.2.	• ¿El responsable, cuando es posible la elección, pide la opinión de los interesados al asignar tareas?					
4.5.3.	• ¿Se dan resultados negativos por una forma incorrecta de asignación de tareas? (Errores, accidentes, conflictos...)					
4.6.	**EQUILIBRIO ENTRE LAS FUNCIONES**					
4.6.1.	• ¿Hay tendencia a que unas tareas o puestos dominen a otros por tomarse ahí la mayoría de las decisiones?					
4.6.2.	• ¿Puede considerarse equitativo el reparto de medios (humanos y materiales) entre las diversas funciones?					
4.6.3.	• ¿Se dan resultados negativos por un desequilibrio en el peso de las funciones (errores, accidentes, conflictos...)					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala }

Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO II$_5$: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO
CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: ejecución de tareas **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
5.1.	**INFORMACIÓN DEL TRABAJADOR**					
5.1.1.	• ¿Se informa con anterioridad al trabajador sobre su programa de trabajo?					
5.1.2.	• ¿Sabe el trabajador para qué sirve su trabajo en el conjunto final?					
5.1.3.	• ¿Se hacen reuniones para informar, fijar objetivos y repartir tareas?					
5.2.	**ADECUACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO**					
5.2.1.	• ¿La organización permite la asignación de puestos o tareas para obtener condiciones óptimas de ejecución?					
5.2.2.	• ¿Cuando una tarea debe realizarse por un puesto no previsto, se corrigen las normas de seguridad en función de las nuevas condiciones?					
5.2.3.	• ¿Tiene posibilidad el trabajador para adaptarse a su puesto?					
5.3.	**ELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO**					
5.3.1.	• ¿Los métodos de trabajo son definidos por personas exteriores a la sección y de forma unilateral?					
5.3.2.	• ¿Participan los trabajadores en la elección de los métodos de trabajo, como mínimo en forma de consulta?					
5.3.3.	• ¿Se dan resultados negativos por inadaptación de métodos de trabajo? (Errores, accidentes, conflictos...)					
5.4.	**ADECUACIÓN DE CONSIGNAS DE TRABAJO**					
5.4.1.	• ¿Las consignas de trabajo son suficientemente claras y precisas para permitir la ejecución correcta de la tarea?					
5.4.2.	• ¿Están siempre al día los planes y normas?					
5.4.3.	• ¿Se dan resultados negativos por fallos de consignas? (Errores, accidentes, conflictos...)					
5. .	**PREPARACIÓN MATERIAL**					
5.5.1.	• ¿Puede considerarse buena la preparación material del trabajo? (Utillajes, consignas, aprovisionamientos...)					
5.5.2.	• ¿Es suficiente para la prepación los medios materiales y humanos?					
5.5.3.	• ¿Se dan resultados negativos por deficiencias en preparación material? (Errores, accidentes, conflictos...)					

(Continúa)

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } (**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

Área investigada: ejecución de tareas *(Continuación)*

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
5.6.	**ALTERACIONES EN LA EJECUCIÓN**					
5.6.1.	• ¿Se interrumpe el trabajo para realizar otros trabajos urgentes?					
5.6.2.	• ¿Se interrumpe el trabajo por averías o por falta de aprovisionamiento?					
5.6.3.	• ¿Se dan resultados negativos por alteraciones de los trabajos? (Errores, accidentes, conflictos...)					
5.7.	**ASISTENCIA TÉCNICA**					
5.7.1.	• ¿El personal de mando asesora y forma a los trabajadores o da órdenes y se preocupa por la disciplina?					
5.7.2.	• ¿Pueden los trabajadores obtener asistencia técnica necesaria en el plazo deseado, en caso de necesidad?					
5.7.3.	• ¿Si el jefe solicita ayuda excepcional a una persona o al grupo, puede contar con respuesta favorable?					
5.8.	**CONTROL DE LOS RESULTADOS**					
5.8.1.	• ¿Las normas y objetivos se determinan con la participación de los trabajadores o sin ella?					
5.8.2.	• ¿Tiene posibilidad el trabajador de controlar sus acciones, de manera más o menos directa?					
5.8.3.	• ¿Se dan conflictos por la manera como se controlan los resultados?					
5.9.	**SISTEMA DE REMUNERACIÓN**					
5.9.1.	• ¿Puede considerarse equitativo o inaceptable el sistema de remuneración (fórmula de cálculo y normas)?					
5.9.2.	• ¿La fórmula de remuneración permite calcular las ganancias en cualquier momento?					
5.9.3.	• ¿Se dan resultados negativos por el sistema de remuneración? (Errores, accidentes, conflictos...)					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante } Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO II6: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO
CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: evaluación y promoción del personal **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
6.1.	**FINALIDAD DE LA EVALUACIÓN DEL PERSONAL**					
6.1.1.	• ¿El trabajo da lugar a una evaluación formal?					
6.1.2.	• ¿La finalidad de la evaluación es conocida por todos? (Anotaciones, clasificación, promoción...)					
6.1.3.	• ¿La evaluación da lugar a conflictos personales o jerárquicos?					
6.2.	**MÉTODOS DE EVALUACIÓN**					
6.2.1.	• ¿Conocen los interesados los métodos utilizados para evaluar al personal?					
6.2.2.	• ¿Han intervenido en la elaboración de los métodos de evaluación los representantes de los trabajadores o interesados?					
6.2.3.	• ¿Se realiza la evaluación del trabajo personal de forma programada y con fichas individuales?					
6.3.	**RESPONSABILIDAD DE LA EVALUACIÓN**					
6.3.1.	• ¿Cree que la persona responsable de la evaluación es la más adecuada?					
6.3.2.	• ¿La evaluación del trabajo provoca discusiones con el interesado?					
6.4.	**CONSECUENCIAS DE LA EVALUACIÓN**					
6.4.1.	• ¿Cree que la evaluación del trabajo personal tiene como objetivo primordial establecer justicia remunerativa?					
6.4.2.	• ¿Cree que la evaluación del trabajo personal tiene como objetivo principal reconocer métodos y estimular salarios?					
6.4.3.	• ¿Cree que la evaluación personal sirve esencialmente para manipular a los individuos y aumentar las diferencias y conflictos?					
6.5.	**ACTITUD RESPECTO A LA FORMACIÓN PERMANENTE**					
6.5.1.	• ¿El personal es fomentado respecto a la formación, se le deja a su elección o no se le fomenta?					
6.5.2.	• ¿Es la formación permanente un medio para desarrollar potencialidades y aptitudes del personal?					
6.5.3.	• ¿Se utiliza la formación permanente como medio de recompensa individual o de sanción?					

(Continúa)

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } (**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

Área investigada: evaluación y promoción del personal *(Continuación)*

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
6.6.	**PROMOCIÓN**					
6.6.1.	• ¿Se comunica, al tiempo que al exterior, a los miembros de la empresa, que se va a cubrir un puesto de responsabilidad?					
6.6.2.	• ¿Las oportunidades para personas del interior son las mismas que para las del exterior?					
6.6.3.	• ¿Suele contratarse a personas del exterior para cubrir un puesto de responsabilidad?					
6.7.	**GESTIÓN DEL PERSONAL**					
6.7.1.	• ¿Por las consecuencias prácticas del sistema de evaluación y promoción, se cree que la gestión de personal interesa a la empresa?					
6.7.2.	• ¿Cree que existe contradicción con la política que anunció a los responsables de la empresa?					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO II-: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO
CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: relaciones sociales **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
7.1.	**SOLIDARIDAD DE INTERESADOS CON LA EMPRESA**					
7.1.1.	• ¿Cree que el personal establece una relación entre los intereses comerciales-financieros y la seguridad en empleo?					
7.1.2.	• ¿Cree que el personal considera que la situación comercial-financiera de la empresa es buena?					
7.1.3.	• ¿Cree que el personal se pregunta sobre las mejoras que podrían surgir en la empresa próximamente?					
7.2.	**INFORMACIÓN**					
7.2.1.	• ¿Considera suficiente la información que se da al personal sobre la marcha de la empresa?					
7.2.2.	• ¿Considera que la información que recibe el personal sobre la marcha de la empresa se basa en «macutazos»?					
7.2.3.	• ¿Cree que la imagen que tiene el personal sobre la información de la empresa es clara?					
7.3.	**LIBERTAD DE EXPRESIÓN**					
7.3.1.	• ¿Cree que las divergencias con el jefe en puntos de vista son escuchadas y tenidas en cuenta o no pueden expresarse?					
7.3.2.	• Otros aspectos:					
7.4.	**DERECHO AL ERROR**					
7.4.1.	• ¿Piensa que los errores técnicos o de comportamiento van seguidos de un análisis objetivo previo o se traducen directamente en amonestación o sanción?					
7.4.2.	Otros aspectos:					
7.5.	**SOLIDARIDAD ENTRE COMPAÑEROS**					
7.5.1.	• ¿Cree que las personas con dificultades reciben ayuda de sus compañeros?					
7.5.2.	• ¿Cree que las personas con dificultades graves pueden confiar en su jefe?					
7.6.	**SISTEMA DE ESTÍMULO Y SANCIÓN**					
7.6.1.	• ¿Cree que el sistema de estímulo está basado en el trabajo bien hecho, en ventajas materiales o en el temor a las sanciones?					
7.6.2.	• ¿Piensa que las sanciones importantes son escasas o poco frecuentes?					
7.6.3.	• ¿Piensa que para el mismo error se adcpta la misma sanción, con independencia de la persona?					

(Continúa)

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } (**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

Área investigada: relaciones sociales *(Continuación)*

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
7.7.	**EVOLUCIÓN DE LOS PROFESIONALES**					
7.7.1.	• ¿Cree que todos se pueden beneficiar de cambios y ayudas para su perfeccionamiento personal?					
7.7.2.	• ¿Cree que los cambios estructurales y tecnológicos de la empresa llevan siempre parejo acciones de reconversión en las personas implicadas?					
7.7.3.	• ¿Piensa que, en caso de dificultades por la edad, salud o situación familiar, la empresa opta por una recodificación o adaptación del interesado?					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO IIs: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO
CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: individuos y grupos **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
8.1.	**GRADO DE AUTONOMÍA**					
8.1.1.	• ¿Cree que por las normas de trabajo se da más importancia a la manera de realizarlo o al resultado?					
8.1.2.	• ¿Cuando es posible, la distribución de tareas la hace el jefe conjuntamente con los trabajadores o sin tener en cuenta sus preferencias?					
8.1.3.	• ¿Cree que los trabajadores consideran que pueden participar directamente en la organización de su trabajo?					
8.2.	**PARTICIPACIÓN EN LAS DECISIONES**					
8.2.1.	• ¿Piensa que las decisiones se toman por decisión democrática, adaptándose al interés del grupo, o es el jefe quien decide sin consultar?					
8.2.2.	• ¿Cree que hay razones para pensar que el personal prefiere participar o recibir órdenes?					
8.3.	**IMPORTANCIA DEL GRUPO**					
8.3.1.	• ¿Cree que el comportamiento de las personas en el grupo es el de reflexionar antes de intervenir y desarrollar iniciativas individuales y de grupo o bien se caracteriza por complacer al jefe?					
8.3.2.	• ¿Piensa que el comportamiento de los miembros del grupo se caracteriza por una buena relación y colaboración y estar unidos o no quieren saber nada de colaboración e integración?					
8.3.3.	• ¿Cree que los trabajadores estarían dispuestos a renunciar a una promoción personal por no dejar al grupo?					
8.4.	**PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES**					
8.4.1.	• ¿Existe acuerdo en la empresa en relación a lo que la ley establece sobre la participación de los trabajadores?					
8.4.2.	• ¿Una participación sindical se considera como un derecho normal o como un inconveniente para su carrera?					
8.4.3.	• ¿Si un individuo es «distinto» por manifestar su personalidad (opiniones, presentación física...) es aceptado o rechazado?					

(Continúa)

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } (**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

Área investigada: individuos y grupos *(Continuación)*

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
8.5.	**INTEGRACIÓN DE LOS INDIVIDUOS**					
8.5.1.	• ¿Cree que el «espíritu de equipo» se crea y desarrolla por la práctica de un trabajo bien hecho, por actividades extralaborales o por comparación de resultados (competición)?					
8.5.2.	• ¿Piensa que *a priori* al individuo nuevo se le considera como portador de nuevos valores a considerar o al que hay que dedicar un esfuerzo para adaptarlo?					
8.5.3.	• ¿Cree que entre las tareas del jefe está facilitar el desarrollo de la carrera y personalidad de los individuos?					
8.6.	**CONFLICTOS INTERPERSONALES**					
8.6.1.	• ¿Los conflictos entre personas son inexistentes o habituales?					
8.6.2.	• ¿Los conflictos entre personas se manifiestan de manera clara o no se manifiestan?					
8.6.3.	• ¿Cuando se dan conflictos entre personas el jefe suele confrontar los puntos de vista para encontrar una solución o los ignora?					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala } Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante }

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO II9: ENCUESTA SOBRE EL TERRENO

CUESTIONARIO GUÍA

Sección: .....

Área investigada: estilo de mando **Fecha:** .....

CÓD.	PREGUNTAS	(*) EVAL. GLOBAL	RESPUESTAS EVALUACIÓN			(**) PESO
			BUENA	REGU.	MALA	
9.1.	**DISTRIBUCIÓN DE PAPELES**					
9.1.1.	• ¿Cree que el reparto de papeles está definido en el sentido de que unos cobran por pensar y mandar y otros por producir?					
9.1.2.	• ¿Piensa que, aunque a veces se den conflictos serios, suele existir buena cooperación mandos-productores?					
9.2.	**ESTILO DE RELACIONES INTER-GRUPOS**					
9.2.1.	• ¿Las relaciones entre grupos se dan solamente entre jefes y los trabajadores se limitan a estrictos intercambios de material e información o también se da entre trabajadores las relaciones?					
9.2.2.	• ¿Cree que la coordinación entre grupos para problemas de interés general se realiza entre los jefes y que los problemas de gestión normal o acuerdos son resueltos entre miembros seleccionados de cada grupo dando después cuenta a sus jefes?					
9.2.3.	• ¿Piensa que las reuniones de coordinación se consideran como un método normal de trabajo o una pérdida de tiempo?					
9.3.	**RELACIONES CON EL EXTERIOR**					
9.3.1.	• ¿Cree que las relaciones con el exterior de la empresa se caracterizan por relaciones de compañerismo, de desconfianza o de aprovechar cualquier circunstancia para sacar el máximo provecho?					
9.3.2.	• ¿Piensa que para su jefe es importante la imagen que presenta la empresa ante los interlocutores exteriores?					
9.3.3.	• ¿Piensa que existen frecuentes conflictos entre su sección y las relaciones con el exterior?					
9.4.	**CONFLICTOS FUNCIONALES**					
9.4.1.	• ¿Cree que los jefes consideran que los conflictos entre secciones son inevitables o lamentables?					
9.4.2.	• ¿Cree que los jefes consideran que los conflictos se deben aclarar y solucionar o ser ignorados?					
9.4.3.	• ¿Piensa que los conflictos entre jefes no repercuten en los subordinados o sí?					

(*) Evaluación global { B = Buena; R = Regular; M = Mala

(**) Peso de cada respuesta { 0 = Nada importante; 1 = Poco importante; 2 = Bastante importante; 3 = Muy importante

Persona que evalúa cada respuesta • Jefe X Trabajador

Evaluación global final (Tachar lo que no proceda)

Buena	Media	Mala

ANEXO III: VALORACIÓN DE LOS INDICADORES

CÓD.	ÁREA INVESTIGADA	PESO	EVALUACIÓN			
			GLOBAL	BUENA	REGU.	MALA
1	**CONTENIDO DE TRABAJO**					
	1.1. Material de trabajo 1.2. Adecuacion de herramientas 1.3. Distribución de tareas 1.4. Viabilidad del trabajo 1.5. Nivel de calidad requerido 1.6. Utilidad social y prestigio del producto					
2	**PUESTO DE TRABAJO**					
	2.1. Esfuerzos dinámicos 2.2. Esfuerzos estáticos 2.3. Rapidez de ejecución 2.4. Nivel de atención 2.5. Grado de iniciativa 2.6. Seguridad 2.7. Organización 2.8. Remuneración 2.9. Status del puesto 2.10. Tiempo de trabajo					
3	**ENTORNO DEL PUESTO**					
	3.1. Cantidad y calidad del espacio 3.2. Seguridad 3.3. Higiene 3.4. Ruido y vibraciones 3.5. Iluminación 3.6. Ambiente térmico 3.7. Espacios sociales 3.8. Localización y ubicación geográfica					
4	**DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO**					
	4.1. Conocimiento de las funciones y las tareas 4.2. Asignación del personal 4.3. Información sobre la distribución de trabajo 4.4. Consignas de tareas 4.5. Método de asignación de tareas 4.6. Equilibrio entre las funciones					
5	**EJECUCIÓN DE TAREAS**					
	5.1. Información del trabajador 5.2. Adecuación del puesto de trabajo 5.3. Elección del método de trabajo 5.4. Adecuación de consignas de trabajo 5.5. Preparación material 5.6. Alteraciones en la ejecución 5.7. Asistencia técnica 5.8. Control de los resultados 5.9. Sistema de remuneración					
6	**EVALUACIÓN Y PROMOCIÓN DEL PERSONAL**					
	6.1. Finalidad de la evaluación del personal 6.2. Método de evaluación 6.3. Responsabilidad de la evaluación 6.4. Consecuencias de la evaluación 6.5. Actitud respecto a la formación permanente 6.6. Promoción 6.7. Gestión del personal a largo plazo					

(Continúa)

ANEXO III: VALORACIÓN DE LOS INDICADORES *(Continuación)*

CÓD.	ÁREA INVESTIGADA	PESO	EVALUACIÓN			
			GLOBAL	BUENA	REGU.	MALA
7	**RELACIONES SOCIALES**					
	7.1. Solidaridad de los interesados con la empresa 7.2. Información 7.3. Libertad de expresión 7.4. Derecho al error. 7.5. Solidaridad entre compañeros 7.6. Sistema de estímulo y sanción 7.7. Evolución de los «profesionales»					
8	**INDIVIDUOS Y GRUPOS**					
	8.1. Grado de autonomía 8.2. Participación en las decisiones 8.3. Importancia del grupo 8.4. Participación de los trabajadores 8.5. Integración de los individuos 8.6. Conflictos interpersonales					
9	**ESTILO DE MANDO**					
	9.1. Distribución de papeles 9.2. Estilo de relaciones inter-grupos 9.3. Relaciones con el exterior 9.4. Conflictos funcionales					

ANEXO IV: EVALUACIÓN GLOBAL
SÍNTESIS DE PUNTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS

Fecha: .....

ÁREA INVESTIGADA	EVALUACIÓN GLOBAL			PRINCIPALES PROBLEMAS RESUELTOS	PRINCIPALES PROBLEMAS NO RESUELTOS
	BUENA	MEDIA	MALA	PUNTOS POSITIVOS	PUNTOS NEGATIVOS
1. Contenido del trabajo Peso:	○ □	○ □	○ □		
2. Puesto de trabajo Peso:	○ □	○ □	○ □		
3. Entorno del puesto Peso:	○ □	○ □	○ □		
4. Distribución del trabajo Peso:	○ □	○ □	○ □		
5. Ejecución de tareas Peso:	○ □	○ □	○ □		
6. Evaluación-promoción del personal Peso:	○ □	○ □	○ □		
7. Relaciones sociales Peso:	○ □	○ □	○ □		
8. Individuos y grupos Peso:	○ □	○ □	○ □		
9. Estilo de mando Peso:	○ □	○ □	○ □		

Peso: 0: Nada importante
1: Poco importante
2: Bastante importante
3: Muy importante

○ Jefe
□ Trabajadores (comparar perfiles)

2 Método MAPFRE

Criterios de valoración de los factores ergonómicos

El presente manual para el análisis ergonómico por puestos de trabajo tiene como finalidad exponer los criterios de evaluación de los factores referidos en el cuestionario empleado en este estudio.

Este procedimiento pretende ser una valoración ergonómica simplificada, de manera que, a partir de este tipo de análisis general, en aquellos puestos o tareas donde se detecten algunas condiciones críticas se pueda abordar una metodología más intensiva sobre aspectos más concretos (diseños específicos, programas o instrucciones de trabajo, etc.).

El cuestionario consta de tres partes diferenciadas: descriptiva, evaluativa y correctiva.

En la parte *descriptiva* se indican los datos más significativos del puesto, denominaciones de las máquinas, los equipos y los materiales empleados, así como una breve descripción de las tareas.

En la primera hoja frontal se incluye el perfil profesiográfico de la evaluación, con cinco grados o niveles para cada factor. El nivel 1 supone unas condiciones muy favorables y el grado 5 unas condiciones que es preciso o recomendable corregir/mejorar. El nivel 3 se ha definido como el «Nivel de acción», esto es, corresponde a una situación aceptable, legal o técnicamente, pero a partir de la cual sería recomendable introducir alguna mejora o corrección.

En cada uno de los factores también se incluye una posible valoración del trabajador del puesto en cinco grados cualitativos: muy aceptable (++); aceptable (+); neutro (•); desfavorable (-), muy desfavorable (+).

En la parte *evaluativa,* los 15 factores considerados valoran los aspectos relativos a esfuerzos (físicos, sensoriales y mentales), factores psicosociológicos (iniciativa, comunicación, monotonía, turnos/horarios, etc.) y factores físico-ambientales (riesgos de accidentes, ruido, contaminantes, iluminación, etc.).

Para la determinación de los criterios de evaluación se han considerado las principales normas y disposiciones técnicas más prestigiosas en el análisis de las condiciones de trabajo, tales como:

- Método LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo Aix-en-Provence).
- RNUR (Régie Nationale des Usines Renault).
- ESFIOH (Sección Ergonómica del Instituto Finlandés de Salud Ocupacional).
- ANACT (Agencia Nacional para la Mejora de las Condiciones de Trabajo en Francia).
- TLVs de ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
- Normas ISO (International Standard Organization).
- Disposiciones legales españolas.
- Directivas y disposiciones de la Comunidad Económica Europea.

El tercer apartado está dedicado a las medidas *correctivas* o de *control.* En una ficha aparte se indican las proposiciones mínimas que debe incluir el puesto respecto a los factores analizados y sus posibles líneas de mejoramiento: técnicas, organizativas, administrativas o formativas. Las particularidades de cada puesto de trabajo pueden requerir la incorporación de documentos anexos específicos.

1. *Equipamiento. Disposición del espacio de trabajo*

1.a. Consideraciones previas

En este factor se analizan las características antropométricas del equipamiento básico y del entorno físico del trabajo, entre las que caben destacar:

- Datos antropométricos básicos (Anexo 1A).

- Definición de los planos de trabajo (Anexo 1B).
- Distancias visuales de trabajo (Anexo 1C).
- Disponibilidad de movimientos (accesos, espacio para las piernas, ausencia de obstáculos, etc.) (Anexo 1D).
- Características de las sillas y asientos (Anexo 1E).
- Características de los útiles y herramientas manuales: tamaño, pesos, agarres, posiciones de manejo, etc. (Anexo 1F).
- Características de otros equipos (disposición de palancas, mandos, ayudas mecánicas, etc. (Anexo 1G).

(Los anexos referidos serán generales o específicos, según los casos.)

1.b. Criterios de valoración

Para la definición de los grados de este factor se ha establecido una escala de puntuación, dependiendo de la cantidad de los items implicados:

Grupo 1. El puesto de trabajo reúne todas las recomendaciones o posibilidades de regulación para diferentes usuarios.

Grupo 2. El puesto reúne los principales requisitos que hacen compatibles las exigencias del trabajo con las necesidades biomecánicas básicas.

Grupo 3. El puesto de trabajo tiene algún punto o aspecto claramente mejorable que es conveniente corregir.

Grupo 4. El puesto de trabajo tiene varios puntos mejorables que es preciso corregir.

Grupo 5. El puesto de trabajo tiene varios puntos claramente deficientes y sería conveniente un rediseño o replanteamiento del mismo respecto a este factor.

2. *Carga física estática-postural*

2.a. Consideraciones previas

Este factor está íntimamente relacionado con las características de diseño y disposición del equipamiento y espacio de trabajo valorado en el factor anterior. Este factor considera la adecuada configuración del puesto,

junto con los principios de racionalización del trabajo, economía de movimientos y esfuerzos, y está orientado a mejorar la eficacia y prevenir las dolencias posturales.

La carga física se puede descomponer en carga estática y carga dinámica.

La carga estática está asociada a las posturas de trabajo y a la actividad isométrica de los músculos.

En muchas ocasiones la fatiga física está asociada no tanto a una gran actividad física como al mantenimiento de una postura forzada o invariante.

Las posturas de trabajo con muy poca movilidad corporal pueden ser más fatigantes que los esfuerzos dinámicos moderados, de ahí que el confort postural esté más en relación con las posibilidades de cambiar de postura que con una postura ideal definida, ya que cualquier postura a la larga se convierte en fatigante o intolerante.

En el diseño de los puestos de trabajo se debe posibilitar el cambio de postura y, de ser fija, se debe favorecer la de sentado.

En el Anexo 2A se adjunta el diagrama de decisión sobre la postura de trabajo tomado de la Régie Nationale des Usines Renault (RNUR).

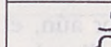
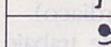
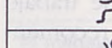
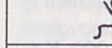
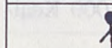
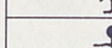
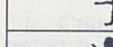
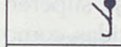
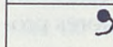
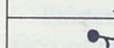
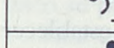
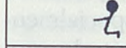
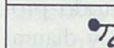
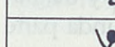
2.b. Criterios de valoración

Para la definición de los grados se ha adoptado la siguiente tabla de valoración de carga estática del método LEST.

Cuando existan varias posturas de trabajo establecidas, el grado o nivel resultante será la suma de los índices parciales.

(Los valores resultantes se ajustarán a los valores mínimo de 1 y máximo de 5, y los valores decimales resultantes iguales o superiores a 0,5 se redondearán hasta la unidad superior. Ejemplos: 0,5 = 1 [valor mínimo de valoración]; 5,5 = 5 [valor máximo de valoración]; 3,5 = 4 [redondeo].)

VALORACIÓN DE LA CARGA ESTÁTICA

P Postura principal	T Duración de la postura por hora (min/h.)				
	< 10'	10' a < 20'	20' a < 35'	35' a < 50'	≥ 50'
	0	0	0	0	0
	0,5	0,5	1	1,5	2,5
	1	2	4	5	5
	0	0	0,5	1	1,5
	0,5	1,5	2	3	3,5
	1	2	4	5	5
	0,5	1	2	3	3,5
	1	2	3	4,5	5
	1	2	3	4	5
	1	2,5	4	5	5
	1,5	3,5	4,5	5	5
	1	3	4	5	5
	1	2	2,5	4	5
	1,5	3,5	4,5	5	5

3. *Carga física dinámica*

3.a. Consideraciones previas

La carga dinámica se refiere a lo que se suele entender como actividad física y está íntimamente relacionada con el gasto energético, y, si bien las posturas de trabajo también suponen un gasto energético adicional, su aspecto más destacable está relacionado con los riesgos de lesión muscular por sobreesfuerzos.

En el presente apartado se han establecido dos índices relacionados con la carga física; por un lado el «índice de actividad metabólica», y por otro el «índice de riesgo de sobreesfuerzos». En el cuestionario se reflejará el mayor de los dos índices con las observaciones pertinentes.

Existen varios parámetros indicadores del gasto energético, como puede ser el calor producido en la metabolización de alimentos con el oxígeno respirado (metabolismo), la frecuencia cardíaca o, mejor aún, el incremento cardíaco respecto a la situación de reposo (costo cardíaco).

La mayoría de los diseños de actividades de los puestos de trabajo están calculados para que no se superen los siguientes valores recomendados por los métodos ergonómicos:

Gasto energético o metabolismo de trabajo: 250 Kcal/h = 2.000 Kcal/jornada.

Costo cardíaco: 40 latidos/minuto.

Capacidad física de trabajo: 30-40% (de la máxima).

Se asume que cuando en los períodos activos de trabajo se superen estos valores se deben intercalar las pausas necesarias (conocidas como factores de descanso, factores de fatiga, etc.) que reduzcan los valores promedio a dichos valores de referencias o similares.

El índice de riesgo por sobreesfuerzos es el indicador para establecer los posibles riesgos de lesión muscular por sobreesfuerzos, especialmente lumbar, durante el movimiento de cargas, se aplicará el método propuesto por NIOSH en 1981 basándose en la siguiente ecuación y diagramas del límite de acción de carga (LA) (ver en el Capítulo 3, segunda parte el NIOSH 1991).

LA = 40 (15/H) . (1 - 0,004 |v - 75| . (0,7 + 7,5/D) . (1 - F/Fmax) en kg.

H = separación horizontal cuerpo-centro del objeto (cm).

V = altura vertical de partida del objeto (cm).

D = distancia vertical desplazado (cm).

F = frecuencia media de manipulaciones por minuto.

Fmax = frecuencia máxima (Tabla 1).

TABLA 1: FRECUENCIAS MÁXIMAS

POSTURA / PERÍODO	De pie	Sentado
1 hora	18	15
8 horas	15	12

Ver también Anexo 3A: diagramas.

Anexo 3B: método simplificado.

VALORACIÓN ÍNDICE DE RIESGO DE SOBREESFUERZOS

	Grado				
	1	2	3	4	5
El manejo más desfavorable es	<3 Kg	< LA	<2 LA	<3 LA	>3 LA

3.b. Criterios de valoración

Como indicador de la actividad física se ha tomado el metabolismo total de trabajo.

Existen varios procedimientos adecuados. Para su procedimiento analítico se pueden aplicar las tablas de los Anexos 3C a 3I.

Para una valoración global se pueden aplicar los datos y ejemplos del siguiente cuadro, referidos en la norma ISO/DIS8996 «Ergonomía. Determinación del metabolismo energético». (Estos valores son coherentes con los correspondientes de la norma definitiva.)

Nivel de valoración	Valor del metabolismo total			Ejemplos
	Kcal/h	W	Met	
1	100 150	117 175	1,1-1,7	Sentado cómodamente: trabajo manual ligero (escribir, dibujar, PVD, contabilidad); inspección, montaje, clasificación de piezas pequeñas, conducción de vehículos ligeros. De pie: taladrado, montaje y fabricación de piezas pequeñas, desplazamientos ocasionales (velocidad hasta 3,4 km/h).
2	150 225	175 265	1,7 2,5	Trabajo continuado de manos y brazos, conducción de vehículos medios y pesados, carretillas elevadoras, manipulación discontinua de materiales moderadamente pesados, andar a una velocidad de 3,5-5,5 km/h.

Nivel de valoración	Valor del metabolismo total			Ejemplos
	Kcal/h	W	Met	
3	225 300	265 350	2,5 3,3	Trabajo continuado de manos, brazos y tronco, manejo de materiales pesados, trabajo pesado con herramientas manuales, serrar, limar, cincelar, segar a mano, andar a una velocidad de 5,5-6 km/h.
4	300 400	350 468	3,3 4,4	Trabajo continuado pesado de manos, brazos y tronco. Manejo de materiales pesados con desplazamientos, trabajo con herramientas pesadas, cavar, serrar a ritmo rápido. Andar a velocidades del orden de 6-7 km/h.
5	> 400	> 468	> 4,4	Actividad muy intensa a ritmo muy rápido, palear o cavar con intensidad, subir escaleras, rampas o escalas, correr, andar a una velocidad superior a 7 km/h.

4. *Carga sensorial*

4.a. Consideraciones previas

La carga sensorial, en ocasiones, se incluye dentro del amplio concepto de carga mental, y, dentro de este último factor, suele evaluarse el conjunto de esfuerzos perceptivos, cognoscitivos, mentales y en general todos los esfuerzos de base psíquica.

En este caso se ha considerado la sensomotricidad y la carga sensorial separadamente de la carga mental, teniendo en cuenta las muchas tareas en las que las funciones sensoriales (visuales, auditivas, etc.) son importantes o apremiantes, mientras que las operaciones mentales o intelectuales son muy escasas.

Este factor incluye la atención, en el sentido de disponibilidad sensorial u orientación electiva, a la recepción de señales e información procedente del medio de trabajo, que determina la evaluación situacional y la toma de decisiones.

La discriminación sensorial se refiere a la capacidad de recibir y seleccionar información del medio externo: reconocer formas, objetos, sonidos, matices, texturas, orientaciones, etc., que permitan efectuar discriminación de colores, distancias, tamaños, detalles, defectos, temperaturas, consistencia, etc.

Se deberá tener en cuenta la precisión discriminatoria, la frecuencia, la rapidez, la previsibilidad, redundancia y significación de las señales, las consecuencias de posibles inadvertencias y otras exigencias generales de las condiciones de trabajo.

En este factor habrá que tener en cuenta no solamente las altas solicitaciones del trabajo que pueden inducir a la sobrecarga, sino también la baja demanda, que puede derivar en hipovigilancia, subcargas sensoriales, monotonía, etc.

La coordinación sensomotriz es un factor que combina actividad física y sensorialidad. La destreza y las habilidades físicas son sus expresiones más comunes.

4.b. Criterios de evaluación

No existe un método, procedimiento o instrumentación de evaluación directa, sencilla y rápida de la carga sensorial.

Los procedimientos basados en las frecuencias críticas de fusión sensorial pueden corresponder a saturaciones o fatiga, tanto sensoriales como mentales, y en cualquier caso son difíciles de aplicar en los puestos de trabajo con un método de evaluación rápida.

Se propone alternativamente una escala comparativa.

Grado 1. Trabajos que requieran escasa atención sostenida y en los que las inadvertencias de señales puedan ser corregidas por otros medios, inexistencia de presión de velocidad y elevada redundancia de señales (luminosas, sonoras, olfativas, etc.).

Ejemplo: trabajos de accionamiento/parada, producción semiautomática en operaciones de baja velocidad y/o de forma intermitente.

Grado 2. Trabajos que requieran una atención difusa permanente con momentos críticos de atención sostenida, previsibles o fácilmente discernibles, como los controles o revisiones periódicas en momentos determinados del ciclo de trabajo.

Ejemplo: trabajos de montaje manual en serie o manejo de equipos de regulación periódica sin momentos críticos, clasificación de materiales, etc.

Grado 3. Trabajos que impliquen la atención periódica o intermitente de distintas variables, coincidiendo simultáneamente varias de ellas, de modo que la atención concentrada sobre algún aspecto del trabajo es permanente.

Ejemplo: trabajos de montaje manual con controles o regulaciones de variables físicas en pantallas, diales, señales acústicas, etc. Trabajos administrativos repetitivos, escribir a máquina, recepción frecuente de llamadas telefónicas por una sola línea.

Grado 4. Trabajos que impliquen una atención sostenida prácticamente permanente, con escasa previsibilidad sobre la aparición de señales críticas, sobre las que hay que actuar con rapidez y cuyas consecuencias pueden ser importantes.

Ejemplo: conducción de vehículos en áreas de intenso tráfico, controles permanentes de variables o factores críticos, piezas desechables, errores o defectos sobre proceso continuo, etc.

En este grado habrá que valorar las observaciones o controles permanentes, donde la previsibilidad de aparición de señales significativas sean aleatorias y muy bajas.

Grado 5. Trabajo de solicitación de la atención sostenida permanente y donde se puede producir conflicto por varias solicitaciones simultáneas y críticas a la vez.

Control de distintas variables en procesos continuos y rápidos o de alta velocidad donde pueden descontrolarse varias partes del proceso que requieran una intervención simultánea con alguna emergencia.

Ejemplo: cuadro de vigilancia y control de trefiladoras, rotativas de periódicos, máquinas textiles, líneas de embotellado, centralita telefónica con índice de llamadas superiores a 200 llamadas/día.

5. *Complejidad. Contenido del trabajo*

5.a. Consideraciones previas

Este factor es identificable con el de carga mental en el sentido operacional, si bien la carga mental suele ser la presión sobre las personas resultante de la complejidad y exigencias intelectuales de las tareas (memoria, asociación, juicio, decisión, etc.).

Como se ha señalado, no existe hasta la fecha un método fiable y preciso para la evaluación de la carga mental, incluyendo o no las cargas sensoriales.

La norma ISO 10075 denominada «Principios ergonómicos relacionados con la carga mental de trabajo. Términos generales y definiciones». Contempla bajo el término «mental» los procesos basados en la experiencia y la conducta humana que están relacionados con las funciones cognitivas, informacionales y emocionales del ser humano. El término «mental» se emplea en la medida en que los procesos que implican no pueden analizarse fácilmente por separado.

Como aproximaciones al fenómeno de la carga mental se pueden emplear parámetros fisiológicos (ritmo cardíaco, indicadores bioquímicos) o psicofisiológicos (frecuencia crítica de fusión, saturación por doble

tarea, etc.) o de valoración subjetiva (encuestas). En cualquier caso la carga mental aún no ha sido posible definirla operativamente.

En nuestro caso se ha asociado la carga mental al nivel de actividad psíquica que, basándose en los conocimientos previos, la memoria, los aprendizajes adquiridos y la motivación, permita la evaluación y resolución de problemas, incidencias y la toma de decisiones acertadas.

Este factor estaría íntimamente relacionado con la complejidad de las tareas, de modo que la necesidad de recordar datos, procedimientos, efectuar operaciones mentales inductivas, deductivas y matemáticas, semánticas, analógicas, etc., posibilite la conducta adecuada en orientación y momento.

Por ello, este factor se correlaciona con las exigencias de conocimientos, formación y experiencia y las presiones de tiempo del trabajo.

Al no existir una actividad mental «basal» igual a cero –el profesor Cazamian habla de «la actividad mental espontánea de la persona despierta»–, también puede producirse una fatiga por «subcarga» mental, especialmente en tareas repetitivas y monótonas con un nivel de activación mental demasiado bajo. Esto puede significar que, frente a algunas tareas, las personas, para mantenerse despiertas, precisen estar «distraídas» por sus propias elaboraciones mentales (recuerdos, ensoñaciones, etc.).

En dichos casos las distracciones deben preverse, pues, más que una falta o fallo de las personas ante las eventualidades sorpresivas, es una necesidad para mantenerse despiertas.

5.b. Criterios de evaluación

En este factor, como en el anterior, dadas las dificultades prácticas de adoptar indicadores fisiológicos, psicofisiológicos o subjetivos, se ha propuesto una escala comparativa con trabajos-tipo.

Grado 1. Trabajos planificados o en serie, donde no se presenten incidencias o, en su caso, éstas no deban ser resueltas por el titular del puesto.

Ejemplo: clasificar piezas con pocas variedades, manipular y transportar materiales por medios estandarizados (rodillos, cintas transportadoras, cadenas, etc.).

Grado 2. Trabajos que requieran la lectura o escritura de códigos estandarizados u otras magnitudes fácilmente observables o deducibles.

Ejemplo: ordenar y clasificar materiales diversos, con memorización de algunas referencias (denominaciones, códigos, cantidades).

Grado 3. Trabajos que requieran la lectura o escritura frecuente de textos, registro de parámetros físicos o resolución de un repertorio extenso de

incidencias, todas ellas previstas. Cálculos repetitivos con operaciones matemáticas elementales.

Ejemplo: montaje de componentes de equipos de serie bajo plano o esquema que requieran unas secuencias determinadas y que puedan presentar variaciones sobre un mismo modelo. Escribir a máquina un texto manuscrito. Cálculo de resultados en operaciones matemáticas repetitivas (sumas, restas, multiplicaciones y divisiones de cantidades).

Grado 4. Tareas sobre procedimientos no estandarizados, que presenten incidencias imprevisibles para las que sólo se conocen los procedimientos generales, y frecuentemente con una elevada presión de tiempos.

Ejemplos: trabajos de reparación de equipos nuevos con procedimientos generales de diagnóstico e intervención. Cálculo de operaciones, con distintas estrategias de análisis que precisan conocimientos previos muy amplios en un área determinada (electricidad, mecánica, química, contabilidad, organización, etc.).

Grado 5. Trabajos con equipos o procesos complejos donde se deben conocer las relaciones entre diversas partes del mismo (electrónicos, mecánicos, etc.).

Actuación bajo una elevada presión de tiempos casi continua para el diagnóstico de fallos y la adopción de una solución a los problemas.

Ejemplo: instalador de equipos muy especializados bajo planos y con verificadores de alta precisión. Frecuentemente precisa documentación o formación especializada obtenida fuera de la propia empresa. Redacción de informes no estandarizados sobre asuntos especializados en varios ámbitos simultáneamente.

En este factor los grados 4 y 5 no se consideran inadmisibles, sino que debe tratarse de facilitar el trabajo con análisis de incidencias, procedimientos detallados, etc.

6. *Autonomía y decisiones*

6.a. Antecedentes

Este factor está íntimamente relacionado con las posibilidades de iniciativa de las personas y el tipo de control ejercido sobre el trabajo (directo, indirecto, etc.).

Se entiende por *iniciativa* la capacidad para actuar o intervenir autónomamente a partir de la planificación normal del trabajo, lo que implica tomar decisiones basándose en los recursos existentes, para cumplir o mejorar el tiempo, la calidad del producto/servicio o las condiciones de trabajo.

Aunque la iniciativa es un factor de disposición personal, se debe valorar en qué medida es requerido por las características de las tareas, en función de la planificación, organización, aparición de incidencias, presión de tiempos, tareas enlazadas, etc.

Las solicitaciones de iniciativa en un puesto se correlacionan normalmente con el *status* profesional del mismo en la medida en que, junto con la formación y la experiencia, constituyen los factores de profesionalidad del mismo.

En este factor, en los niveles superiores 4 y 5, se pueden presentar las sobrecargas cualitativas; esto es, el posible desbordamiento de las capacidades personales por las demandas del trabajo, producidas normalmente por fallos en la organización, imprevisiones o falta de instrucciones específicas, cambios tecnológicos, etc.

6.b. Criterios de evaluación

Para la evaluación de este factor se ha definido la siguiente escala comparativa:

Grado 1. Trabajos que no precisan prácticamente de planificación o bien ésta está tan definida que se traduce en la ejecución de tareas donde para cada incidencia están definidas las formas de actuación y en donde los apoyos de los superiores se pueden obtener en cualquier momento.

Trabajos donde existe total autonomía en el orden de las operaciones y el ritmo de trabajo, y donde las consecuencias de los posibles errores son omisibles.

En ningún caso existe la posibilidad de «sobrecarga cualitativa» por no estar definido cómo intervenir ante las incidencias.

Grado 2. Trabajos planificados con instrucciones detalladas, en donde ocasionalmente es preciso decidir sobre pequeños detalles relacionados con las tareas o el control del propio proceso.

El ritmo de trabajo suele estar determinado, las incidencias son muy ocasionales y existe autonomía en el orden de las operaciones y variaciones en el ritmo de trabajo, cuyas alteraciones son subsanables desde el propio puesto y las consecuencias de los posibles errores son escasas o subsanables en la propia sección.

No es previsible que se produzca ninguna «sobrecarga cualitativa» por no estar previsto cómo actuar ante ciertas eventualidades, dada la inmediata posibilidad de consulta.

Grado 3. Trabajos donde es preciso definir el orden más adecuado de las operaciones que se van a realizar y donde únicamente se conozca previamente el procedimiento general.

Normalmente, ante las incidencias importantes tiene posibilidad de consulta, pero las derivadas de las tareas específicas tienen que ser definidas (necesidad de retoques, ajuste o reparación de la máquina, cambio en el orden de operaciones, etc.).

Sólo ocasionalmente puede producirse cierta «sobrecarga cualitativa» temporal al desconocer cómo intervenir ante una incidencia atípica y decidirse por la consulta jerárquica superior.

Los errores pueden ser detectados fuera de la sección pero raramente son de importancia.

Grado 4. Trabajos en donde para muchas operaciones no están definidos los procesos de trabajo. En ocasiones ante ciertas eventualidades e incidencias no es posible la consulta jerárquica superior, y los errores pueden tener unas consecuencias importantes con repercusiones en la sección.

La ausencia de algunos programas, métodos u organización puede producir periódicamente sobrecargas cualitativas, debido al desconocimiento de alternativas o al tener que tomar decisiones por ensayo y error o de tanteo.

Grado 5. Trabajos variados en donde no existen procedimientos definidos de trabajo. En la mayoría de las situaciones no es posible la consulta jerárquica superior para la resolución técnica de los problemas.

Los errores pueden tener unas consecuencias graves con repercusiones en toda la división.

La ausencia de programas, métodos y organización produce periódicamente situaciones que obligan a tomar decisiones de tanteo sobre aspectos importantes.

Se pueden producir sobrecargas cualitativas ante la carencia de recursos organizativos e instructivos de la empresa, o bien por presentar demandas de decisión individual a problemas de resolución interdisciplinaria o grupal.

7. *Monotonía y repetitividad*

7.a. Antecedentes

La *repetitividad* es una característica de las tareas, mientras que la monotonía es la vivencia subjetiva de dicha repetitividad. La monotonía puede ser diferente para personas distintas ante la misma tarea.

Se entiende por *monotonía* la ausencia de variedad de movimientos, ritmos, estímulos ambientales o de contenido de trabajo en la realización de las tareas.

La monotonía se correlaciona muy directamente con la producción en serie de ciclos cortos, con pocas incidencias y escasa variedad o gama de productos, y ausencia de rotaciones o polivalencias de las tareas.

La monotonía es una consecuencia de las «subcargas cualitativas» del trabajo, sensoriales, mentales, físicas y posturales, si bien pueden ir acompañadas de sobrecargas cuantitativas, de tiempo, velocidad, plazos, etc., en tareas muy parceladas o específicas; por ejemplo, envasado de paquetes, montaje de uno o pocos componentes similares, revisión de listados, etc.

7.b. Criterios de evaluación

Para la evaluación de este factor se ha elaborado un cuadro de doble entrada con la valoración fundamental de la duración media del ciclo de trabajo y el número de tareas u operaciones diferentes.

(En algunos casos pueden existir dificultades de atribución de los niveles a cada variable; por ejemplo, para un carretillero, un ciclo de trabajo sería lo que tarda en realizar un servicio de descarga o de aprovisionamiento, o bien, considerando la conducción como una única tarea, ayudar a cargar y descargar sería una tarea, la revisión diaria de la carretilla sería otra, la confección de partes de trabajo otra, etc.)

En este contexto, un puesto de trabajo puede tener atribuido una o varias tareas diferentes o similares, pero dentro de una unidad funcional o jerárquica. Por ejemplo, administrativo, mecánico ajustador, conductor de máquina, etc.

A su vez, se define como *tarea* el conjunto de operaciones que tiene una unidad interna respecto a un objetivo de trabajo; por ejemplo, descargar, escribir a máquina, atender llamadas telefónicas, montar un componente, conducir un vehículo, reparar un componente o avería, etc.

También cualquier operación puede subdividirse en una serie de movimientos más o menos numerosos o complejos. En esta valoración se considera pertinente el número de operaciones diferentes dentro de las tareas (una o varias) atribuidas al puesto de trabajo.

		Número de operaciones diferentes por ciclo		
		Hasta 2	De 3 a 10	Superior a 10
Duración media del ciclo de trabajo	Inferior a 3 min.	5	5	4
	De 3 a 10 min.	4	4	3
	De 10 a 30 min.	3	3	2
	Superior a 30 min.	2	2	1

8. *Comunicación y relaciones sociales*

8.a. Consideraciones previas

Bajo este factor se pretende valorar el grado de interacción social en las comunicaciones de índole personal que exige o posibilita el trabajo, considerando que tanto la continua comunicación (por ejemplo, trabajo cara al público) como el aislamiento físico y comunicacional son normalmente fuente de estrés e insatisfacción, aunque en este factor se analizan principalmente las limitaciones a la comunicación, más que sus excesos.

Se valorarán tanto las restricciones de comunicación verbal horizontal (entre compañeros o pares) como la vertical (mandos y subordinados), así como las fuentes de las limitaciones: aislamiento físico del puesto, grandes distancias, ruido, características de las tareas, instrucciones de los mandos, etc.

8.b. Criterios de valoración

Para la valoración de este factor se ha propuesto una escala comparativa con los siguientes grados:

Grado 1. Existe posibilidad de comunicación verbal fluida y frecuente, sin ninguna restricción por parte de la empresa, con periódicas conversaciones con jefes, subordinados y compañeros, y un elevado nivel de privacidad si es necesario.

Grado 2. Existen posibilidades de comunicación verbal frecuente con algunas restricciones impuestas por las separaciones, el nivel de ruido o las características de las tareas que impiden un alto nivel de privacidad sobre los temas hablados.

Grado 3. Existen posibilidades de comunicación verbal periódica, pero, en momentos o en determinadas fases del trabajo, hay considerables barreras o limitaciones físicas (distancias, nivel de ruido, tipo de tareas, etc.) que perturban o restringen la comunicación.

Grado 4. La comunicación verbal está muy limitada a los períodos de reunión en los descansos, o para tratar incidencias severas del trabajo, donde la comunicación particular y privada durante el trabajo es prácticamente inexistente o imposible.

Grado 5. La comunicación verbal es prácticamente inexistente durante el trabajo, salvo en casos de incidencias graves, sin contacto visual con otros compañeros, y/o el grado de aislamiento físico del resto de las personas es prácticamente total.

9. *Turnos/horarios. Pausas (tiempo de trabajo)*

9.a. Consideraciones previas

La organización del tiempo de trabajo es uno de los factores más importantes que pueden influir directamente sobre la cantidad/calidad del trabajo y la fatiga del trabajador, e incluso condiciona la vida privada (turnos, rotaciones de turnos, horarios, disponibilidad para desplazamientos al exterior, etc.).

A su vez, algunos aspectos básicos de este factor están determinados en otros ámbitos (número total de horas trabajadas, distribución del calendario, etc.) y sobrepasan las posibilidades de articulación ergonómica, si bien quedan otros muchos aspectos que pueden analizarse y mejorarse (distribución de las pausas, estructuras de los horarios, etc.).

A la hora de definir la mejor organización del tiempo de trabajo, es evidente que no pueden establecerse pautas fijas; por ejemplo, hay quien personalmente puede preferir el horario fijo y nocturno sobre los demás, o el tiempo de descanso concentrado al poco tiempo de comenzar el trabajo, si bien no sería lo más común.

En cualquier caso, las mejores distribuciones serían las optativas o autoadministradas, si bien en la práctica estas opciones son sólo posibles en ciertas partes flexibles de los horarios, algunas pausas o en la elección del período de vacaciones.

9.b. Criterios de evaluación

Para la evaluación de este factor se ha propuesto una suma de valoraciones basado en el método LEST y P. Dubois, considerando el tipo de horario y relaciones del tiempo con la organización del trabajo.

La puntuación final es la media de los valores totales obtenidos en cada tabla (puntuación de Tabla 9a y total de Tabla 9b).

TABLA 9a

Horario de trabajo	
Tipo	**Grado**
Normal, flexible opcional	1
Horario fijo diurno	2
Horario diario rotativo 2 x 8	3
Horarios a turnos rotativo 3 x 8 con descanso fines de semana	4
Horario a turno rotativo proceso «non-stop»	5

TABLA 9b

Tiempo y organización del trabajo (pausas, métodos)	
1. HORAS EXTRAORDINARIAS:	
– Imposibilidad de rechazo	1
– Posibilidad parcial de rechazo	0,5
– Posibilidad total de rechazo	0
2. RETRASOS HORARIOS:	
– Imposibilidad de retrasos	1
– Poca tolerancia	0,5
– Tolerancia de retrasos	0

TABLA 9b *(continuación)*

Tiempo y organización del trabajo (pausas, métodos)	
3. PAUSAS:	
– Imposibilidad de fijar duración y tiempos	1
– Posibilidad de fijar el momento	0,5
– Posibilidad de fijar momento y duración	0
4. TÉRMINO DEL TRABAJO:	
– Posibilidad de cesar el trabajo sólo a la hora prevista	1
– Posibilidad de acabar antes con obligación de permanencia en el lugar del trabajo	0,5
– Posibilidad de acabar antes y abandonar el lugar de trabajo	0
5. TIEMPO DE DESCANSO:	
– Imposibilidad de tomar descanso en caso de incidente	1
– Tiempo de descanso de media hora o menor	0,5
– Tiempo de descanso de más de media hora	0
TOTAL	

10. *Riesgo de accidentes*

10.a. Consideraciones previas

Se entiende por *riesgo de accidente* la posibilidad de sufrir algún daño físico como consecuencia de una acción o situación inesperada o imprevista. Para la calificación del riesgo se valorará conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo, con los siguientes criterios:

La gravedad de un accidente es baja cuando no causa baja laboral o ésta es inferior a una semana, sin ninguna secuela apreciable. Es media cuando causa baja laboral superior a un mes y puede dejar alguna incapacidad permanente no invalidante. Se considera alta cuando causa baja laboral superior a un mes o puede dejar alguna incapacidad permanente parcial o total.

El riesgo de accidente es bajo si el trabajador dispone de medios o procedimientos de seguridad para evitar los accidentes. Un accidente puede ocurrir con una frecuencia media superior a cinco años. Es medio si el trabajador puede evitar un accidente siguiendo instrucciones especiales o

estando bajo un estado de atención especial y permanente. Un accidente puede ocurrir con una frecuencia media superior a un año. Es alto si el trabajador puede evitar un accidente únicamente siguiendo instrucciones especiales y complejas de seguridad, estando bajo un estado de atención permanente. Un accidente puede ocurrir cada tres meses o menos.

10.b. Criterios de valoración

Para la valoración del riesgo de accidentes se considerará la interacción de la probabilidad del suceso por la severidad previsible más desfavorable, excluyendo los accidentes *in itinere,* y se tendrán en cuenta los antecedentes del puesto (incidentes, accidentes anteriores, etc.).

El siguiente cuadro resume los niveles de evaluación:

		Gravedad del accidente		
		Baja	**Media**	**Alta**
Riesgo de accidente	**Bajo**	1	2	3
	Medio	2	3	4
	Alto	3	4	5

11. *Contaminantes químicos*

11.a. Consideraciones previas

En este factor se valora el riesgo higiénico, derivado de la exposición profesional, a los posibles contaminantes químicos presentes durante el desempeño normal del trabajo.

Las exposiciones accidentales o intempestivas a los agentes químicos (salpicaduras, derrames, proyecciones, etc.) se valorarán en el apartado de riesgo de accidentes.

11.b. Criterios de valoración

Para la determinación de los grados se deberán efectuar evaluaciones higiénicas periódicas cuyos resultados se resumen en el cuadro correspondiente, con los siguientes criterios:

Grado 1. Cuando la concentración media de un agente o el efecto combinado de varios contaminantes son inferiores al 20 % del límite o valor admisible de exposición.

Grado 2. Cuando la concentración media o el efecto combinado están comprendidas entre el 20 % y el 50 % (nivel de acción).

Grado 3. Cuando la concentración media o el efecto combinado son inferiores al límite admisible de exposición y superiores al 50 %.

Grado 4. Cuando la concentración media o el efecto combinado superan el límite admisible de exposición y el control se efectúa por medio del empleo de sistemas de protección respiratoria, pero no es necesario el uso permanente (procesos intermitentes).

Grado 5. Cuando la concentración media o el efecto combinado superan el límite admisible y para el control es preciso el uso de protección respiratoria de modo permanente.

12. *Ruido y vibraciones*

12.a. Consideraciones previas

Para la valoración del ruido se cumplimentará el apartado correspondiente, a partir de las valoraciones higiénicas de la empresa. Asimismo se tendrán en cuenta los efectos extra-auditivos del ruido, como las interferencias en la comunicación, en la concentración mental u otras molestias.

En el caso de existencia de vibraciones significativas se empleará un cuestionario complementario según el tipo de vibración mano/brazo o todo el cuerpo, y se aplicarán los criterios al respecto de las normas ISO 5349 e ISO 2631 bajo los diferentes indicadores para «confort reducido», «eficacia disminuida» y «límites de exposición».

12.b. Criterios de valoración

La fijación de los grados de evaluación de ruido se efectuará con arreglo a los siguientes criterios:

Grado	Características de la exposición
1	Exposición o dosis media diaria inferior al 10 % (Leq < 80 dB[A]) del límite admisible. No existen perturbaciones extra-auditivas para el tipo de trabajo realizado (criterio WISNER).
2	Exposición o dosis media comprendida entre el 10 % y el 50 % (Leq = 80-87 dB[A]). No existen perturbaciones extraauditivas importantes, pero el confort acústico es prácticamente inexistente.
3	Exposición o dosis media comprendida entre el 50 % y el 100 % (Leq = 87-90 dB[A]). Pueden existir perturbaciones extra-auditivas ocasionales (incremento de la fatiga, dificultades de la comunicación verbal, etc.).
4	Exposición o dosis media superior al 100 % (Leq ≥ 90 dB[A]). Los ruidos de impacto son inferiores a 140 dB «pico». Existen normalmente perturbaciones extra-auditivas. El tiempo de empleo de material de protección personal es inferior al 80 %.
5	Exposición o dosis media superior al 100 % (Leq ≥ 90 dB[A]) y/o ruidos impulsivos/impacto superiores a 140 dB «pico». Existen importantes perturbaciones extra-auditivas. El control de exposición se efectúa por medio del empleo de protección auditiva durante todo el tiempo de trabajo o superior al 80 %.

13. *Condiciones térmicas*

13.a. Consideraciones previas

En este factor se valoran las condiciones medias de exposición al calor y al frío, así como a las posibles alternancias y contrastes significativos.

La valoración de este factor se efectuará cumplimentando el apartado 13 del cuestionario a partir de los datos de evaluación higiénica de la empresa.

El índice PMV (Predicted Mean Vote), basado en la norma ISO 7730, es un índice de valoración de la confortabilidad térmica; el índice WBGT (Wet Bulb Globe Thermometer), basado en la norma ISO 7243, es aplicable para la valoración del estrés térmico por calor y aplicable cuando el índice PMV se sitúa fuera de rango por exceso; la inconfortabilidad térmica es evidente y se trata de valorar el riesgo higiénico profesional.

Las condiciones térmicas suelen estar muy influenciadas por las variaciones climatológicas y estacionales (verano/invierno) y horarias (madrugada/mediodía), por lo que una evaluación técnica completa debe considerar las condiciones en diferentes turnos y en diferentes épocas.

Asimismo, un indicador orientativo de las condiciones de exposición es el gradiente interior-exterior, y temperatura de globo-temperatura seca; esto es, los incrementos que soporta el puesto de trabajo debido a las cargas térmicas y radiantes respecto a las condiciones en el exterior a la sombra.

En cualquier caso, las valoraciones se efectúan para las horas más desfavorables dentro de cada jornada de trabajo.

13.b. Criterios de evaluación

La fijación de los grados se efectuará con arreglo a los siguientes criterios:

Grado	Características de la exposición
1	Condiciones de confort térmico durante la mayor parte de la jornada de trabajo (PMV: -0,5 y 0,5) con posibilidades de regulación en caso necesario.
2	Condiciones de ligero disconfort térmico en gran parte de la jornada de trabajo (PMV: -1 y 1) con escasas o nulas posibilidades de regulación.
3	Condiciones manifiestamente inconfortables térmicamente durante la mayor parte de la jornada de trabajo (PMV: -2 y 2). Existencia de fuertes contrastes (salidas al exterior con ropa de lluvia o abrigo). El índice WBGT es inferior al 100 %.
4	Condiciones valorables por el índice WBGT. El índice WBGT es superior al 100 %, pero la exposición es discontinua, con períodos suficientes de recuperación y no es preciso el empleo de ropa de trabajo especial (aislante o reflectante al calor) para el control.
5	Condiciones cuyo índice WBGT es superior al 100 % y su control se efectúa por medio del empleo de material de protección (aislante) que hay que llevar la mayor parte del tiempo de trabajo, y/o establecimiento de pausas de recuperación muy controladas.

14. *Iluminación y ambiente cromático*

14.a. Consideraciones previas

En este factor se valoran principalmente las condiciones luminotécnicas en las que se desarrollan las tareas, en función de la minuciosidad y exigencias visuales de las mismas (contrastes, detalles, persistencias, etc.), pero también se pretende valorar el aspecto o impresión visual del puesto (sucio, gris, alegre, claro, diáfano, etc.). Dado que estos aspectos tienen una elevada carga subjetiva, únicamente se tendrán en cuenta cuando sean muy manifiestos.

14.b. Criterios de evaluación

Para la valoración de este factor se ha establecido una escala que relaciona los niveles de luz medidos con los valores recomendados, que, cuando no se indique de otro modo, corresponden a los establecidos en el artículo 28 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Grado	Condiciones luminotécnicas y ambiente cromático
1	Los niveles de iluminación son superiores a los niveles recomendados en todas las tareas. Existe iluminación natural, pero normalmente no existen luminancias excesivas o deslumbramientos directos o por reflexión, pudiendo en su caso evitarse fácilmente. La impresión visual del puesto es agradable y cromáticamente equilibrada.
2	Los niveles de iluminación son suficientes en relación con los niveles recomendados, pero es necesario el empleo de iluminación artificial durante la mayor parte de la jornada de trabajo, no existiendo elementos perturbadores muy destacables, salvo en ocasiones muy esporádicas y evitables.
3	Los niveles de iluminación son suficientes respecto a los niveles recomendados, pero se trabaja continuamente con iluminación artificial y en algunas tareas es preciso el empleo de iluminación auxiliar. Pueden existir desequilibrios, reflejos o deslumbramientos molestos, pero que no afectan en general al desarrollo del trabajo.
4	Los niveles de iluminación están comprendidos entre el 50 % y el 100 % de los límites establecidos, o existen cuatro deslumbramientos directos o por reflexión que interfieren durante la mayor parte de la jornada u obligan a adoptar medidas de evitación (cambio de postura, pantallas).
5	Los niveles de iluminación son inferiores al 50 % de los límites establecidos, o existen cinco deslumbramientos directos o por reflexión que no pueden prácticamente evitarse e interfieren el trabajo durante la mayor parte de la jornada laboral.

15. *Radiaciones y otros*

En este apartado se valora la exposición a las diferentes radiaciones y otros factores no recogidos en los apartados anteriores. Dados los diferentes aspectos posibles, la valoración en términos generales se efectuará bajo los siguientes criterios:

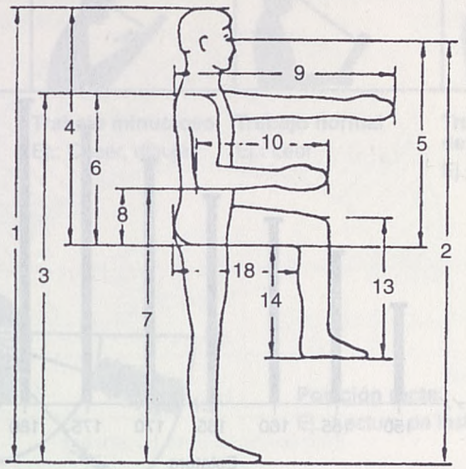
Grado	Criterio de valoración general Factores ambientales: radiaciones y otros
1	Exposición omisible inferior a los niveles de «persona expuesta» si están establecidos o inferior al 10 % de los límites establecidos por los criterios higiénicos aplicables.
2	Exposición evaluable, cuyos niveles o condiciones de exposición sean superiores al de «persona expuesta», si existen; pero, en cualquier caso, inferiores al 50 % de los límites establecidos por los criterios higiénicos aplicables.
3	Exposición significativa, pero cuyos niveles o condiciones de exposición sean inferiores a los límites establecidos, sin necesidad de empleo de ningún material de protección personal especial.
4	Exposición por encima de los límites admisibles, cuyo control requiere intermitentemente el empleo de elementos especiales de protección individual.
5	Exposición por encima de los límites admisibles para cuyo control se requiere el uso continuado de elementos especiales de protección individual.

ANEXOS AL MANUAL DEL MÉTODO MAPFRE

ANEXO 1_A: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

DATOS ANTROPOMÉTRICOS

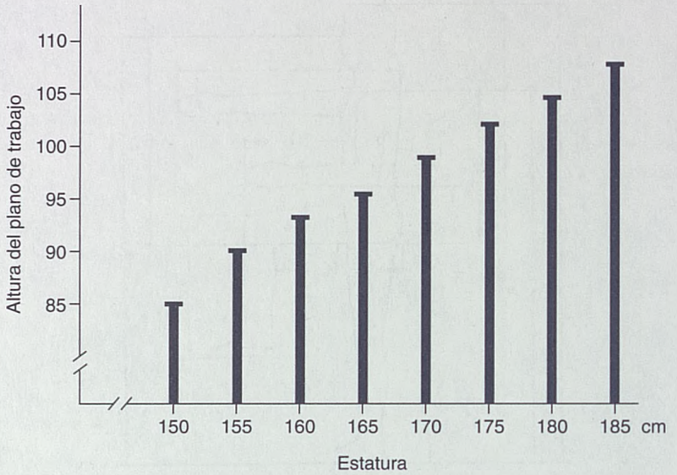
MEDIDAS SEGÚN KROEMER

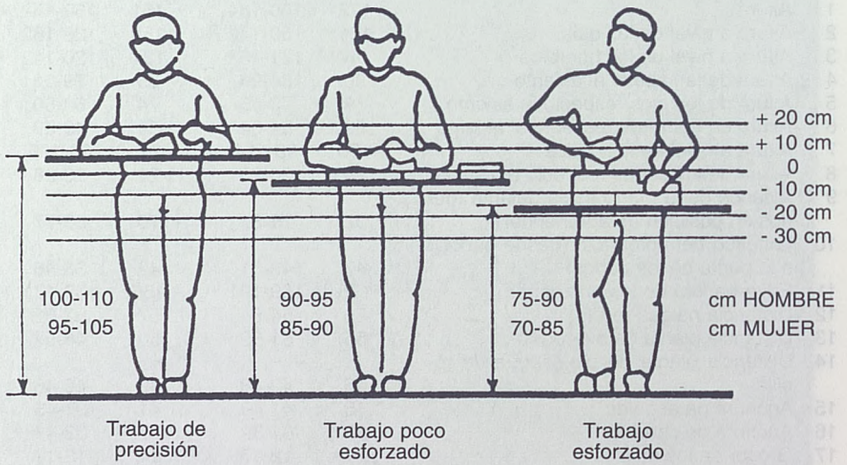


Medida N.º		Hombres X	Hombres Ci 90 %	Mujeres X	Mujeres Ci 90 %
1	Altura	172	160-184	161	150-172
2	Altura a nivel de los ojos	161	150-172	150	138-162
3	Altura a nivel de los hombros	142	131-153	131	120-142
4	Altura de la cabeza al asiento	90	84-96	85	79-91
5	Altura de los ojos respecto al asiento	79	73-85	74	68-80
6	Altura de hombros respecto al asiento	59	54-64	54	49-59
7	Altura a nivel de los codos	106	98-114	97	89-105
8	Altura de los codos respecto al asiento	24	20-28	24	20-28
9	Alcance de la mano hacia delante (dedos en posición de aprehender)	82	75-87	70	63-77
10	Longitud del antebrazo (desde el codo a la punta de los dedos)	47	43-51	42	38-46
11	Envergadura de los brazos	175	159-191	155	139-171
12	Distancia nalgas-rodilla	59	54-64	57	52-62
13	Distancia planta de pie-rodilla	55	51-59	50	46-54
14	Distancia planta de pie-pliegue de rodilla	45	42-48	43	40-46
15	Anchura de espalda	45	41-49	41	37-45
16	Anchura de caderas	35	31-39	37	33-41
17	Grosor de los muslos	14	12-17	14	12-17
18	Distancia espalda-pliegue de las rodillas	50	46-54	46	43-50

ANEXO 1_B: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

PLANOS DE TRABAJO EN POSICIÓN DE PIE





Según Grandjean.

ANEXO 1_C: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

DISTANCIAS Y ÁNGULOS VISUALES PARA DIFERENTES TAREAS

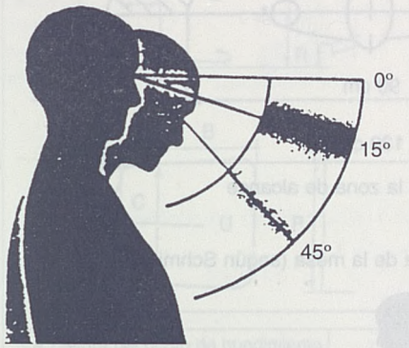


Trabajos de gran minuciosidad
Ej.: Montaje de pequeños componentes

Trabajo minucioso
Ej.: Coser, dibujar

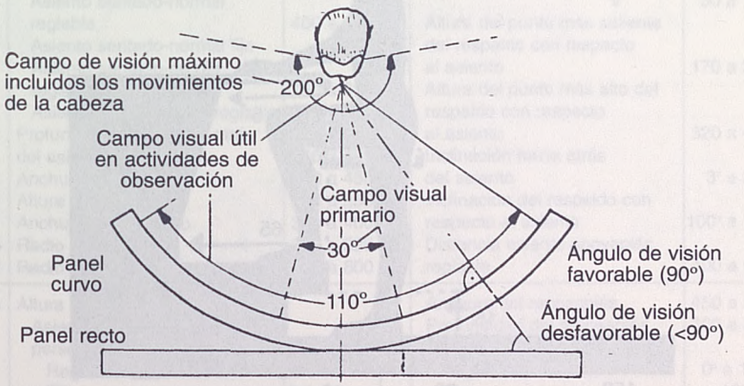
Trabajo normal
Ej.: Leer

Trabajo de poca demanda visual
Ej.: Empaquetar



Posición recta
Ej.: Lectura de instrumentos

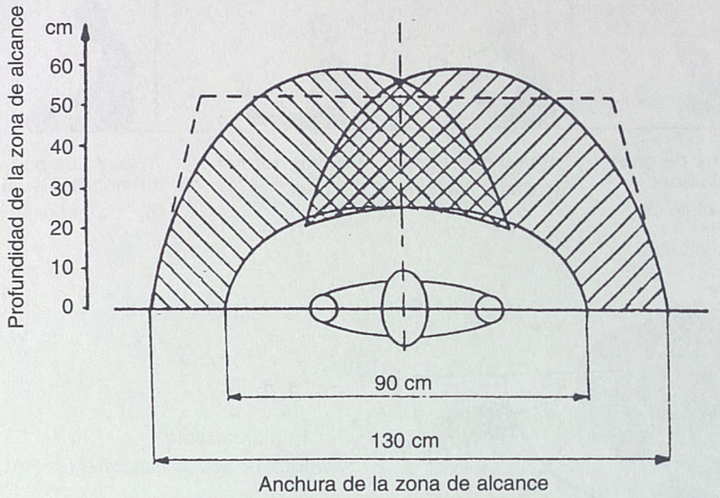
Posición inclinada
Ej.: Trabajo sobre mesa



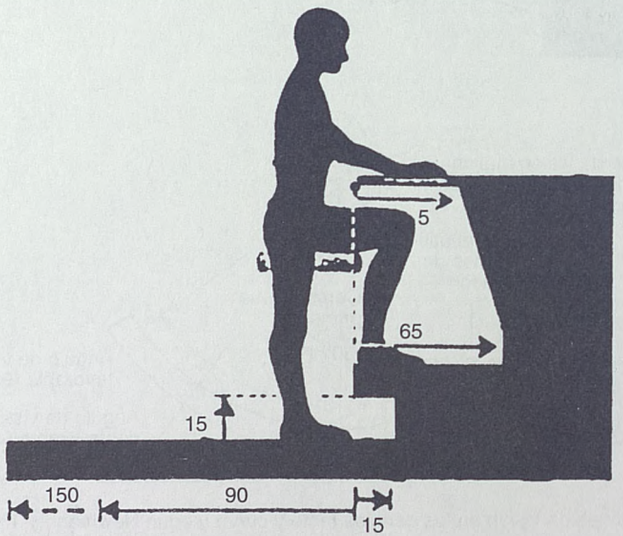
Condiciones de visión en los paneles recto y curvo (según Newmann y Timpe).

ANEXO 1_D: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

DISTANCIAS, ALCANCES Y DISPOSICIONES



Zona de alcance óptima a la altura de la mesa (según Schmidtke).

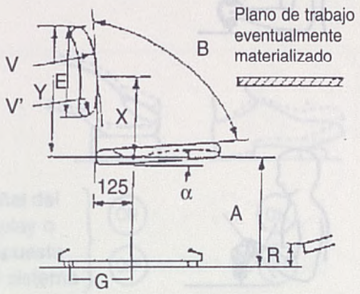


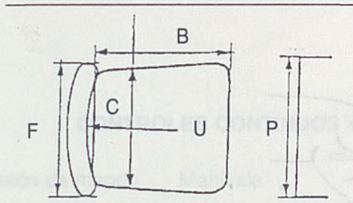
ANEXO 1_E: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EQUIPAMIENTOS Y MEDIOS DE TRABAJO

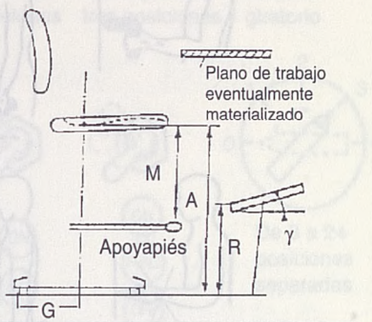
ASIENTOS Y REPOSAPIÉS

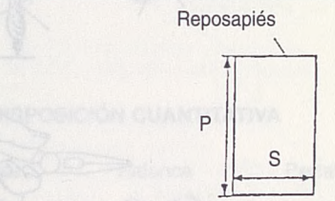
ASIENTO PARA PUESTO SENTADO NORMAL





ASIENTO PARA PUESTO SENTADO DE PIE

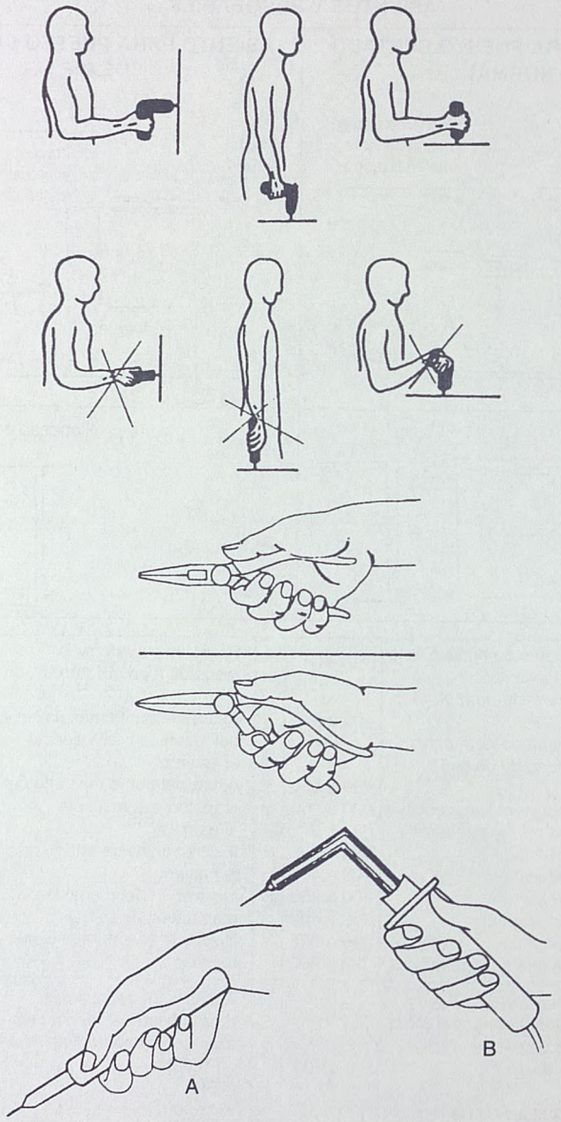




ASIENTO	A	Altura del punto de hundimiento máximo del asiento:		V	Radio de curvatura del respaldo (convexidad) V	>700
		Asiento sentado-normal reglable	400 a 560		V'	30 a 70
		Asiento sentado-normal fijo	430	X	Altura del punto más saliente del respaldo con respecto al asiento	170 a 220
		Asiento sentado-de pie reglable	750 a 850	Y	Altura del punto más alto del respaldo con respecto al asiento	320 a 420
		Asiento apoya-muslos reglable	600 a 750			
	B	Profundidad de delante-atrás del asiento	350 a 400	α	Inclinación hacia atrás del asiento	3° ± 2°
	C	Anchura del asiento	400 a 450			
	E	Altura del respaldo	200 a 250	B	Inclinación del respaldo con respecto al asiento	100° a 105°
	F	Anchura del respaldo	350 a 400			
	G	Radio del soporte	300 a 325	M	Distancia asiento apoyapiés reglable	400 a 560
	U	Radio de la curva del respaldo	300 a 800			
REPOSAPIÉS	R	Altura del reposapiés:		P	Anchura del reposapiés	450 a 550
		Asiento sentado-normal (para personas de pequeña talla)		S	Profundidad del reposapiés	300 a 350
				γ	Inclinación del reposapiés:	
		Reglable	40 a 100		Reglable	0° a 15°
		Fijo	70		Fijo	10°
		Asiento sentado-de pie reglable	300 a 450			

ANEXO 1_F: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

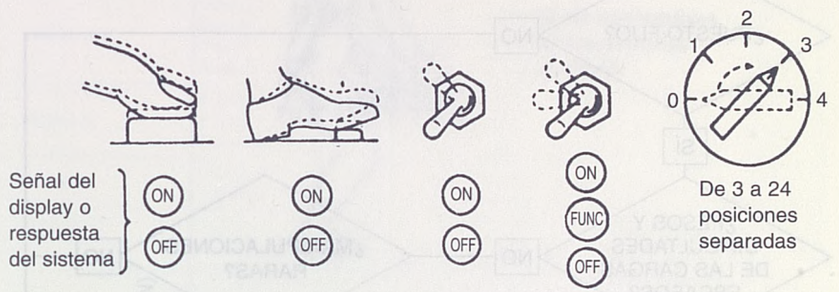
PRINCIPIOS DE DISEÑO DE HERRAMIENTAS MANUALES



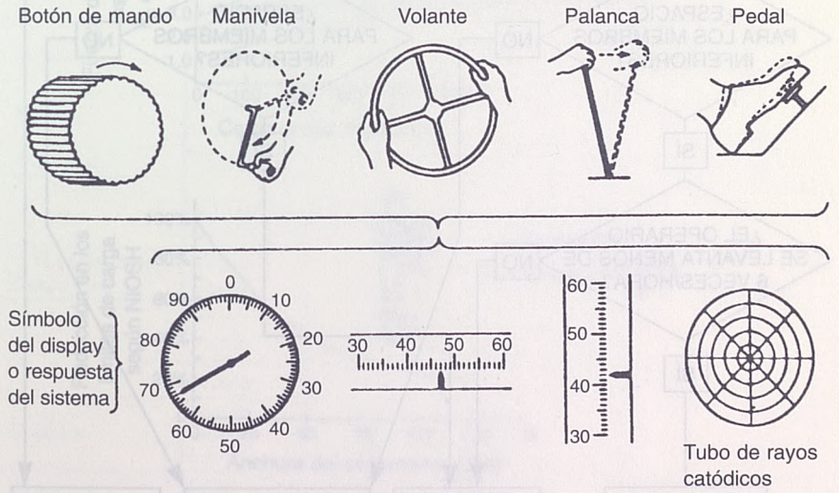
ANEXO 1_G: ANÁLISIS ERGONÓMICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

TIPOS DE ACCIONAMIENTO Y CONTROL

CONTROLES DE ACTIVACIÓN Y DE DISPOSICIÓN DISCRETA



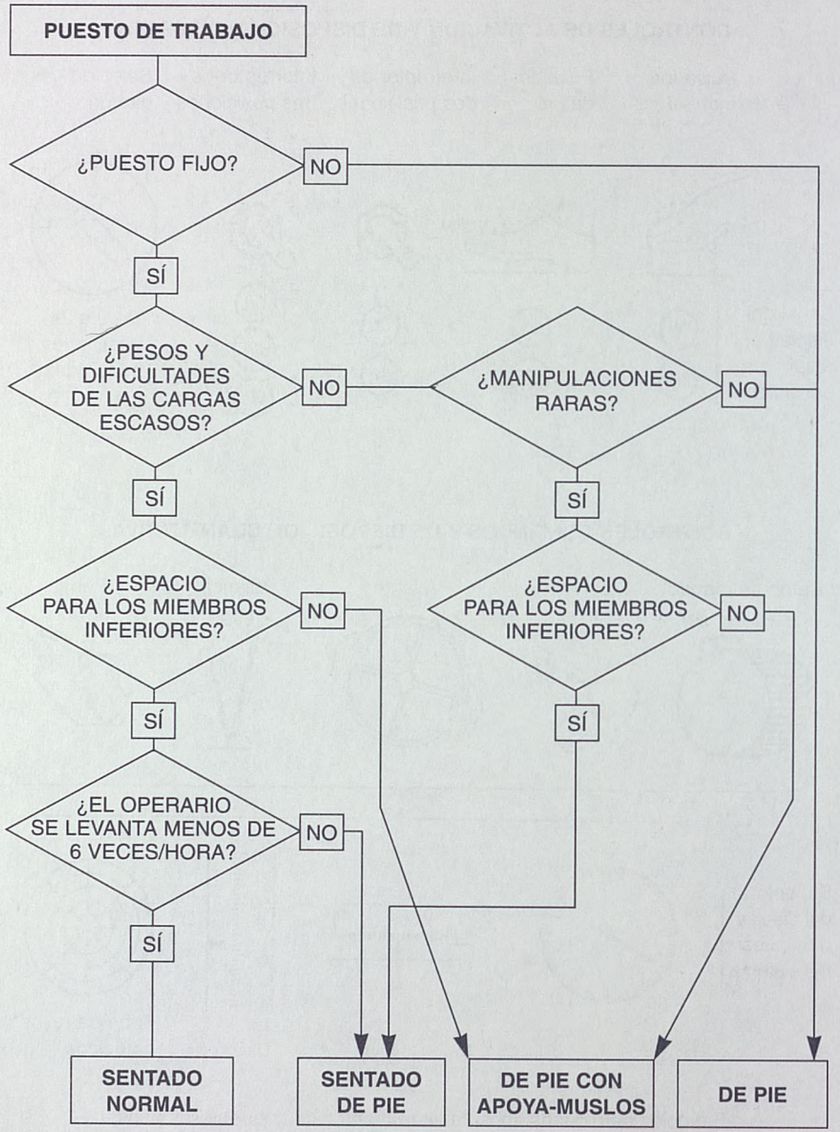
CONTROLES CONTINUOS Y DE DISPOSICIÓN CUANTITATIVA



Ejemplos de algunos tipos de instrumentos de control y sus usos.

ANEXO 2_A: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

ELECCIÓN DE LA POSTURA DE BASE



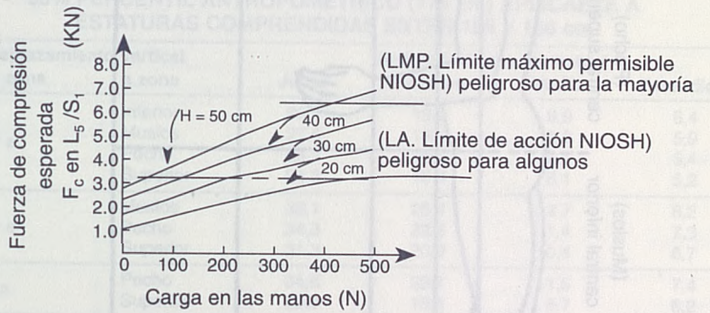
ANEXO 3_A: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

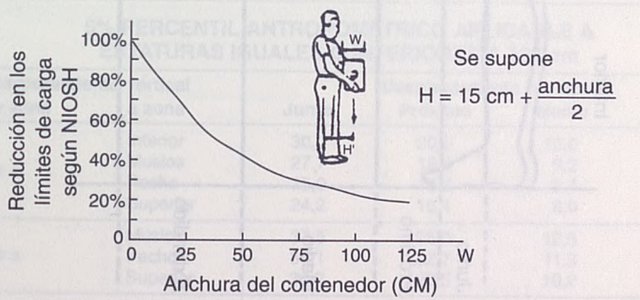
EFECTOS DE LAS CARGAS SOBRE LA COLUMNA VERTEBRAL

CHAFFIN Y ANDERSSON 1984



Varón con medidas antropométricas promedio





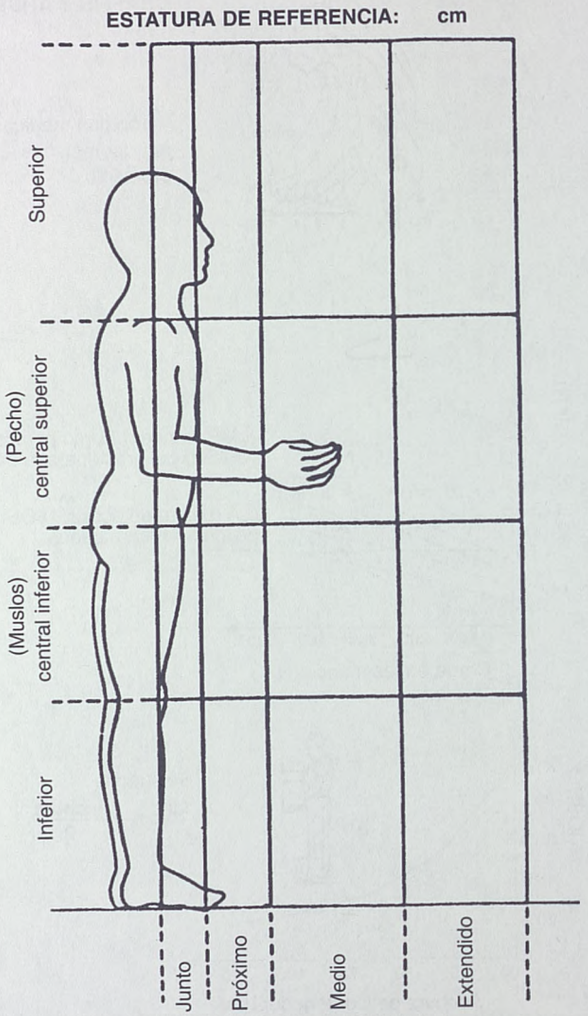
Se supone

$$H = 15\ cm + \frac{anchura}{2}$$

La reducción del momento de carga disminuyendo H, permite incrementar el peso que puede ser elevado.

ANEXO 3_B: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

MANEJO MANUAL DE CARGAS, DETERMINACIÓN DE LOS PLANOS Y ZONAS DE REFERENCIA



Modelo simplificado y alternativo de procedimiento NIOSH para el manejo manual de cargas (W. Monroe Keyserling. Centro de Ergonomía, Universidad de Michigan).

ANEXO 3_B *(continuación)*: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

PREDICCIÓN DE LOS NIVELES DE ACCIÓN (KG)

HOMBRES

95% PERCENTIL ANTROPOMÉTRICO APLICABLE A ESTATURAS IGUALES O SUPERIORES A 187 cm

Desplazamiento vertical		Desplazamiento horizontal			
Desde zona	a zona	Junto	Próximo	Medio	Extendido
Inferior a	Inferior	29,3	19,5	9,8	6,3
	Muslos	27,5	18,3	9,2	5,9
	Pecho	25,1	16,8	8,4	5,4
	Superior	24,5	16,3	8,2	5,2
Muslos a	Muslos	38,8	25,8	12,9	8,3
	Pecho	33,5	22,3	11,2	7,2
	Superior	31,0	20,7	10,3	6,6
Pecho a	Pecho	32,9	21,9	11,0	7,0
	Superior	28,4	18,9	9,5	6,1
Superior a	Superior	26,3	17,6	8,8	5,6

50% PERCENTIL ANTROPOMÉTRICO (175 cm) APLICABLE A ESTATURAS COMPRENDIDAS ENTRE 165 Y 186 cm

Desplazamiento vertical		Desplazamiento horizontal			
Desde zona	a zona	Junto	Próximo	Medio	Extendido
Inferior a	Inferior	29,7	19,8	9,9	6,4
	Muslos	27,6	18,4	9,2	5,9
	Pecho	25,1	16,7	8,4	5,4
	Superior	24,3	16,2	8,1	5,2
Muslos a	Muslos	38,1	25,4	12,7	8,2
	Pecho	34,3	22,8	11,4	7,3
	Superior	31,3	20,9	10,4	6,7
Pecho a	Pecho	34,6	23,1	11,5	7,4
	Superior	29,0	19,4	9,7	6,2
Superior a	Superior	27,5	18,3	9,2	5,9

5% PERCENTIL ANTROPOMÉTRICO APLICABLE A ESTATURAS IGUALES O INFERIORES A 164 cm

Desplazamiento vertical		Desplazamiento horizontal			
Desde zona	a zona	Junto	Próximo	Medio	Extendido
Inferior a	Inferior	30,0	20,0	10,0	6,4
	Muslos	27,7	18,5	9,2	5,9
	Pecho	25,0	16,7	8,4	5,4
	Superior	24,2	16,1	8,0	5,2
Muslos a	Muslos	37,5	25,0	12,5	8,0
	Pecho	34,1	22,7	11,3	7,3
	Superior	30,7	20,5	10,2	6,6
Pecho a	Pecho	35,8	23,9	11,9	7,7
	Superior	29,7	19,8	9,9	6,4
Superior a	Superior	28,6	19,0	9,5	6,1

ANEXO 3_B *(continuación)*: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

PREDICCIÓN DE LOS NIVELES DE ACCIÓN (KG)

MUJERES

95% PERCENTIL ANTROPOMÉTRICO APLICABLE A ESTATURAS IGUALES O SUPERIORES A 172 cm

Desplazamiento vertical		Desplazamiento horizontal			
Desde zona	a zona	Junto	Próximo	Medio	Extendido
Inferior a	Inferior	29,8	19,9	9,9	6,4
	Muslos	27,6	18,4	9,2	5,9
	Pecho	25,1	16,7	8,4	5,4
	Superior	24,3	16,2	8,1	5,2
Muslos a	Muslos	37,9	25,3	12,6	8,1
	Pecho	34,2	22,8	11,4	7,3
	Superior	31,2	20,8	10,4	6,7
Pecho a	Pecho	35,0	23,3	11,7	7,5
	Superior	29,2	19,4	9,7	6,3
Superior a	Superior	27,8	18,5	9,3	5,9

50% PERCENTIL ANTROPOMÉTRICO (162 cm) APLICABLE A ESTATURAS COMPRENDIDAS ENTRE 152 Y 171 cm

Desplazamiento vertical		Desplazamiento horizontal			
Desde zona	a zona	Junto	Próximo	Medio	Extendido
Inferior a	Inferior	29,9	20,0	10,0	6,4
	Muslos	27,7	18,5	9,2	5,9
	Pecho	25,1	16,7	8,3	5,4
	Superior	24,1	16,1	8,0	5,2
Muslos a	Muslos	37,4	24,9	12,4	8,0
	Pecho	34,0	22,7	11,3	7,3
	Superior	30,6	20,4	10,2	6,6
Pecho a	Pecho	36,0	24,0	12,0	7,7
	Superior	29,8	19,9	9,9	6,4
Superior a	Superior	28,8	19,2	9,6	6,2

5% PERCENTIL ANTROPOMÉTRICO APLICABLE A ESTATURAS IGUALES O INFERIORES A 151 cm

Desplazamiento vertical		Desplazamiento horizontal			
Desde zona	a zona	Junto	Próximo	Medio	Extendido
Inferior a	Inferior	29,8	19,9	9,9	6,4
	Muslos	27,9	18,6	9,3	6,0
	Pecho	25,1	16,7	8,3	5,4
	Superior	24,0	16,0	8,0	5,1
Muslos a	Muslos	36,8	24,5	12,3	7,9
	Pecho	33,9	22,6	11,3	7,3
	Superior	30,1	20,1	10,0	6,4
Pecho a	Pecho	37,0	24,7	12,3	7,9
	Superior	30,4	20,3	10,1	6,5
Superior a	Superior	29,9	19,9	10,0	6,4

ANEXO 3_C: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA (RESUMEN)

CARGA FÍSICA DE TRABAJO: PRINCIPALES COMPONENTES

Tarea o puesto de trabajo _____

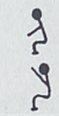
Concepto	Carga metabólica media Kcal/hora	Documento n.º
Carga estática postural		
Carga dinámica desplazamientos		
Carga de esfuerzos musculares		
Transporte y elevación cargas		
Metabolismo basal		
TOTAL		

El metabolismo total de trabajo (excluido el metabolismo basal) debe ser del orden de 240-250 Kcal/hora o 2.000 Kcal/jornada, según los criterios más asumidos.

ANEXO 3_D: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA

DURACIÓN TOTAL A CADA POSTURA DE TRABAJO

Principales posturas de trabajo	Duración de cada postura (min. o s)	Frecuencia de la postura (veces/hora)	Duración total de la postura (min./hora)
SENTADO: • Normal • Inclinado • Brazos por encima de los hombros 			
DE PIE: • Normal • Brazos en extensión frontal • Brazos por encima de los hombros • Inclinado • Muy inclinado 			
ARRODILLADO: • Normal • Inclinado • Brazos por encima de los hombros 			
TUMBADO: • Brazos por encima de los hombros			
AGACHADO: • Normal • Brazos por encima de los hombros 			

OBSERVACIONES: _____

_____

ANEXO 3_E: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA

EVALUACIÓN DE LA CARGA ESTÁTICA POSTURAL

	Postura	(1) Duración postura por	(2) N.º de horas trabajo/día	(3) Consumo de Kcal/min	(4) Consumo de Kcal/día (1 x 2 x 3)
SENTADO	– Normal			0,06	
	– Curvado			+ 0,09	
	– Brazos por encima de los hombros			+ 0,10	
DE PIE	– Normal			0,16	
	– Brazos por encima de los hombros			+ 0,14	
	– Curvado o brazos extensión frontal			+ 0,21	
	– Fuertemente curvado			+ 0,40	
ARRODILLADO	– Normal			0,27	
	– Curvado			+ 0,04	
	– Brazos por encima de los hombros			+ 0,09	
TUMBADO	– Brazos elevados			0,06	
EN CUCLILLAS	– Normal			0,26	
	– Brazos por encima de los hombros			+ 0,01	
				TOTAL CARGA ESTÁTICA	

(*) No incluye ni el metabolismo basal (1,1 Kcal/min.) ni el de reposo.
Método: F. Guelaud (1975).

ANEXO 3_F: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA MUSCULAR

Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	(1) Duración del esfuerzo en min./hora	(2) N.° de horas trabajo/día	(3) Consumo de Kcal/min	(4) Consumo de Kcal/día (1 x 2 x 3)
Manos	Ligero Medio Pesado			0,5 0,8 1,0	
1 brazo	Ligero Medio Pesado			0,9 1,4 2,0	
2 brazos	Ligero Medio Pesado			1,7 2,2 2,8	
1 pierna	Ligero Medio Pesado			0,7 1,1 1,5	
Cuerpo	Ligero Medio Pesado			3,2 5,0 7,2	
				TOTAL	

OBSERVACIONES: _____

_____

Método: F. Guelaud (1975)

ANEXO 3_G: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA DEL DESPLAZAMIENTO (Excluyendo manejo de pesos)

Desplazamientos del operador		(1) N.° metros hora	(2) N.° horas día	(3) Consumo en Kcal/m. (*)	(4) Consumo de Kcal/día (1 x 2 x 3)	Total
Horizontales				0,048		
Vertical	Ascenso			0,73		
	Descenso			0,20		
					TOTAL	

OBSERVACIONES: _____

_____

(*) Para una velocidad de desplazamiento de 4 km/hora u 80 pasos/minuto.

ANEXO 3_H: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA POR TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DE MATERIALES

A) TRANSPORTE DE CARGA						
Operación	(1) Peso de cada carga en kg	(2) N.° transportes/ hora	(3) N.° metros cargados en cada recorrido	(4) Consumo en Kcal/m. (*)	(5) Consumo de Kcal/hora (2 x 3 x 4)	(6) Consumo de Kcal/día
					(A) TOTAL	

B) ELEVACIÓN DE CARGAS						
Operación	(1) Peso de cada carga en kg	(2) N.° transportes/ hora	(7) Altura en m. elevación/ descenso	(8) Consumo de Kcal/m. (*)	(9) Consumo de Kcal/hora (2 x 7 x 8)	(10) Consumo de Kcal/día
					(B) TOTAL	

TOTAL A + B .....

(*) Los valores de (4) y (8) se exponen en la tabla I de la página siguiente.
Método: F. Guelaud (1975).

ANEXO 3_I: ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA

EVALUACIÓN DE LA CARGA FÍSICA POR TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DE MATERIALES

Fórmula general: de Spitzer y Hettinger (1966)

$$E = N\ L\ (K_{T_{Ida}} + K_{T_{Vuel}}) + H_I\ (K_L + K_B) + H_2\ (K_S + K_D)$$

E = Consumo energético en Kcal/Hora
N = Número de veces de la operación
L = Longitud del recorrido en metros
H_I = Distancia de elevación de la carga respecto al cuerpo en metros
H_2 = Altura del desnivel vertical del recorrido en metros

Tabla I: Consumo según la importancia de la carga desplazada, levantada o subida (en Kcal/metro)

CARGA	K. llevar (K_l)	K. levantar (K_l)	K. bajar (K_b)	K. subir (K_s)	K. descen. (K_d)
0	0,047	0,32	0,08	0,73	0,20
2	0,049	0,35	0,09	0,74	0,21
5	0,051	0,38	0,11	0,75	0,22
7	0,052	0,41	0,14	0,77	0,24
10	0,054	0,49	0,18	0,80	0,27
12	0,056	0,53	0,21	0,83	0,30
15	0,059	0,60	0,26	0,86	0,33
18	0,062	0,66	0,32	0,90	0,37
20	0,065	0,75	0,36	0,93	0,40
22	0,068	0,83	0,40	0,96	0,42
25	0,072	0,94	0,46	1,00	0,46
27	0,076	1,04	0,52	1,02	0,48
30	0,080	1,19	0,59	1,07	0,52
32	0,083	1,32	0,67	1,11	0,55
35	0,090	1,52	0,75	1,15	0,59
37	0,094	1,68	0,82	1,18	0,62
40	0,100	1,90	0,94	1,24	0,67
45	0,111	2,37	1,20	1,33	0,76
50	0,122	2,97	1,55	1,42	0,86

Método: F. Guelaud (1975).

CUESTIONARIO

ANÁLISIS ERGONÓMICO POR PUESTOS DE TRABAJO **MAPFRE**

Empresa: _____ División: _____
Sección: _____ Fecha: _____
Puesto de trabajo: _____ Código: _____
Cualificación profesional: _____

Equipos, máquinas, útiles y materiales: _____

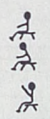
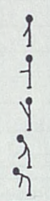
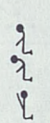
Breve descripción de las tareas: _____

Profesiograma del puesto de trabajo	Valoraciones Análisis 1 2 3 4 5	Trabajador ++ + • - --	Observaciones
1. Equipamiento. Disposic. espacio			
2. Carga física estática-postural			
3. Carga física dinámica			
4. Atención. Coordin. sensomotriz			
5. Complejidad. Contenido trabajo			
6. Autonomía y decisiones			
7. Monotonía y repetitividad			
8. Comunic. y relaciones sociales			
9. Turnos. Horarios. Pausas			
10. Riesgos de accidentes			
11. Contaminantes químicos			
12. Ruido y vibraciones			
13. Condiciones térmicas			
14. Iluminación. Ambiente cromático			
15. Radiaciones. Otros factores amb.			

1. Equipamiento. Disposición del espacio de trabajo (croquis, fotografía)

VALORACIÓN: 1. Equipamiento. Disposición del espacio	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

2. Carga física estática-postural

Postura		Duración de cada postura en min. o seg.	Frecuencia de la postura por hora	Duración total de la postura por hora
SENTADO: – Normal – Inclinado – Brazos por encima de los hombros				
DE PIE: – Normal – Brazos en extensión frontal – Brazos por encima de los hombros – Inclinado – Muy inclinado				
ARRODILLADO: – Normal – Inclinado – Brazos por encima de los hombros				
TUMBADO: – Brazos por encima de los hombros				
AGACHADO: – Normal – Brazos por encima de los hombros				

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 2. Carga física estática-postural	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

3. Carga física dinámica

NOTAS

Trabajo manual ☐ _____

Trabajo mecanizado ☐ _____

Trabajo mixto ☐ _____

Peso medio: _____ kg/frecuencia: _____

Peso máximo: _____ kg/frecuencia: _____

Carga dinámica

Concepto	Carga metabólica Kcal/hora
Carga estática-postural	
Desplazamientos	
Esfuerzos musculares	
Transporte y elevación	
Metabolismo basal	
METABOLISMO TOTAL	

Movimiento de cargas (método NIOSH – Estándar ☐ Simplificado ☐)

Operación: _____

Límite de acción (L. A.)

Límite máximo permitido (L. M. P.)

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 3. Carga física dinámica	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

4. Atención. Coordinación sensomotriz

Esfuerzos sensoriales	Alto	Medio	Bajo	**NOTAS**
– Visuales	☐	☐	☐	
– Auditivos	☐	☐	☐	
– Táctiles	☐	☐	☐	
– Otras	☐	☐	☐	
Atención				
– Concentrada	☐	☐	☐	
– Distribuida	☐	☐	☐	
– Continua	☐	☐	☐	
– Intermitente	☐	☐	☐	
– Hipervigilancia	☐	☐	☐	
– Hipovigilancia	☐	☐	☐	
– Otras	☐	☐	☐	
Coordinación sensomotora				
– Destreza táctil	☐	☐	☐	
– Viso-manual	☐	☐	☐	
– Bimanual	☐	☐	☐	
– Mano-pie	☐	☐	☐	
– Otras	☐	☐	☐	

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 4. Atención. Coordinación sensomotriz	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

5. Complejidad y contenido del trabajo

		Frecuente	A veces	Casi nunca	**NOTAS**
– Trabajo en serie		☐	☐	☐	
– Trabajo en cadena		☐	☐	☐	
– Trabajo alternado		☐	☐	☐	
– Rotación de tareas		☐	☐	☐	
– Polivalencias		☐	☐	☐	
– Sobrecargas cualitativas		☐	☐	☐	
– Sobrecargas cuantitativas		☐	☐	☐	
Presión de:	Tiempos	☐	☐	☐	
	Plazos	☐	☐	☐	
	Calidad	☐	☐	☐	
	Velocidad	☐	☐	☐	
	Otros	☐	☐	☐	
Ambigüedad del rol	Qué hacer	☐	☐	☐	
	Cómo	☐	☐	☐	
	Cuándo	☐	☐	☐	
	Para qué	☐	☐	☐	
	Incidentes	☐	☐	☐	
	Otros	☐	☐	☐	

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 5. Complejidad. Contenido del trabajo	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

6. Autonomía y decisiones

	Alta	Media	Baja	NOTAS
– Autonomía sobre el orden de las operaciones	☐	☐	☐	
– Autonomía sobre el ritmo	☐	☐	☐	
– Necesidad de iniciativa	☐	☐	☐	
– Enlazamientos del trabajo	☐	☐	☐	
– Normas de calidad estrictas	☐	☐	☐	
Control sobre: Propias piezas o trabajos	☐	☐	☐	
Retoques	☐	☐	☐	
Puesta punto máquina	☐	☐	☐	
Incidentes	☐	☐	☐	
Otros	☐	☐	☐	
Consecuencia de los errores: Omisibles			☐	
Poca repercusión			☐	
Repercusión media			☐	
Repercusión importante			☐	

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 6. Autonomía y decisiones	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

7. Monotonía y repetitividad

Tareas principales	N.º medio operaciones	Duración media por ciclo	% Tiempo trabajo

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 7. Monotonía y repetitividad	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

8. Comunicación y relaciones sociales

		Frecuente	A veces	Casi nunca	NOTAS
Contactos formales:	Jefes	☐	☐	☐	
	Compañeros	☐	☐	☐	
	Subordinados	☐	☐	☐	
	Externos	☐	☐	☐	
	Otras	☐	☐	☐	
Barreras comunicación informal:	Aislamiento físico	☐	☐	☐	
	Separación física	☐	☐	☐	
	Ruido	☐	☐	☐	
	Organización	☐	☐	☐	
	Exigencia del trabajo	☐	☐	☐	
	Otras	☐	☐	☐	
Posibilidad de ausentarse _____		☐	☐	☐	

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 8. Comunicación y relaciones sociales	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

9. Turnos. Horarios. Pausas

			NOTAS
Turnos:	Mañana	☐	
	Tarde	☐	
	Noche	☐	
	Rotatorio	☐	

Período rotacional _____

Fines de semana libres _____

Horarios:	Continuado	☐	
	Partido	☐	
	Flexible	☐	
	Otros	☐	
Pausas:	Fijas	☐	
	Autoadministradas	☐	
	Otros	☐	

Desplazamientos de trabajo fuera de la empresa (Duración, lugares, frecuencias):

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 9. Turnos. Horarios. Pausas	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

CONDICIONES FÍSICO-AMBIENTALES

10. Riesgos de accidentes: _____

Accidentes ocurridos: _____

Observaciones: _____

VALORACIÓN: 10. Valoración de los riesgos de accidente	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

11. Contaminantes químicos

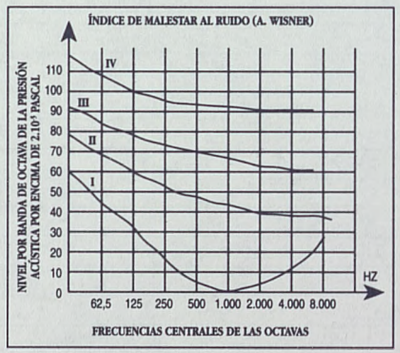
Sustancia	Tiempo de exposición	Concentración medida	Concentración equivalente 8 h/día	Concentración límite admisible
No detectados				

Observaciones: _____

VALORACIÓN: 11. Valoración de los riesgos de contaminantes químicos	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

12. Ruido/vibraciones

Tipo	Tiempo de exposición	Concentración equivalente dB (A)
Continuo		
Intermitente		
Fluctuante		
Impacto		



Observaciones: _____

VALORACIÓN: 12. Valoración del ruido	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

CONDICIONES FÍSICO-AMBIENTALES *(Continuación)*

13. Condiciones térmicas

Fecha medición	Temperatura seca °C	Humedad relativa %	Velocidad del aire m/seg.	Temperatura del globo °C	Temperatura equivalente °C	Índice W.B.G.T. (ISO-7243)		Índice P.M.V. (ISO-7730)	
						Temper.	Índice	P.M.V.	P.P.D.

Observaciones: _____

VALORACIÓN: 13. Valoración de las condiciones térmicas	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

14. Iluminación ambiente cromático

Tipo iluminación natural		Tipo iluminación artificial		Disposiciones		Niveles (LUX)	Medido	Recomendado
Ventanas	☐	Incandescente	☐	General	☐	Natural		–
Lucernarios	☐	Fluorescente	☐	Localizada	☐	Artificial		
Claraboyas	☐	Vapor de Hg	☐	Auxiliar	☐	Combinada		
Otros:	☐	Otros:	☐	Otras:	☐	Otras		

Luminancias	Origen	Nivel en cd/m²
Luminancias campo visual (máx.-mín.)		
Deslumbramientos		

Observaciones: _____

VALORACIÓN: 14. Valoración de la iluminación-ambiente cromático	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

15. Radiaciones/otros

Grupo	Tipo	Dosis o valor medido	Valor límite admisible	Observaciones
Ionizantes	Rayos X			
	Radioisótopos			
	Otros			
No ionizantes	Ultravioleta			
	Infrarroja			
	Radiofrecuencia			
	Otros			

Observaciones: _____

VALORACIÓN: 15. Valoración de las radiaciones/otros	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

RESUMEN RECOMENDACIONES EVALUACIÓN ERGONÓMICA **MAPFRE**

Empresa: _____ División: _____
Puesto de trabajo: _____ Código: _____

Factores	Tipo de medidas			
	Técnicas/Sistemas protección	Organizativas/ Administrativas	Informativas/ Formativas	Otras
Espacio físico y carga física (1-3)				
Atención carga sensorial y mental (4 y 5)				
Autonomía/ Repetitividad (6 y 7)				
Comunicación y relaciones sociales (8)				
Turnos/ Horarios (9)				
Riesgos accidentes (10)				
Factores higiénicos (11-15)				

OBSERVACIONES: _____

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

ANÁLISIS ERGONÓMICO POR PUESTOS DE TRABAJO **MAPFRE**

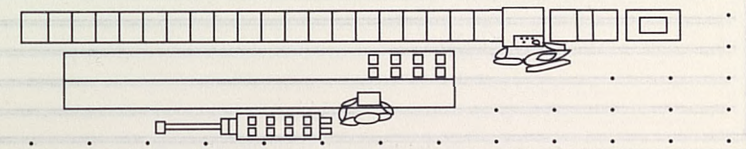
Empresa: _____ División: Producción
Sección: alzadoras Fecha: febrero 91
Puesto de trabajo: ayudante maquinista Código: —
Cualificación profesional: auxiliar (forma parte de un equipo de 6 personas)

Equipos, máquinas, útiles y materiales: paquetes de talonarios (15 kg.), mesa neumática y estaciones alzadora. Carretilla elevadora manual.

Breve descripción de las tareas: coloca los paquetes de cupones de los palets a la mesa neumática (86 cm), clasifica y ordena los paquetes y los enfrenta en mesa normal de 75 cm de altura respecto a las estaciones de la alzadora. Coge los paquetes de la mesa, los coloca en los cargadores de las estaciones de la alzadora (maneja del orden de 100 paquetes por jornada y persona). Controla el funcionamiento y corrige incidencias (alzar doble-pliegos. No alzamientos, atascos, etc.).

Profesiograma del puesto de trabajo	Valoraciones: Análisis 1 2 3 4 5	Valoraciones: Trabajador ++ + • - --	Observaciones
1. Equipamiento. Disposic. espacio			
2. Carga física estática-postural			
3. Carga física dinámica			
4. Atención. Coordin. sensomotriz			
5. Complejidad. Contenido trabajo			
6. Autonomía y decisiones			
7. Monotonía y repetitividad			
8. Comunic. y relaciones sociales			
9. Turnos. Horarios. Pausas			
10. Riesgos de accidentes			
11. Contaminantes químicos			
12. Ruido y vibraciones			
13. Condiciones térmicas			
14. Iluminación. Ambiente cromático			
15. Radiaciones. Otros factores amb.			

1. Equipamiento. Disposición del espacio de trabajo (croquis, fotografía)



VALORACIÓN: 1. Equipamiento. Disposición del espacio

Análisis	①	2	3	4	5
Trabajador	++	+	•	-	--

2. Carga física estática-postural

Postura		Duración de cada postura en min. o seg.	Frecuencia de la postura por hora	Duración total de la postura por hora
SENTADO: – Normal – Inclinado – Brazos por encima de los hombros				
DE PIE: – Normal – Brazos en extensión frontal – Brazos por encima de los hombros – Inclinado – Muy inclinado				70% 20% 10%
ARRODILLADO: – Normal – Inclinado – Brazos por encima de los hombros				
TUMBADO: – Brazos por encima de los hombros				
AGACHADO: – Normal – Brazos por encima de los hombros				

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 2. Carga física estática-postural

Análisis	1	2	③	4	5
Trabajador	++	+	•	-	--

3. Carga física dinámica

NOTAS

Trabajo manual ☐ _____
Trabajo mecanizado ☐ _____
Trabajo mixto ☐ _____
Peso medio: 15 kg/frecuencia: 100 veces/día
Peso máximo: _____ kg/frecuencia: _____

Carga dinámica

Concepto	Carga metabólica Kcal/hora
Carga estática-postural	
Desplazamientos	
Esfuerzos musculares	
Transporte y elevación	
Metabolismo basal	
METABOLISMO TOTAL	< 300 Kcal/hora

Movimiento de cargas (método NIOSH – Estándar ☐ Simplificado ☒)

Operación: Elevación de palet a mesa

Límite de acción (L. A.) Hombres: 25,1 Kg. Mujeres: 25,1 Kg.

Límite máximo permitido (L. M .P.)

OBSERVACIONES: el manejo de los paquetes de talonarios es doble, del palet a las mesas y de las mesas a las alzadoras.

VALORACIÓN: 3. Carga física dinámica

Análisis	1	2	③	4	5
Trabajador	++	+	•	-	--

4. Atención. Coordinación sensomotriz

		Alto	Medio	Bajo	NOTAS
Esfuerzos sensoriales					
– Visuales		☒	☐	☐	control alzadoras
– Auditivos		☐	☐	☒	
– Táctiles		☐	☐	☒	
– Otras		☐	☐	☐	
Atención					
– Concentrada		☐	☒	☐	
– Distribuida		☒	☐	☐	
– Continua		☐	☒	☐	
– Intermitente		☒	☐	☐	
– Hipervigilancia		☐	☒	☐	
– Hipovigilancia		☐	☐	☒	
– Otras		☐	☐	☐	
Coordinación sensomotora					
– Destreza táctil		☐	☐	☒	
– Viso-manual		☐	☐	☒	
– Bimanual		☐	☐	☒	
– Mano-pie		☐	☐	☒	
– Otras		☐	☐	☐	

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 4. Atención. Coordinación sensomotriz	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

5. Complejidad y contenido del trabajo

			Frecuente	A veces	Casi nunca	NOTAS
– Trabajo en serie			☒	☐	☐	
– Trabajo en cadena			☐	☐	☐	
– Trabajo alternado			☐	☒	☐	
– Rotación de tareas			☐	☒	☐	
– Polivalencias			☐	☐	☐	
– Sobrecargas cualitativas			☐	☐	☒	
– Sobrecargas cuantitativas			☐	☐	☒	
Presión de:	Tiempos		☐	☒	☐	
	Plazos		☐	☒	☐	
	Calidad		☐	☒	☐	
	Velocidad		☐	☒	☐	
	Otros		☐	☐	☐	
Ambigüedad del rol	Qué hacer		☐	☐	☒	
	Cómo		☐	☐	☒	
	Cuándo		☐	☐	☒	
	Para qué		☐	☐	☒	
	Incidentes		☐	☒	☐	
	Otros		☐	☐	☐	

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 5. Complejidad. Contenido del trabajo	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

6. Autonomía y decisiones

	Alta	Media	Baja	NOTAS
– Autonomía sobre el orden de las operaciones	☐	☒	☐	
– Autonomía sobre el ritmo	☐	☒	☐	
– Necesidad de iniciativa	☐	☐	☒	
– Enlazamientos del trabajo	☐	☒	☐	
– Normas de calidad estrictas	☐	☒	☐	
Control sobre: Propias piezas o trabajos	☐	☒	☐	
Control sobre: Retoques	☐	☐	☒	
Control sobre: Puesta punto máquina	☐	☐	☒	
Control sobre: Incidentes	☐	☐	☒	
Control sobre: Otros	☐	☐	☐	
Consecuencia de los errores: Omisibles			☐	
Consecuencia de los errores: Poca repercusión			☒	detectables en la sección
Consecuencia de los errores: Repercusión media			☐	
Consecuencia de los errores: Repercusión importante			☐	

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 6. Autonomía y decisiones

	1	2	3	4	5
Análisis		②			
Trabajador	++	+	•	-	--

7. Monotonía y repetitividad

Tareas principales	N.º medio operaciones	Duración media por ciclo	% Tiempo trabajo
Supervisar	< 10	< 3 min.	90%
Cargar	< 3	< 30 min.	10%

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 7. Monotonía y repetitividad

	1	2	3	4	5
Análisis			③		
Trabajador	++	+	•	-	--

8. Comunicación y relaciones sociales

		Frecuente	A veces	Casi nunca	NOTAS
Contactos formales:	Jefes	☒	☐	☐	
	Compañeros	☒	☐	☐	
	Subordinados	☐	☐	☐	
	Externos	☐	☐	☒	
	Otras	☐	☐	☐	
Barreras comunicación informal:	Aislamiento físico	☐	☐	☒	
	Separación física	☐	☐	☒	
	Ruido	☐	☒	☐	
	Organización	☐	☐	☒	
	Exigencia del trabajo	☐	☐	☒	
	Otras	☐	☐	☐	
Posibilidad de ausentarse: _____		☐	☒	☐	

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 8. Comunicación y relaciones sociales	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

9. Turnos. Horarios. Pausas

			NOTAS
Turnos:	Mañana	☒	
	Tarde	☐	
	Noche	☐	
	Rotatorio	☐	

Período rotacional

Fines de semana libres

Horarios:	Continuado	☒	7,10-14,45
	Partido	☐	
	Flexible	☐	
	Otros	☐	
Pausas:	Fijas	☒	1/2 hora para bocadillo
	Autoadministradas	☒	
	Otros	☐	

Desplazamientos de trabajo fuera de la empresa (Duración, lugares, frecuencias):

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 9. Turnos. Horarios. Pausas	Análisis	①	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

CONDICIONES FÍSICO-AMBIENTALES

10. Riesgos de accidentes: golpes con palets, paquetes o carretilla manual, pequeños cortes con los pliegos de papel.

Accidentes ocurridos: ____

Observaciones: ____

VALORACIÓN: 10. Valoración de los riesgos de accidente	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

11. Contaminantes químicos

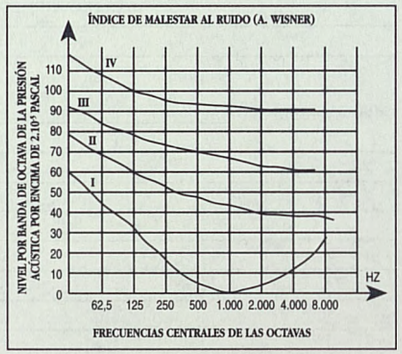
Sustancia	Tiempo de exposición	Concentración medida	Concentración equivalente 8 h/día	Concentración límite admisible
No detectados				

Observaciones: ____

VALORACIÓN: 11. Valoración de los riesgos de contaminantes químicos	Análisis	①	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

12. Ruido/vibraciones

Tipo	Tiempo de exposición	Concentración equivalente dB (A)
Continuo	7 h/día	82-84
Intermitente		
Fluctuante		
Impacto		



Observaciones: ____

VALORACIÓN: 12. Valoración del ruido	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

CONDICIONES FÍSICO-AMBIENTALES *(Continuación)*

13. Condiciones térmicas

Fecha medición	Temperatura seca °C	Humedad relativa %	Velocidad del aire m/seg.	Temperatura del globo °C	Temperatura equivalente °C	Índice W.B.G.T. (ISO-7243)		Índice P.M.V. (ISO-7730)	
						Temper.	Índice	P.M.V.	P.P.D.
Enero 91	17	58	-	-	15,7				

Observaciones: existe calefacción regulable.

VALORACIÓN: 13. Valoración de las condiciones térmicas	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

14. Iluminación ambiente cromático

Tipo iluminación natural		Tipo iluminación artificial		Disposiciones		Niveles (LUX)	Medido	Recomendado
Ventanas	☒	Incandescente	☐	General	☒	Natural	Variable	-
Lucernarios	☐	Fluorescente	☐	Localizada	☐	Artificial		
Claraboyas	☐	Vapor de Hg	☒	Auxiliar	☐	Combinada	500-650	300
Otros:	☐	Otros:	☐	Otras:	☐	Otras		

Luminancias	Origen	Nivel en cd/m²
Luminancias campo visual (máx.-mín.)	Paredes nave-mesa	38-86
Deslumbramientos	Exterior	Superior a 3.000 (nubes)

Observaciones: buena impresión visual-iluminación homogénea.

VALORACIÓN: 14. Valoración de la iluminación-ambiente cromático	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

15. Radiaciones/otros

Grupo	Tipo	Dosis o valor medido	Valor límite admisible	Observaciones
Ionizantes	Rayos X			
	Radioisótopos			
	Otros			
No ionizantes	Ultravioleta			
	Infrarroja			
	Radiofrecuencia			
	Otros			

Observaciones: ____

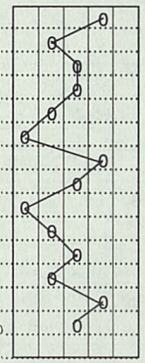
VALORACIÓN: 15. Valoración de las radiaciones/otros	Análisis	1	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

ANÁLISIS ERGONÓMICO POR PUESTOS DE TRABAJO **MAPFRE**

Empresa: _____ División: Producción
Sección: taller montaje Fecha: octubre 91
Puesto de trabajo: soldadura bates Código: –
Cualificación profesional: _____

Equipos, máquinas, útiles y materiales: equipo soldadura hilo continuo, banco de trabajo, bates nuevos y viejos, contenedores.
Breve descripción de las tareas: recrece los bates nuevos (≃ 10 kg). Corta y recrece los bates desgastados, todo ello con soldadura eléctrica y electrodo continuo: 2,4 mm Ø (recrecido) y electrodo revestido de 4 mm Ø. El corte o eliminación de material antes de recrecer. Recoge las piezas, las posiciona en banco de trabajo, suelda y retira los bates terminados: efectúa tareas de preparación y puesta a punto del trabajo y equipo de soldar (intensidad, velocidad del hilo, etc.).

Profesiograma del puesto de trabajo — Valoraciones: Análisis 1 2 3 4 5 / Trabajador ++ + • - -- — Observaciones



1. Equipamiento. Disposic. espacio
2. Carga física estática-postural
3. Carga física dinámica
4. Atención. Coordin. sensomotriz
5. Complejidad. Contenido trabajo
6. Autonomía y decisiones
7. Monotonía y repetitividad
8. Comunic. y relaciones sociales
9. Turnos. Horarios. Pausas
10. Riesgos de accidentes
11. Contaminantes químicos
12. Ruido y vibraciones
13. Condiciones térmicas
14. Iluminación. Ambiente cromático
15. Radiaciones. Otros factores amb.

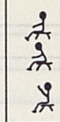
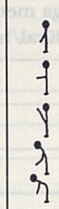
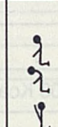
1. Equipamiento. Disposición del espacio de trabajo (croquis, fotografía)

– Accesos al puesto entorpecidos por materiales, bidones, etc.
– Existencia de estantería con gran acumulación de materiales ajenos al puesto.
– Impresión visual de falta de orden, limpieza, mantenimiento general.

VALORACIÓN: 1. Equipamiento. Disposición del espacio

	1	2	3	4	5
Análisis				④	
Trabajador	++	+	•	-	--

2. Carga física estática-postural

Postura		Duración de cada postura en min. o seg.	Frecuencia de la postura por hora	Duración total de la postura por hora
SENTADO: – Normal – Inclinado – Brazos por encima de los hombros				80%
DE PIE: – Normal – Brazos en extensión frontal – Brazos por encima de los hombros – Inclinado – Muy inclinado				15% 5%
ARRODILLADO: – Normal – Inclinado – Brazos por encima de los hombros				
TUMBADO: – Brazos por encima de los hombros				
AGACHADO: – Normal – Brazos por encima de los hombros				

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 2. Carga física estática-postural

	1	2	3	4	5
Análisis		②			
Trabajador	++	+	•	-	--

3. Carga física dinámica

NOTAS

Trabajo manual ☒ _____
Trabajo mecanizado ☐ _____
Trabajo mixto ☐ _____
Peso medio: 10 kg/frecuencia: 30 p/día
Peso máximo: _____ kg/frecuencia: _____

Carga dinámica

Concepto	Carga metabólica Kcal/hora
Carga estática-postural	
Desplazamientos	
Esfuerzos musculares	
Transporte y elevación	
Metabolismo basal	
METABOLISMO TOTAL	< 300 Kcal./hora

Movimiento de cargas (método NIOSH – Estándar ☒ Simplificado ☐)

Operación: elevar bates a banco de trabajo (25 cm separación).

Límite de acción (L. A.) 12,4 Kg.

Límite máximo permitido (L. M. P.) 32,7 Kg.

OBSERVACIONES: ocasionalmente maneja algunos bates mayores (≃ 12 kg).

VALORACIÓN: 3. Carga física dinámica

Análisis	1	2	③	4	5
Trabajador	++	+	•	-	--

4. Atención. Coordinación sensomotriz

Esfuerzos sensoriales		Alto	Medio	Bajo	NOTAS
– Visuales	_____	☒	☐	☐	soldadura
– Auditivos	_____	☐	☐	☒	
– Táctiles	_____	☐	☐	☒	
– Otras	_____	☐	☐	☐	
Atención					
– Concentrada	_____	☒	☐	☐	
– Distribuida	_____	☐	☐	☒	
– Continua	_____	☐	☒	☐	
– Intermitente	_____	☐	☐	☐	
– Hipervigilancia	_____	☐	☐	☐	
– Hipovigilancia	_____	☐	☐	☐	
– Otras	_____	☐	☐	☐	
Coordinación sensomotora					
– Destreza táctil	_____	☒	☐	☐	soldadura
– Viso-manual	_____	☒	☐	☐	
– Bimanual	_____	☐	☐	☒	
– Mano-pie	_____	☐	☐	☒	
– Otras	_____	☐	☐	☐	

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 4. Atención. Coordinación sensomotriz

Análisis	1	2	③	4	5
Trabajador	++	+	•	-	--

5. Complejidad y contenido del trabajo

	Frecuente	A veces	Casi nunca	NOTAS
– Trabajo en serie	☒	☐	☐	
– Trabajo en cadena	☐	☐	☒	
– Trabajo alternado	☐	☐	☒	
– Rotación de tareas	☐	☐	☒	
– Polivalencias	☐	☐	☒	
– Sobrecargas cualitativas	☐	☐	☒	
– Sobrecargas cuantitativas	☐	☒	☐	
Presión de: Tiempos	☐	☐	☒	
Plazos	☐	☐	☒	
Calidad	☐	☒	☐	
Velocidad	☐	☐	☒	
Otros	☐	☐	☐	
Ambigüedad del rol: Qué hacer	☐	☐	☒	
Cómo	☐	☐	☒	
Cuándo	☐	☐	☒	
Para qué	☐	☐	☒	
Incidentes	☐	☐	☒	
Otros	☐	☐	☐	

OBSERVACIONES: prácticamente trabaja siempre el mismo tipo de pieza.

VALORACIÓN: 5. Complejidad. Contenido del trabajo	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

6. Autonomía y decisiones

	Alta	Media	Baja	NOTAS
– Autonomía sobre el orden de las operaciones	☒	☐	☐	
– Autonomía sobre el ritmo	☐	☒	☐	
– Necesidad de iniciativa	☐	☐	☒	
– Enlazamientos del trabajo	☐	☐	☒	
– Normas de calidad estrictas	☐	☒	☐	
Control sobre: Propias piezas o trabajos	☒	☐	☐	
Retoques	☒	☐	☐	
Puesta punto máquina	☒	☐	☐	
Incidentes	☐	☒	☐	
Otros	☐	☐	☐	

Consecuencia de los errores:	
Omisibles	☐
Poca repercusión	☒
Repercusión media	☐
Repercusión importante	☐

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 6. Autonomía y decisiones	Análisis	①	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

7. Monotonía y repetitividad

Tareas principales	N.º medio operaciones	Duración media por ciclo	% Tiempo trabajo
Apilar/desapilar bates Recrecer Cortar Ajustar	10	5	100

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 7. Monotonía y repetitividad						
	Análisis	1	2	3	④	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

8. Comunicación y relaciones sociales

		Frecuente	A veces	Casi nunca	NOTAS
Contactos formales:	Jefes	☐	☒	☐	
	Compañeros	☐	☒	☐	
	Subordinados	☐	☐	☒	
	Externos	☐	☐	☒	
	Otras	☐	☐	☐	
Barreras comunicación informal:	Aislamiento físico	☒	☐	☐	
	Separación física	☒	☐	☐	
	Ruido	☐	☒	☐	
	Organización	☐	☐	☒	
	Exigencia del trabajo	☐	☒	☐	
	Otras	☐	☐	☐	
Posibilidad de ausentarse	_____	☐	☐	☐	

OBSERVACIONES: _____

VALORACIÓN: 8. Comunicación y relaciones sociales						
	Análisis	1	2	③	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

9. Turnos. Horarios. Pausas

NOTAS

Turnos:
- Mañana ☒
- Tarde ☐
- Noche ☐
- Rotatorio ☐

Período rotacional

Fines de semana libres

Horarios:
- Continuado ☐
- Partido ☒ 8-13, 30/14-16,30
- Flexible ☐
- Otros ☐ bocadillo - 30 minutos

Pausas:
- Fijas ☐
- Autoadministradas ☒
- Otros ☐

Desplazamientos de trabajo fuera de la empresa (Duración, lugares, frecuencias):

OBSERVACIONES:

VALORACIÓN: 9. Turnos. Horarios. Pausas	Análisis	①	2	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

CONDICIONES FÍSICO-AMBIENTALES

10. Riesgos de accidentes: proyecciones de partículas incandescentes. Quemaduras por contacto. Lesiones en extremidades por manejo de piezas.

Accidentes ocurridos:

Observaciones:

VALORACIÓN: 10. Valoración de los riesgos de accidente	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

11. Contaminantes químicos

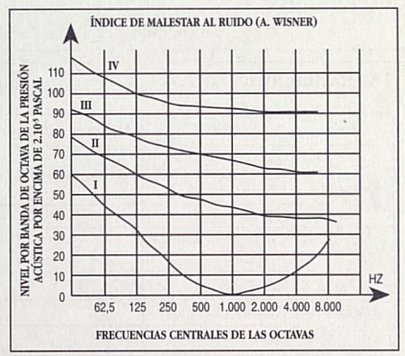
Sustancia	Tiempo de exposición	Concentración medida	Concentración equivalente 8 h/día	Concentración límite admisible
Humos sold. (dar dureza)	4 h/día	5,15		
Humos sold. (cortar)	2 h/día	2,16	3,82	5 mg/m³
Humos sold. (recrecer)	2 h/día	2,36		

Observaciones:

VALORACIÓN: 11. Valoración de los riesgos de contaminantes químicos	Análisis	1	2	③	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

12. Ruido/vibraciones

Tipo	Tiempo de exposición	Concentración equivalente dB (A)
Continuo		
Intermitente	8 h/día	85
Fluctuante	8 h/día	85
Impacto		



Observaciones: Intermitentemente se producen episodios de impacto en el taller.

VALORACIÓN: 12. Valoración del ruido	Análisis	1	②	3	4	5
	Trabajador	++	+	•	-	--

CONDICIONES FÍSICO-AMBIENTALES *(Continuación)*

13. Condiciones térmicas

Fecha medición	Temperatura seca °C	Humedad relativa %	Velocidad del aire m/seg.	Temperatura del globo °C	Temperatura equivalente °C	Índice W.B.G.T. (ISO-7243)		Índice P.M.V. (ISO-7730)	
						Temper.	Índice	P.M.V.	P.P.D.
Octubre 91	23	47	≃ 1	35	–	21,4	1	–	–
Prev. verano	36	30	≃ 1	48	–	30,2	1	–	–
Medida de las máx.									

Observaciones: La carga radiante media supone un incremento mínimo del orden de 12 °C sobre la temperaturas de la nave y del exterior.

VALORACIÓN: 13. Valoración de las condiciones térmicas

Análisis	1	2	3	(4)	5
Trabajador	++	+	•	-	--

14. Iluminación ambiente cromático

Tipo iluminación natural		Tipo iluminación artificial		Disposiciones		Niveles (LUX)	Medido	Recomendado
Ventanas	☒	Incandescente	☐	General	☐	Natural	variable	–
Lucernarios	☐	Fluorescente	☐	Localizada	☒	Artificial	250	200
Claraboyas	☐	Vapor de Hg	☒	Auxiliar	☐	Combinada	250-300	
Otros:	☐	Otros:	☐	Otras:	☐	Otras		

Luminancias	Origen	Nivel en cd/m²
Luminancias campo visual (máx.-mín.)		
Deslumbramientos		

Observaciones: distribución irregular de la iluminación. Tanto natural como artificial.

VALORACIÓN: 14. Valoración de la iluminación-ambiente cromático

Análisis	1	2	(3)	4	5
Trabajador	++	+	•	-	--

15. Radiaciones/otros

Grupo	Tipo	Dosis o valor medido	Valor límite admisible	Observaciones
Ionizantes	Rayos X			
	Radioisótopos			
	Otros			
No ionizantes	Ultravioleta (actinica) equipo soldadura			
	Infrarroja			
	Radiofrecuencia			
	Otros			

Observaciones: _____

VALORACIÓN: 15. Valoración de las radiaciones/otros

Análisis	1	2	3	4	5
Trabajador	++	+	•	-	--

SEGUNDA PARTE

BIOMECÁNICA OCUPACIONAL

INTRODUCCIÓN

Si ha quedado establecido que la ergonomía considera globalmente todos los aspectos que afectan al trabajador, desde el punto de vista físico, mental y social, y que ese cometido sólo se puede abordar desde un planteamiento sistemático, considerando el complejo sistema hombre-trabajo, los subsistemas inmediatos a éste por analizar serían el hombre-espacio y el hombre-gravedad.

El hombre, por su cualidad corpórea y por sus necesidades funcionales, requiere de un espacio que en principio la naturaleza le puede proporcionar de forma espléndida. Pero aspectos organizativos y de carácter social suelen limitar esta circunstancia a valores insuficientes, lo que suele originar una deficiencia en esa funcionalidad de la que está dotado el hombre.

Nuestra corporeidad y la circunstancia del planeta en que vivimos determinan unos valores de las leyes de la mecánica a las que inexorablemente estamos sometidos: inercia, aceleración de la gravedad, etc. La gravedad aplicada a un cuerpo origina fuerzas paralelas dirigidas al centro de la Tierra. Por ello, la posición relativa de los segmentos o partes del cuer-

po formará un sistema de fuerzas paralelas que, en equilibrio, tiene una resultante nula. La posición relativa, en el espacio, de los distintos segmentos determina una postura.

Hay algo que, sin romper con las leyes de la mecánica, llama la atención, y es que un hombre de pie, considerado como un cuerpo físico, constituye un ejemplo claro de equilibrio inestable que, bajo una mínima fuerza exterior, cae al suelo. Es evidente que esto no ocurre así, y se podrían poner ejemplos, algunos incluso pintorescos, que avalarían esta afirmación.

La explicación a esta paradoja es que existe algo más: el sistema de equilibrio, que es un típico bucle cibernético en el que el control lo realizan los órganos de equilibrio, y la regulación, la tonicidad muscular.

No obstante, para mantener una postura determinada, como hemos mencionado, hay que establecer un equilibrio de fuerzas que es lo mismo que anular una resultante. Esto supone un esfuerzo muscular que podremos comprobar por los distintos gastos energéticos que corresponden a cada postura (Figura 1).

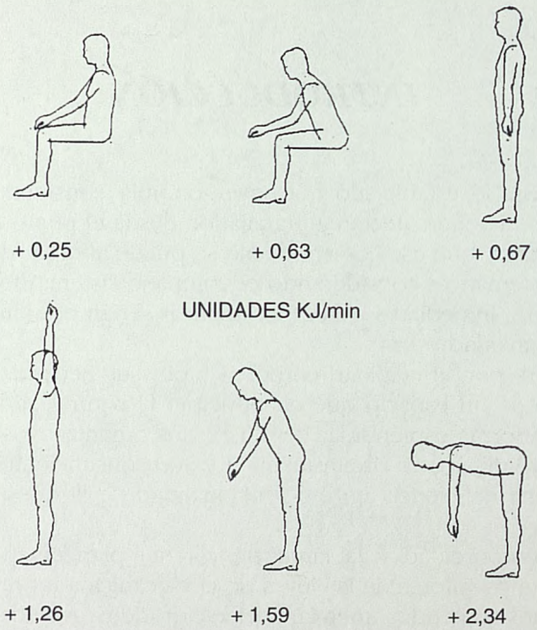


Figura 1. Gasto metabólico según distintas posturas (referencia postura basal).

Pero también se originan tensiones en los elementos del sistema musculoesquelético: músculos, tendones, articulaciones..., que pueden sobrepasar los límites de las características mecánicas que éstos poseen.

En la medida en que esta transgresión es mayor, el efecto es más agresivo: molestia, dolor y lesión.

Sin embargo, un proceso no es estático, por ello el factor tiempo o frecuencia es fundamental. No sólo es necesario considerar posturas y pesos, también las aceleraciones con que los segmentos corporales y las cargas se mueven en el espacio. Un objeto de un kilogramo de peso puede requerir una fuerza de elevación muy superior a ese valor, si la aceleración de arranque es elevada.

En distintas épocas del desarrollo de la ciencia y de la técnica, la concepción del cuerpo humano ha sido de acuerdo con las ideas predominantes de la moda. Durante el desarrollo de la mecánica, se concebía al hombre como un conjunto de palancas y fuerzas o músculos, que configuraba una mecánica que ya se empezó a estudiar en la época de Leonardo da Vinci.

Con posterioridad, el desarrollo de la química hace concebir al hombre como una fábrica en la que las ingestas de alimento se traducen en energía produciendo trabajo y calor.

Recientemente, el desarrollo de la neurología y la psicología hace concebir al hombre, entre otros aspectos, como un receptor-analizador-transmisor de señales.

En la actualidad, se considera al hombre como un sistema complejo regido por el sistema nervioso central que actúa, directamente o apoyado por una compleja bioquímica, sobre otros sistemas, entre ellos el sistema musculoesquelético.

Hemos querido resaltar en este párrafo que los aspectos a abordar por la biomecánica no sólo van a ser de naturaleza mecánica, sino también metabólicos y psicológicos.

El equilibrio está regido por el sistema nervioso central y el efecto se concreta fundamentalmente en el sistema musculoesquelético, así como en el sistema circulatorio, en la sensación de fatiga de la persona, inducida incluso por aspectos no físicos.

Biomecánica ocupacional

Según lo expuesto anteriormente, podemos decir que la biomecánica es la disciplina dedicada al estudio del cuerpo humano, considerado éste como una estructura que funciona según las leyes mecánicas de Newton y las leyes de la biología.

Expuesta así la biomecánica, se pueden considerar algunos principios generales, pero la especialización surge cuando los objetivos tratan de obtener unos resultados distintos.

En biomecánica deportiva se estudia al hombre desde el punto de vista de un rendimiento máximo.

En biomecánica ortopédica y de rehabilitación, desde el punto de vista de resolver algún tipo de discapacitación.

En biomecánica ocupacional se estudia al hombre desde el punto de vista de una tarea que debe diseñarse para el 90 % de las personas, sin sobrepasar valores que pudieran originar daños.

Ya en 1700 Bernardo Ramazzini reflejaba en su libro *De Morbus Artificum Diatriba,* clásico en la medicina del trabajo, lo siguiente: «... He comprobado que ciertos movimientos irregulares y violentos, y posturas antinaturales del cuerpo, dañan la estructura de la máquina viviente de tal forma que, por ello, se desarrollan de manera gradual enfermedades».

Si en mecánica estudiamos que el efecto de una fuerza es:

- el establecimiento de un equilibrio,
- el establecimiento de un movimiento,
- el establecimiento de una deformación,

en biomecánica podemos ampliar ese concepto diciendo que, según la magnitud de la fuerza, ésta puede:

- producir incorfort,
- producir dolor,
- producir lesión.

Las partes de la mecánica clásica hay que interpretarlas bajo los siguientes aspectos:

- Estática: fuerzas sin considerar movimiento: posturas.
- Cinética: movimiento sin considerar fuerzas: movimientos.
- Dinámica: fuerza considerando movimientos y masas: inercias.

Es importante tener en cuenta en biomecánica ocupacional que, al igual que se establece en el concepto de «ergonomía», cuando se diseña un puesto de trabajo, se diseña el qué, cómo, con qué, dónde, con qué medios, etc., se va a realizar el trabajo, lo que determinará la productividad, pero también las posibles futuras molestias, y no en pocos casos el dolor o la lesión del trabajador.

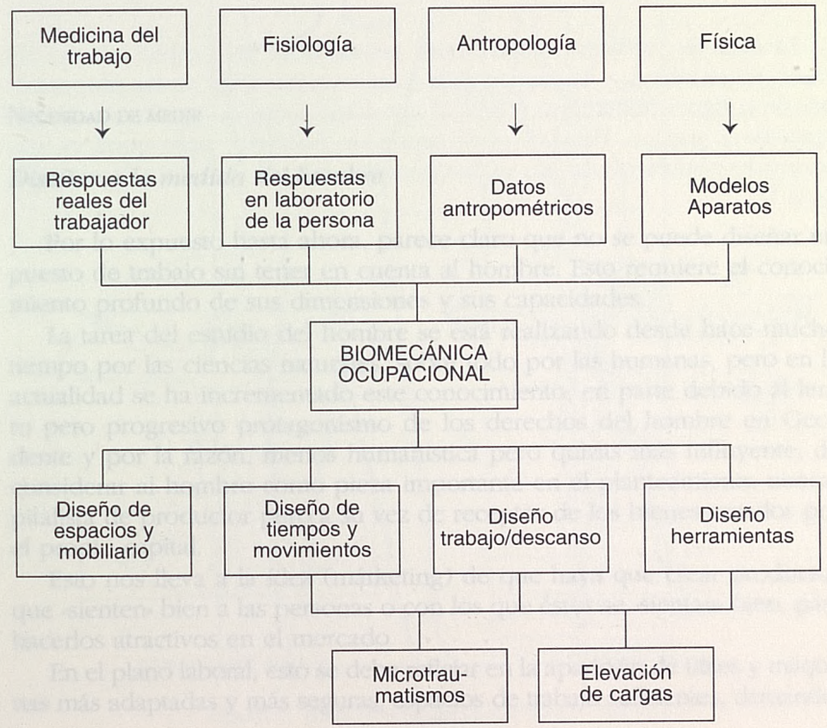
Por otra parte, hemos comprobado, analizando trabajos repetitivos, que se pueden generar quejas por dolores que no tienen una justificación biomecánica. Por ello es necesario no desvincular el estudio biomecánico del concepto global de «ergonomía».

Estructura de la biomecánica ocupacional

La estructura de la biomecánica ocupacional que nosostros hemos adaptado y adoptado es la que viene reflejada en el cuadro que publicó Chaffin.

En esta estructura se considera una parte central (ver esquema), que es el cuerpo de conocimientos al que acuden como input los aportes de las ciencias aplicadas que constituyen la alimentación de dicho cuerpo.

Estos conocimientos tienen una finalidad práctica: la utilización como guía en el diseño de la tareas por parte de los responsables.



1 Antropometría y geometría del puesto de trabajo

Necesidad de medir

Diseñar a la medida del hombre

Por lo expuesto hasta ahora, parece claro que no se puede diseñar un puesto de trabajo sin tener en cuenta al hombre. Esto requiere el conocimiento profundo de sus dimensiones y sus capacidades.

La tarea del estudio del hombre se está realizando desde hace mucho tiempo por las ciencias naturales, sobre todo por las humanas, pero en la actualidad se ha incrementado este conocimiento, en parte debido al lento pero progresivo protagonismo de los derechos del hombre en Occidente y por la razón, menos humanística pero quizás más influyente, de considerar al hombre como pieza importante en el planteamiento neocapitalista de productor pero a su vez de receptor de los bienes creados por el propio capital.

Esto nos lleva a la idea (márketing) de que haya que crear productos que «sienten» bien a las personas o con los que éstos se «sientan» bien, para hacerlos atractivos en el mercado.

En el plano laboral, esto se debe reflejar en la aparición de útiles y máquinas más adaptadas y más seguras, espacios de trabajo suficientes, demandas

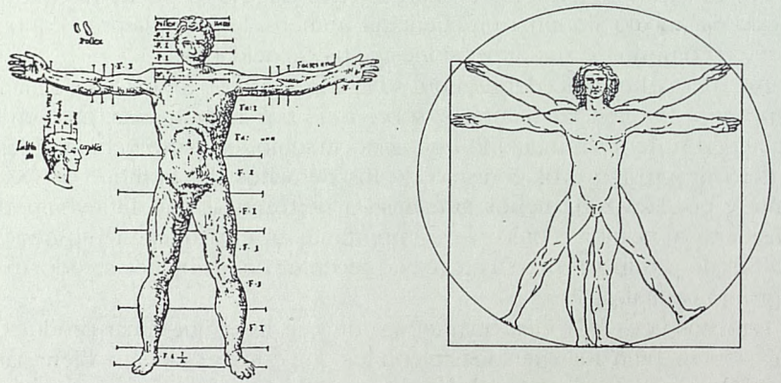
de la tarea ajustadas a las posibilidades (habilidades) de la persona, control de la magnitud del posible efecto negativo de los estresores, etc.

La mayoría de las veces, el conocimiento del hombre implica la necesidad de medir diferentes dimensiones. Técnicas denominadas con el sufijo «metría» son frecuentes en ergonomía, a veces sin unicidad de significados. Conceptos de la ergometría como «modelo métrico para el estudio de la conducta en un contexto tecnoestructural» o, como definió Cunnighan, «la aplicación de los principios y procedimientos de la psicometría al estudio del trabajo humano» no tienen nada que ver con el concepto de «ergometría», quizá universalmente más reconocido, que tiene un fisiólogo.

En todo caso, vemos que el interés de medir no es patrimonio único de la física, y que la antropometría (la medida del hombre) no debería limitarse a su geometría. No obstante, este término ya ha sido asignado a las dimensiones geométricas y ponderales del cuerpo humano y sería perturbador no asumir dicho criterio.

Antropología física

La idea de medir las dimensiones geométricas del propio cuerpo humano no es nueva, y el concepto de «canon» como regla de las proporciones de la figura humana se refiere al tipo ideal aceptado por los escultores egipcios y griegos. Famoso es el canon de Policleto, pero quizá el más conocido popularmente sea el de Leonardo, basado en el de Vitruvio (Figura 1).



Canon de Vitruvio. Canon de Leonardo.

Figura 1

Éste era un arquitecto romano que, basándose en las ideas de la época, argumentó que las dimensiones de los edificios debían fundamentarse en ciertos principios estéticos preestablecidos del cuerpo humano. Se suponía que el conjunto de las relaciones simples de las dimensiones corporales constituía un todo armónico. Inspirándose en este principio, Le Corbusier desarrolló el «modulor» que consideró como un instrumento de medida fundado en la estructura humana y en la matemática (Figura 2).

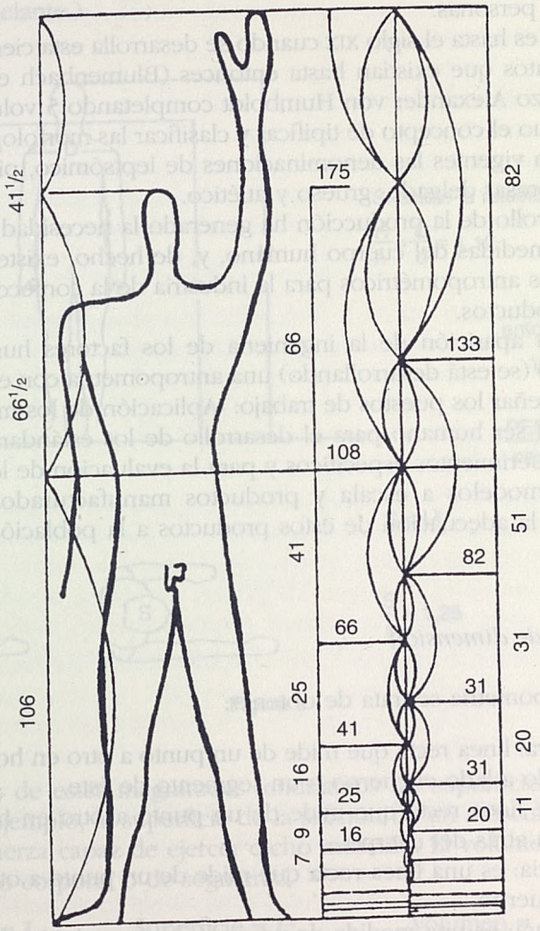


Figura 2. Esquema de proporciones del modulor.

Se atribuye a Marco Polo la iniciación de la antropología física, ya que a la descripción de sus viajes unía la de las dimensiones y formas de las personas que había visto a lo largo de sus desplazamientos por el mundo. En contradicción, las imágenes que trajeron los primeros descubridores de América eran distorsionantes, hasta tal punto que desde Europa se imaginaban a los nativos con cuerpos monstruosos.

Fue probablemente Durero (1471-1528) quien marcó el principio de la ciencia de la antropometría, ya que intentó clasificar diversos tipos humanos de acuerdo con la observación y medición sistemática de un gran número de personas.

Pero no es hasta el siglo XIX cuando se desarrolla esta ciencia y se recopilan los datos que existían hasta entonces (Blumenbach en 1825). Algo parecido hizo Alexander von Humboldt completando 5 volúmenes.

Es antiguo el concepto de tipificar y clasificar las morfologías humanas, estando aún vigentes las denominaciones de leptsómico, pícnico y atlético para expresar delgado, grueso y atlético.

El desarrollo de la producción ha generado la necesidad de conocer y utilizar las medidas del cuerpo humano, y, de hecho, existen desde hace tiempo datos antropométricos para la industria de la confección y para las de otros productos.

Desde la aparición de la ingeniería de los factores humanos, se ha desarrollado (se está desarrollando) una antropometría con el objeto específico de diseñar los puestos de trabajo: «Aplicación de los métodos fisicocientíficos al ser humano para el desarrollo de los estándares de diseño, para los requerimientos específicos y para la evaluación de los diseños de ingeniería, modelos a escala y productos manufacturados, con el fin de asegurar la adecuación de estos productos a la población del usuario pretendida».

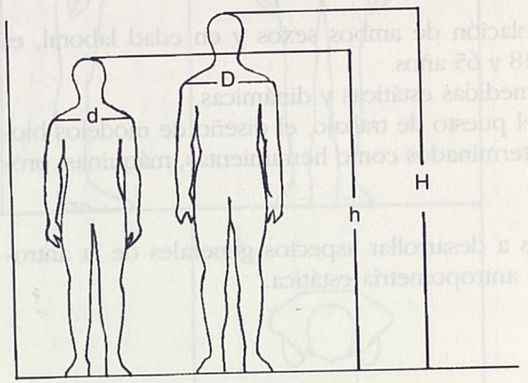
Ecuaciones de dimensión

En antropometría se trata de obtener:

- Anchura: línea recta que mide de un punto a otro en horizontal, cruzando de lado a lado el cuerpo o un segmento de éste.
- Grosor: línea recta que mide de un punto a otro en horizontal, de delante hacia atrás del cuerpo.
- Distancia: es una línea recta que mide de un punto a otro, entre dos marcas del cuerpo.
- Curvatura: es una medida de un punto a otro, siguiendo un contorno; que no suele ser cerrado ni circular.

- Circunferencia: es una medida cerrada que sigue el contorno del cuerpo. Por lo tanto, esta medida no es necesariamente circular.
- Alcance: es una medida de punto a punto, siguiendo a lo largo del eje del brazo o de la pierna.

Estas dimensiones son lineales, y suponiendo dos cuerpos de distinto tamaño pero con relaciones dimensionales armónicas; se podría considerar que existen relaciones lineales entre todos los segmentos (partes de cuerpo) homólogos considerados (Figura 3). (Esta correlación la abordaremos más adelante.)



Si existe la relación

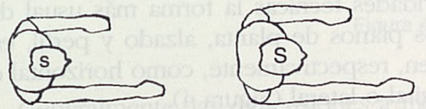
$$\frac{H}{h} = \frac{D}{d} = 1{,}12$$

entonces

$$V = L^3$$

$$\frac{PESO}{peso} = 1{,}40$$

$$S = L^2$$



$$\frac{S}{s} = 1{,}25$$

Figura 3

Derivadas de estas magnitudes tendríamos las superficies y los volúmenes. Por ejemplo, la superficie de la sección de un músculo es proporcional a la fuerza capaz de ejercer dicho músculo. El volumen es proporcional al peso corporal o de segmento.

Longitud = L	Superficie = L^2	Volumen = L^3
Fuerza = L^2	Momento = FL = L^3	Trabajo = FL = L^3

Según la fórmula de Dbeln se deduce que «la escala de tiempo es proporcional a la escala de longitudes».

Este procedimiento de representar las dimensiones nos da una idea de las relaciones de proporcionalidad que debemos aplicar para intuir el orden de magnitud en que nos movemos.

Antropometría laboral

Además de su objetivo, ya enunciado, varios aspectos singularizan la antropometría laboral:

- Se refiere a una población de ambos sexos y en edad laboral, es decir, comprendida entre 18 y 65 años.
- Hay que considerar medidas estáticas y dinámicas.
- El fin es el diseño del puesto de trabajo, el diseño de modelos biomecánicos y de productos terminados como herramientas, máquinas, protectores, etc.

En este apartado vamos a desarrollar aspectos generales de la antropometría, aplicándolos a la antropometría estática.

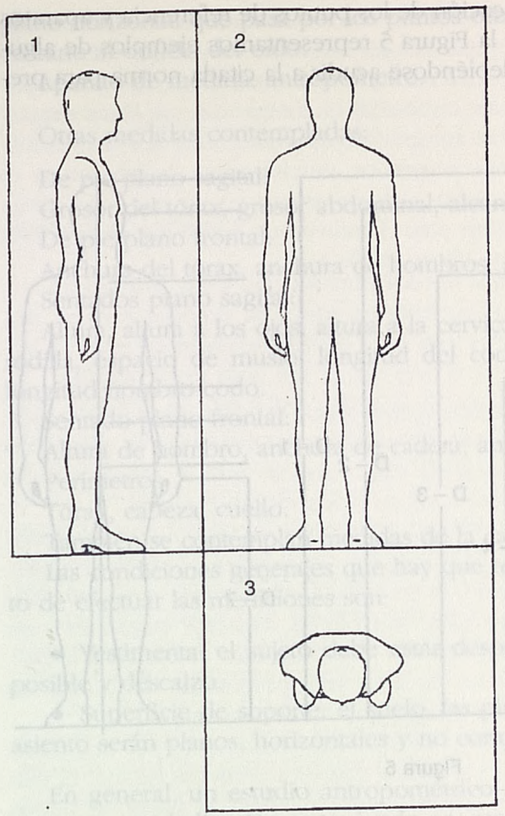
Planos de referencia

Las definiciones de anchura, grosor, etc., pueden simplificarse y comprenderse mejor si previamente definimos los planos de referencia.

Así como en ingeniería y actividades técnicas la forma más usual de representar una pieza es según los planos de planta, alzado y perfil, en biomecánica estos planos se definen, respectivamente, como horizontal o transversal, frontal o coronal, y sagital o lateral (Figura 4).

Antropometría estática

Las dimensiones estáticas son las que se obtienen con el cuerpo inmóvil y entre puntos anatómicos del esqueleto. La técnica de medida es difícil y debe ser realizada por antropólogos físicos profesionales. No obstante, se están estandarizando procedimientos de medida (ISO, CEN) que especifican, dimensiones a medir, de qué forma y con qué tipo de instrumentos de medida.



1. Plano sagital. / lateral
2. Plano frontal. / coronal
3. Plano transversal. / horizontal

Figura 4

Generalmente, las dimensiones a medir, también denominadas «variables antropométricas», se obtienen entre puntos singulares, definibles. Según la naturaleza del intervalo a medir, ya sea rectilínea o curvilínea, se utilizarán distintos tipos de aparatos. Para medir las dimensiones lineales o transversales del cuerpo se utilizan los antropómetros, varillas graduadas a las que se pueden acoplar reglas especiales para medir diámetros. Los compases y calibres son para medir grosores y espesores, así como distancias entre puntos. La cinta métrica es para medir perímetros. Los goniómetros y flexómetros miden ángulos que forman las articulaciones.

El proyecto de norma CEN referente a vocabulario, características y medidas antropométricas del cuerpo humano presenta la lista de medidas

antropométricas con especificación de los puntos de referencia y aparatos a utilizar para su medida. En la Figura 5 representamos ejemplos de algunas medidas mencionadas, debiéndose acudir a la citada norma para precisar más detalles.

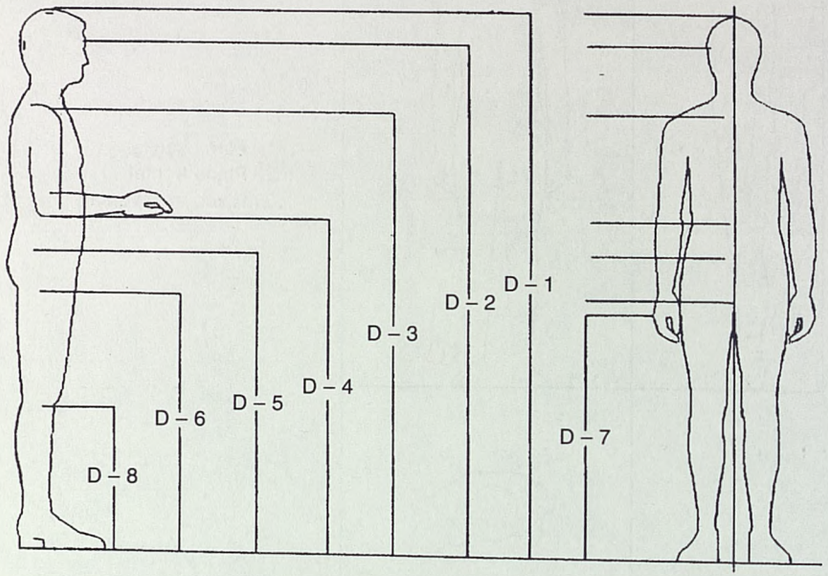


Figura 5

D – 1 Estatura = distancia vertical.
D – 2 Altura a los ojos.
D – 3 Altura a los hombros.
D – 4 Altura a los codos.
D – 5 Altura a la espina ilíaca anteroposterior.
D – 6 Altura al infrapubis.
D – 7 Altura al 3er metacarpiano.
D – 8 Altura al punto tibial.

Descripción completa de la variable estatura:

Definición: desde el suelo al punto más alto de la cabeza.

Especificaciones: el sujeto debe permanecer de pie, completamente recto, con los pies juntos. La cabeza se orienta en el Plano de Frankfurt, un

plano horizontal que pasa por los puntos orbitales y por el porión, punto cercano al orificio del oído.

Aparato de medida: antropómetro.

Otras medidas contempladas:

De pie plano sagital:
Grosor del tórax, grosor abdominal, alcance del agarre.
De pie plano frontal:
Anchura del tórax, anchura de hombros, anchura de cadera.
Sentados plano sagital:
Altura, altura a los ojos, altura a la cervical, altura de pierna, altura de rodilla, espacio de muslo, longitud del codo-agarre, grosor abdominal, longitud hombro-codo.
Sentado plano frontal:
Altura de hombro, anchura de cadera, anchura de codo a codo.
Perímetros:
Tórax, cabeza, cuello.
También se contemplan medidas de la cabeza y de las manos.

Las condiciones generales que hay que tener en cuenta en el momento de efectuar las mediciones son:

- Vestimenta: el sujeto debe estar desprovisto de ropa, o la mínima posible y descalzo.
- Superficie de soporte: el suelo, las plataformas y las superficies de asiento serán planos, horizontales y no compresibles.

En general, un estudio antropométrico completo es muy costoso en tiempo y en dedicación y, teniendo en cuenta que la población necesaria suele ser grande, llegamos a comprender el esfuerzo que supone la elaboración de las Tablas Antropométricas Nacionales, cometido asumido en España por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Tratamiento estadístico

La distribución de frecuencias de las diferentes estaturas de una población es el ejemplo clásico para explicar la campana de Gauss.

La estatura y el resto de las medidas antropométricas se distribuyen al azar (de forma estocástica) y, por tanto, es posible analizar estas variables mediante los procedimientos estadísticos propios de una distribución normal: medias, desviaciones, varianzas, etc. Esto que acabamos de afirmar es

«casi cierto», ya que se debe considerar la tendencia al incremento de dimensiones en la medida en que las generaciones son más jóvenes.

La estatura, al igual que todas las variables anatómicas, es de carácter cuantitativo y continuo. Es casi imposible encontrar dos medidas exactamente iguales, teniéndose que agrupar los valores de las distintas muestras en intervalos más o menos pequeños. Precisamente, la frecuencia es el número de observaciones cuyos valores entran en un intervalo determinado. Por ejemplo, si existen sólo 3 individuos en el intervalo 1.730-1.740 mm, la frecuencia en ese tramo es de 3.

Concepto de «hombre medio»

En no pocas ocasiones, hemos comprobado que las quejas de los trabajadores proceden de que están desarrollando tareas que se diseñaron pensando en una persona que tenía características que se alejaban de lo normal y que muy probablemente ya no desarrolla dicha tarea.

Una de las cuestiones planteadas en ergonomía es: ¿para quién se diseña?

Si se pudiera diseñar para cada persona, el problema estaría resuelto. Una buena modista diseña teniendo en cuenta infinidad de aspectos de la cliente: color del pelo y de los ojos, morfología, aspectos culturales y de moda, etc., y así se obtiene un producto absolutamente adaptado a la persona. El sastre suele adaptar a las medidas antropométricas del cliente un modelo de traje preconcebido y válido para varias personas.

Pero lo más normal en la actualidad, fundamentalmente por una cuestión de economía, es comprar vestidos y trajes ya confeccionados. El éxito de un modelo está en que, con el menor número de tallas, se pueda adaptar lo mejor posible a las medidas del mayor número de personas.

De lo expuesto podemos concluir que:

– Se debe evitar la personalización del diseño de un puesto de trabajo.

– Como regla general se debe diseñar pensando en el hombre medio, aunque hay que analizar previamente la naturaleza de las variables, ya que en diseño espacial suele ocurrir, como en el caso de los alcances, que el favorecer a los que tienen medidas más cortas no perjudica apenas a los más altos.

El modelo de hombre medio posee la media de todas las medidas antropométricas de la población considerada. De tan común o general, es decir, de tan vulgar, el modelo es singular. No existe en la realidad, ya que nadie coincide con todas las medidas del hombre medio. Pero lo interesante es

que, utilizando este modelo como referencia de las medidas, se comete, en general, el menor error posible y eso es lo que lo hace valioso.

Se acepta comúnmente que un diseño ergonómico debe ser válido, en condiciones normales, para el 90 % de la población (el 95 % en casos especiales). Esto requerirá diseños flexibles, como veremos más adelante.

Población y muestra

En nuestro caso, la población laboral será el conjunto de todos los datos antropométricos de todas las personas que trabajan (Europa, España, mi fábrica, las mujeres que trabajan en confección, etc.).

Hay que tener muy en cuenta que la población elegida sea coherente con nuestras necesidades. Existe el riesgo de aprovechar datos antropométricos procedentes del tallaje militar, estatura y peso, para estudios antropométricos laborales. Esto puede inducir a error, ya que la población militar es de hombres en torno a los 20 años. La media de estaturas es superior a la media de la población laboral, ya que esta última contiene generaciones de mayor edad que son más bajas, y, además, incluye mujeres que no existían en la población militar.

Los fabricantes que diseñan máquinas y equipos industriales tienen que considerar las medidas antropométricas de la población europea, si quieren estar presentes en ese mercado.

En poblaciones tan grandes como las expuestas, es fácil comprender que es imposible obtener las medidas de todos los individuos, por lo que se mide sólo una parte o muestra de esa población que se elige mediante una correcta estrategia de muestreo, con objeto de que represente lo mejor posible a la totalidad.

Si en una fábrica se diseñan sus propios equipos, se puede considerar la propia antropometría. Entonces, se debe tener en cuenta que la población, en términos estadísticos, no es la que existe en el momento actual, sino la que puede existir en un futuro a medio plazo (período de vigencia de lo diseñado). Es posible que la muestra se deba tomar de una población más amplia que la de la propia fábrica.

Índices univariantes

Considerando una variable de forma independiente, en nuestro caso medida antropométrica, los índices que podemos utilizar son:

– De posición: medias, percentiles. (Mediana y moda coinciden con media, aunque es un aspecto que discutiremos más adelante.)

– De dispersión: desviaciones, varianzas.

Las variables tradicionalmente más estudiadas son la estatura y el peso.

Estos datos son imprescindibles en los reconocimientos médicos, pero, sobre todo, en el tallaje de los reclutas. Por eso existen innumerables estudios procedentes de los ejércitos de distintos países, sobre todo de EE. UU.

Conociendo la media y la desviación típica de una muestra, es posible obtener un percentil o valor que deja por debajo un porcentaje determinado de individuos. El concepto ya expuesto de que en ergonomía se trata de diseñar para el 90 % de las personas queda mejor expresado diciendo que, generalmente, se diseña entre los percentiles 5 y 95.

En el plano práctico se nos pueden presentar dos problemas:

• Las tablas antropométricas nos pueden proporcionar la media y la desviación típica y queremos saber cuáles son los valores de los percentiles. Mediante la fórmula

$$X = f + sz$$

donde

X es el valor de la medida del percentil que queremos obtener;
f es la media;
s es la desviación típica;
z es una constante según el percentil elegido que se obtiene del gráfico de la Figura 6.

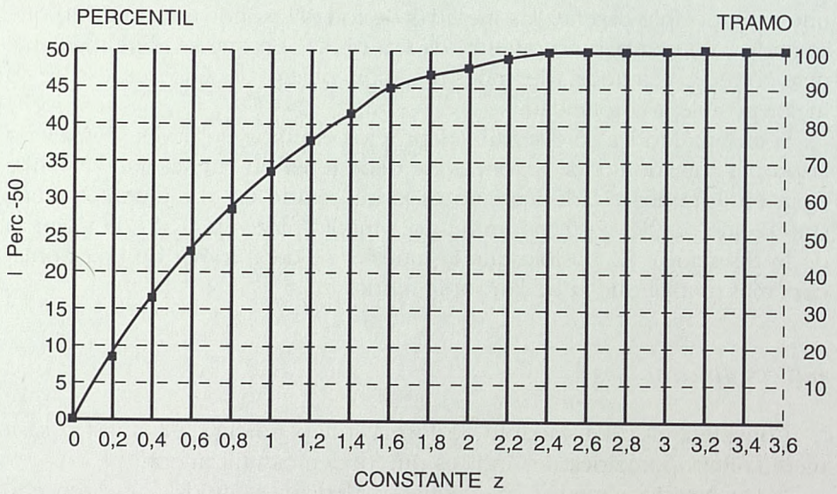


Figura 6

Si hallamos por tablas un valor de la media de la estatura de 1.736 mm y una desviación de 69 (según Kroemer 1981, para hombres civiles de 20 a 60 años) podríamos obtener:

Percentil 5; $1.736 - 69 \times 1,6 = 1.625$
Percentil 95; $1.736 + 69 \times 1,6 = 1.846$

• Las tablas nos proporcionan el valor medio y los percentiles 5 y 95 y queremos contemplar porcentajes distintos del 90 %.

Se opera a la inversa. Por ejemplo, si tenemos los siguientes valores: 1.625, 1.740, 1.855 de percentiles 5, 50 y 95, respectivamente, y se desea obtener los valores de los percentiles que incluyan el 95 % de la población, utilizaremos el gráfico (Figura 6) para obtener la desviación típica

$$1.855 = 1.740 + s * 1,6 \qquad s = 71,8$$

y operamos como en el caso anterior:

Percentil $2,5 = 1.740 - 71,8 \times 2$ (aprox.) = 1.596
Percentil $97,5 = 1.740 + 71,8 \times 2$ (aprox.) = 1.883

Índices bivariantes

Antes hemos considerado relaciones dimensionales armónicas (Figura 3), lo que significa que podríamos obtener todas las dimensiones en función de una sola. Por ejemplo, si conocemos todas las relaciones corporales, tendríamos las dimensiones del cuerpo en función de la variable más cómoda de obtener, que es la estatura.

Este método fue analizado por Barkla para obtener las dimensiones de los asientos. Obtuvo, de varios estudios, la relación de alturas del hombre sentado respecto al hombre de pie (restando altura de asiento), dando los siguientes resultados: 0,526; 0,529; 0,530; 0,530; 0,522; 0,520; 0,522; 0,528; 0,529; 0,534; 0,520.

Si aplicamos a una estatura cercana a la media, 1.670 mm (mujer + hombre) el mayor y menor coeficiente, vemos que la diferencia es de poco más de 2 cm y que el error cometido por asignar el valor medio al valor máximo, es aproximadamente de 1 cm.

– Coeficiente máximo $1.670 \text{ mm} \times 0,534 = 891,7 \text{ mm}$
– Coeficiente mínimo $1.670 \text{ mm} \times 0,520 = 868,4 \text{ mm}$
– Diferencia máxima = 23,3 mm
– Coeficiente medio $1.670 \text{ mm} \times 0,526 = 878,4 \text{ mm}$
– Error máximo = 13,3 mm

Murrell propone coeficientes para los distintos segmentos o medidas en función de la estatura. Ejemplos de los valores centrales de algunas medidas que presenta son:

Medida	CF VARÓN	CF MUJER
De pie		
Nivel de los ojos	0,936	0,938
Nivel del codo	0,608	0,603
Nivel de los hombros	0,811	0,805
Sentado		
Altura	0,522	0,532
Nivel de los ojos	0,477	0,468

Figura 7

En realidad, los coeficientes son instrumentos para obtener, pronosticar o inferir un valor en función de otro (estatura) que actúa de predictor.

Este procedimiento se puede utilizar para otros predictores, simplificando mucho la labor de medir. Esto es de gran utilidad para los proyectos de ingeniería que no requieran dimensiones de diseño de una precisión milimétrica.

En todo caso, la calidad de un predictor está en su correlación respecto a la medida a predecir. Recordemos que el coeficiente de correlación es la media aritmética de los productos de los pares de puntuaciones típicas obtenidos de una muestra. Su expresión para datos no agrupados es:

$$r = \frac{n \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} + \sqrt{n \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}}$$

Varios autores, entre ellos Kroemer, establecieron que un coeficiente de correlación r de 0,7 podía establecerse como valor límite umbral.

Basándonos en esto, podemos establecer las relaciones de valores (predictores a pronosticar) que cumplen o no esta correlación.

En general, la estatura se correlaciona bien con las variables lineales de los segmentos constituidos por huesos largos: alturas, anchuras, longitudes, etc. Para longitudes de los dedos, de las manos, etc., la correlación no es tan alta (r = 0,6). Se debe desestimar la predicción de grosores y circunferencias en general y medidas de la cabeza en particular.

Siguiendo estos criterios, a efectos prácticos y asumiendo un error, podemos confeccionar una tabla de coeficientes respecto a la estatura de los datos antropométricos españoles publicados por el INSHT en 1978.

Al analizar los datos, lo primero con lo que nos encontramos es la casi identidad de los coeficientes correspondientes a las mismas variables. Esto confirma la posibilidad de poder pronosticar valores en función de la estatura (Figura 8).

VARONES			
	MEDIA	%5	%95
Altura al nivel de los ojos	0,94	0,93	0,95
Altura al nivel de hombros	0,83	0,82	0,85
Altura al nivel de los codos	0,64	0,61	0,67
Alcance máx. vertic. mano	1,25	1,23	1,28
Alcance máx. frente mano	0,46	0,41	0,50
Longitud del brazo	0,20	0,18	0,22
Longitud antebrazo	0,16	0,15	0,17
Longitud cadera-rodilla	0,30	0,25	0,33
Altura al nivel de las rodillas	0,29	0,26	0,31
MUJERES			
	MEDIA	%5	%95
Altura al nivel de los ojos	0,94	0,93	0,95
Altura al nivel de hombros	0,83	0,82	0,85
Altura al nivel de los codos	0,64	0,62	0,66
Alcance máx. vertic. mano	1,24	1,20	1,28
Alcance máx. frente mano	0,45	0,40	0,50
Longitud del brazo	0,20	0,19	0,21
Longitud antebrazo	0,16	0,15	0,17
Longitud cadera-rodilla	0,32	0,27	0,35
Altura al nivel de las rodillas	0,29	0,27	0,31

Figura 8

Variabilidad de las poblaciones

Cuando utilicemos datos antropométricos, debemos conocer su procedencia y la composición de la muestra, ya que pueden no ser aplicables a nuestra población.

Existen factores de variabilidad de la población (sexo, edad, composición étnica, e incluso el desarrollo económico, etc.) que deben ser tenidos en cuenta en la estrategia de muestreo. Si estableciésemos muestreos independientes por cada uno de los aspectos mencionados, veríamos que existen desplazamientos de las curvas de distribución de frecuencias, por ejemplo, de la estatura, existiendo curvas de Gauss perfectamente diferenciadas.

Pero una población laboral debe tener una distribución única sin distinción de edades, sexos, etnias, para evitar discriminaciones según establece la Constitución y el Estatuto de los Trabajadores. Por ello, si queremos cometer el menor error posible, aplicando esta distribución única, debemos tener en cuenta todos estos aspectos, estratificando la población y tomando los individuos de la muestra adecuadamente. En todo caso, el detalle del muestreo y de la toma de datos en el ámbito nacional y europeo trascienden de los límites de este capítulo.

Factor sexo

Si bien los cuadros de coeficientes no indican diferencias, los valores absolutos de las variables de los varones son superiores en su totalidad a los de las mujeres.

En el cuadro de la Figura 9 reflejamos las diferencias absolutas y las relaciones de los valores medios. En valores longitudinales las relaciones son aproximadamente de 1,07.

Anatómicamente la cadera de la mujer es morfológicamente distinta a la del hombre, lo que se refleja en una aproximación de los valores absolutos, llegando a una relación cercana a la unidad.

Estas diferencias longitudinales tienen gran importancia en los cálculos biomecánicos, debido al efecto multiplicador de las palancas que se forman en el esqueleto, dando una ventaja biomecánica al hombre del orden de un 20 % en condiciones normales de elevación de carga (según veremos más adelante).

	VARÓN	MUJER	DIF.	REL.
Peso	70,30	57,48	12,55	1,22
Estatura	1.685,97	1.581,23	104,74	1,07
Altura al nivel de los ojos	1.582,52	1.478,90	103,62	1,07
Altura al nivel de hombros	1.401,00	1.311,67	89,33	1,07
Altura al nivel de los codos	1.073,88	1.011,24	62,64	1,06
Alcance máx. vertic. mano	2.103,40	1.956,45	146,95	1,08
Alcance máx. frente mano	768,71	713,70	55,01	1,08
Longitud del brazo	341,46	322,45	19,01	1,06
Longitud antebrazo	275,40	252,68	22,72	1,09
Longitud cadera-rodilla	506,55	504,66	1,89	1,00
Altura al nivel de las rodillas	482,96	452,98	29,98	1,07

Figura 9

Se puede utilizar el modelo presentado por Kroemer para pronosticar tales valores de altura de mano, hombro y alcance.

(R^2 = 0,9964)

$$HV = [35{,}30985 + 64{,}14671 \times HL - 11{,}71 \times SEX - 0{,}18187 \times PP]$$

donde

HV: valor de altura en cm;
HL: nivel de altura (mano = 1; hombro = 2; alcance = 3);
SEX: sexo (hombre = 1; mujer = 2);
PP: porcentaje de población (por ejemplo, 95).

Diferencias étnicas

Aspectos genéticos, alimenticios y medioambientales configuran los distintos grupos étnicos. Es evidente que un japonés es más bajo que un americano y que, en la referencia de datos antropométricos de los trabajadores de Europa Central, se especifica la proporción de europeos meridionales.

Pheasant define «grupo étnico» como «un conjunto o población de individuos que habitan distribuidos en una zona geográfica específica, que tienen ciertas características en común que sirven, en términos estadísticos para distinguirlos de otros grupos».

Hay que tener en cuenta las distintas etnias en la elaboración de los datos antropométricos. Tuvimos ocasión de comprobar que la población trabajadora de São Paulo (Brasil) estaba compuesta de individuos de origen europeo, africano y asiático. En Chile existen distintas etnias a lo largo de sus casi 4.500 km de costa, etc.

En España, el desarrollo de las comunicaciones ha integrado etnias claramente diferenciadas. No obstante, en la estrategia de muestreo de los datos antropométricos nacionales se han tenido en cuenta las distintas áreas geográficas.

Como curiosidad, en un estudio de una población de mujeres coreanas, cuya referencia omitimos, se concluye que las dimensiones corporales de sus trabajadoras son menores que las de las trabajadoras occidentales, pero superiores, en la mayoría de las variables, a las obtenidas de las trabajadoras japonesas.

En el cuadro siguiente incluimos los valores de algunas de las dimensiones presentadas por el estudio, valores medios de población femenina en relación con las de otros países. (La inclusión de los valores españoles es nuestra.)

	Corea	España	Inglaterra	EE. UU.	Japón
Estatura	1.580	1.581	1.620	1.625	1.530
Altura al nivel de los ojos	1.471	1.479	1.515	1.525	1.425
Altura al nivel de hombros	1.282	1.312	1.320	1.325	1.145
Altura al nivel de codos	988	1.011	1.015	1.020	955

A la vista parcial de los datos, parece evidente que las primeras conclusiones son ciertas, pero, cuando analizamos el origen de los datos del estudio y los tomados como referencia, pueden surgir algunas dudas.

El trabajo de recolección de datos de la población coreana se inició en junio de 1987, se eligieron 101 individuos para la muestra de forma aleatoria, utilizando una lista de todas las empleadas de la empresa (7.000). Las edades estaban comprendidas entre 18-28 años (22,3 q2,2).

Los valores británicos son de Redgrove (1979), los americanos de Stoudt (1965) y los japoneses de Yanagisawa (1974).

Dos aspectos –que desarrollaremos a continuación– son definitivos para no poder considerar comparables estos datos así presentados.

- Vigencia de los datos: según el efecto denominado «tendencia secular».
- Aspectos sociales de las distintas áreas.

Influencia de la edad

Parece claro que la juventud actual es más alta que la de la posguerra. Esto no es un fenómeno aislado y está contemplado dentro del concepto «tendencia secular».

Este concepto se utiliza para describir las alteraciones (en un período de tiempo) de las características medibles del ser humano. Este período se considera amplio, de aproximadamente un siglo. De ahí su nombre.

Entre otras, se observa la tendencia del incremento de estaturas del adulto occidental desde el año 1880 hasta, al menos, el año 1960, con disminución del tiempo en que esa estatura se alcanza. Pero esta tendencia no es una función rectilínea y constante, y parece que en la actualidad esa velocidad de incremento es menor. España mantiene una velocidad de incremento superior a otros países europeos, con lo que la tendencia es a igualarnos con ellos. En la actualidad el joven español es de talla similar a la del británico.

Los japoneses presentaban una tendencia secular muy importante en el período de 1957-1967 y un incremento inferior pero muy importante en el período 1967-1977.

Occidente	1 cm por década.
Japón	3 cm (1957-1967)
	2 cm (1967-1977).
España	2 cm por década.

Vemos que comparar datos de 1987 con datos de 1974, según el estudio del párrafo anterior, puede inducirnos a un error de alrededor de 2 cm en la estatura.

La edad tiene otros efectos que están relacionados con la propia historia fisiológica del individuo. A partir de cierta edad, entre los 40 y los 50, existe un acortamiento de la estatura de carácter permanente.

Influencia del entorno social

Parece que las condiciones sociales favorables tienden a incrementar la estatura y el peso hasta un valor. La velocidad de crecimiento disminuye en la medida en que nos acercamos a ese valor. No obstante, aunque se constata este hecho, no existe una explicación definitiva que nos permita cuantificar el fenómeno.

Pero existe otro factor social que influye en la distribución de una población laboral: el trabajo de la mujer.

En España no se ha generalizado el trabajo de la mujer hasta hace poco y, en los países orientales, las mujeres suelen trabajar hasta que se casan. Por eso, comparar poblaciones de mujeres coreanas con mujeres británicas o americanas debe inducir a error, ya que el espectro de las edades laborales de estas últimas es más amplio.

El espacio de trabajo

El espacio de trabajo queda definido en la norma ISO 6385 como «el volumen asignado a una o varias personas, así como los medios de trabajo que actúan conjuntamente con él (o ellos) en el sistema de trabajo para cumplir la tarea». Suponiendo que un trabajador desarrolle una tarea concreta en un lugar determinado, durante un período relativamente largo, podemos hablar de puesto de trabajo (en su sentido físico).

Las demandas de la tarea y el espacio disponible deben ajustarse a las capacidades humanas. Por eso, el diseño del puesto de trabajo debe realizarse según los datos obtenidos en las investigaciones realizadas sobre el propio hombre como parte del sistema de trabajo o, lo que es lo mismo, sobre el hombre en pleno proceso, con todo lo que esto implica.

En este sentido, los datos antropométricos definidos en párrafos anteriores están tomados sobre personas quietas, que no tienen que ver con un proceso de trabajo, que, normalmente, implica movimiento. La antropometría estática debe convertirse en antropometría dinámica o funcional, donde los segmentos corporales están actuando.

El buen diseño de un puesto de trabajo debe garantizar la asignación correcta de espacio y la disposición armónica de los medios de trabajo, de forma que la persona no tenga que esforzarse con movimientos inútiles o desproporcionados.

Consideramos que se deben tener en cuenta tres aspectos:

- Posturas.
- Movimientos.
- Visibilidad.

Posturas

La postura o disposición espacial de los segmentos corporales supone en sí misma una carga que genera un esfuerzo, tanto mayor en cuanto el cuerpo se aleje de una situación de equilibrio estable.

La propia exigencia de la tarea establecerá el grado de dedicación postural. Existen trabajos que imponen una posición fija a la persona. La dependencia postural de un conductor o de la persona que introduce datos en un ordenador es evidente.

Movimientos

Si la geometría y disposición de los elementos a utilizar no son adecuadas, los movimientos pueden forzar angulaciones articulares por encima de los límites de confortabilidad.

Los trabajos en serie o en cadena generan muchos movimientos iguales. Esta repetitividad es causa de lesiones y de la creación del sentimiento de tedio, que no favorecen a los niveles de bienestar emocional y psicológico que demanda Tichauer para un «trabajo biomecánico tolerable».

Visibilidad

El conjunto de objetos que debe o puede observar un trabajador desde su puesto de trabajo se llama ergorama, y se debe disponer de tal forma que la postura que adopte la cabeza durante la mayor parte del tiempo no sea nociva.

Tichauer expone los pre-requisitos de un trabajo tolerable desde el punto de vista biomecánico:

- Postural
  - Mantener los codos bajos.
  - Minimizar los momentos estáticos en la columna.
  - Considerar la diferencia de sexo.
  - Optimizar la configuración esquelética.
  - Evitar movimientos de la cabeza.
- Ingeniería
  - Evitar la compresión isquémica.
  - Evitar vibraciones críticas.
  - Individualizar los diseños de asientos.
  - Evitar la concentración de tensiones.
  - Mantener la muñeca recta.
- Kinesiológicos
  - Disponer los alcances hacia delante, cortos.
  - Evitar la insuficiencia muscular.
  - Evitar movimientos en línea recta.
  - Considerar el trabajo con guantes.
  - Evitar la fatiga de los músculos antagonistas.

Posición de trabajo

La estabilidad de un cuerpo inerte viene determinada por su superficie de sustentación. Por eso, la postura más estable de una persona es, sin duda, la de acostado, pero no es fácil concebir trabajos en esa posición. En lo sucesivo vamos a adoptar el término «posición» para denominar las posturas singulares, tales como de pie, sentado, agachado, acostado, etc., y simplemente «postura» para denominar las distintas formas que adopta el cuerpo en cada posición, por ejemplo, encorvado, brazos en alto, etc.

Un cuerpo inerte de proporciones similares a las del cuerpo humano de pie presentaría, según la mecánica, un equilibrio inestable. Una pequeña fuerza exterior bastaría para producir su caída. Esto no ocurre con el hombre, ya que ha desarrollado su propia estabilidad cuando está de pie o en bipedestación, mediante un sistema: equilibrio-tonicidad muscular (un bucle de control-regulación), que supone un gasto energético importante.

La bipedestación del ser humano es una característica singular, única entre los mamíferos, que ha influido de forma importante en su propia morfología.

La posición sentada es más estable, supone, por tanto, menor gasto energético y, como consecuencia, menor fatiga. Por eso, en la actualidad se está imponiendo esta posición, de forma que el 75 % de los puestos de trabajo actuales se diseñan para estar sentado.

No obstante, esta posición es antinatural y supone una basculación de la cadera y una modificación de la disposición de la columna vertebral, que pasa del perfil natural (lordósico) cuando está de pie, a un perfil (cifótico) que genera más tensiones.

Como curiosidad, el concepto de «silla» era desconocido por los pueblos primitivos y la posición de sentado se ha adoptado para el trabajo sólo desde principios de siglo.

Ventajas e inconvenientes de cada posición

Cada posición presenta ventajas e inconvenientes, de ahí que sea necesario efectuar un análisis previo para determinar la posición idónea del trabajo.

La posición de pie tiene sus inconvenientes, sobre todo en un trabajo estático: mayor gasto de energía, insuficiente circulación de la sangre en los miembros inferiores, etc., pero es mejor que la sentada para efectuar esfuerzos.

En la posición de pie los músculos están en disposición de ejercer más fuerza. Por ejemplo, se ha demostrado que la fuerza de pinza es superior cuando la posición es de pie.

La norma AFNOR 35-104, de abril de 1983, presenta un cuadro para analizar los aspectos a tener en cuenta al decidir la posición de una tarea (Figura 10).

En primer lugar, se debe considerar si el puesto de trabajo es fijo o no, y bajo este aspecto es conveniente matizar que pueden existir puestos fijos que se mueven, por ejemplo, un tractorista. En este caso, si bien la posición relativa de los planos de trabajo, mandos y visualizadores respecto al cuerpo permanece constante, el ergorama es móvil. En todo caso, para este análisis lo consideraremos como un puesto fijo.

El concepto de «cargas ligeras» supone mover objetos ligeros y no voluminosos, con la posibilidad de que estos movimientos se efectúen suavemente. Los otros aspectos analizados son evidentes y no necesitan aclaración.

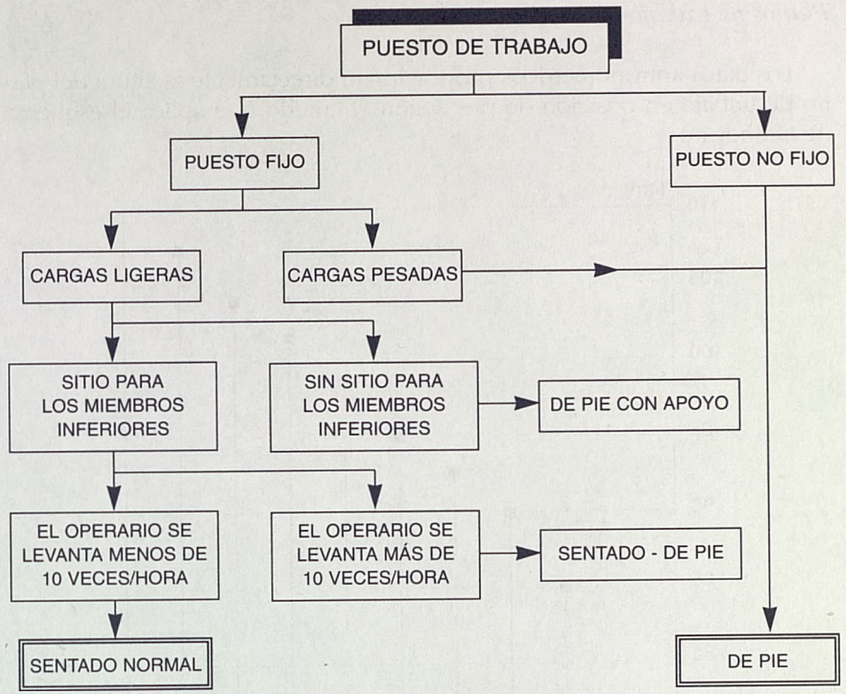


Figura 10

Con estos datos podemos definir la posición de trabajo: sentado normal, sentado de pie, de pie con apoyo, de pie. De todas ellas, la posición sentado de pie es la que permite mayor flexibilidad postural y, si es posible adoptarla en un trabajo industrial, será probablemente la mejor opción.

Planos de trabajo

Los planos de trabajo contienen los elementos que normalmente utiliza el trabajador por contacto directo (manos, pies) o visual (visualizadores).

En principio, se podría decir que el plano de trabajo coincide con el plano de la mesa de trabajo, pero hay que añadir las dimensiones de los objetos o dispositivos que deben utilizarse. Por eso es conveniente conocer las dimensiones de las piezas que se van a procesar en cada tarea.

Otro aspecto es el tipo de trabajo a realizar. La minuciosidad y precisión requiere un plano de trabajo más próximo a los ojos.

Planos de trabajo en la posición de pie

Los datos antropométricos proporcionan directamente la altura del plano de trabajo en posición de pie, según el criterio que aplica el esquema de Grandjean.

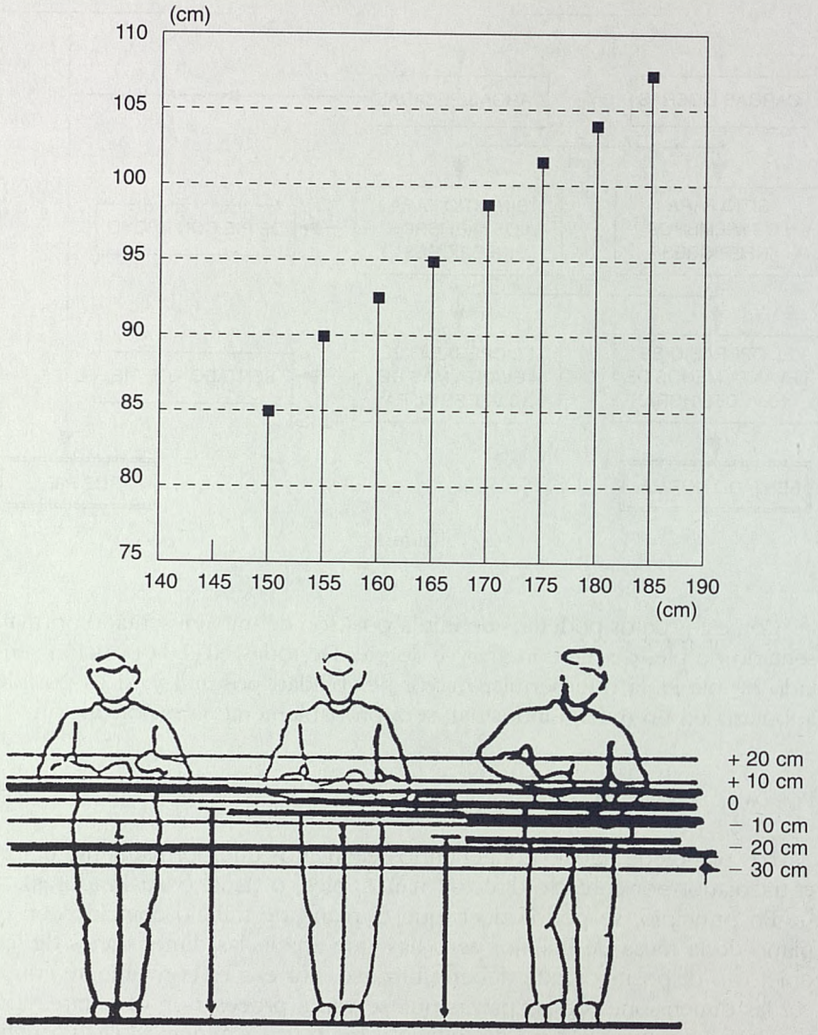


Figura 11. Plano de trabajo en función de la talla y del tipo de trabajo.

Según la Figura 11, la altura de la persona determina la altura del plano de trabajo para una tarea considerada normal, que no requiera aplicación de fuerza ni que ésta sea una tarea minuciosa.

Por ejemplo, si se considera una población cuyo valor medio de altura es 170 cm, la altura del plano de trabajo sería de 98 cm.

Aquí vuelve a surgir el problema de la dispersión de las medidas antropométricas de una población: ese plano de trabajo sólo es válido para las personas que midan 170 cm, valor que no se da, con toda probabilidad, en ninguno de los usuarios para los que estamos diseñando. Pero ese valor es el que mejor acomoda a la mayoría de los trabajadores considerados.

Si existe la posibilidad de regular la altura del plano de trabajo, los límites máximos y mínimos se deben calcular según las fórmulas presentadas anteriormente, intentando que esa flexibilidad contemple el 90 % de los trabajadores.

Para una tarea minuciosa, el plano de trabajo se debe elevar de 10 a 20 cm, según los casos. Para una tarea que requiera que el trabajador transmita fuerza, el plano se debe bajar desde el valor normal obtenido por el gráfico, unos 10, 20 o 30 cm, según la magnitud y naturaleza del esfuerzo. Esto proporcionará la posibilidad de actuar más eficazmente y con mayor cantidad de músculos y huesos, en definitiva, con mayor número de cadenas cinéticas.

Planos de trabajo en la posición sentada

En un capítulo posterior se desarrolla el diseño de asientos, pero ahora nos interesa conocer los criterios aplicados para determinar la altura del plano de trabajo sentado.

En primer lugar consideraremos los ángulos de confort presentados por Wisner (Figuras 12 y 13). En realidad, éste nos proporciona unos entornos de los límites mínimos y máximos de apertura donde las articulaciones no están sometidas a tensiones por encima de lo normal. Es fácil comprender la infinidad de posibilidades posturales que se pueden dar dentro de estos límites, pero también es fácil, sin tener en cuenta este criterio, diseñar fuera de estos límites.

Por otra parte, consideraremos el estudio efectuado por Tichauer, que demuestra la importancia de los ángulos de abducción en el desarrollo de tareas de pequeños montajes.

«Abducción» significa alejamiento del eje vertical del cuerpo. Por ejemplo, el ángulo de abducción del brazo es el que éste forma en la axila, siendo los dos lados de dicho ángulo, el brazo y el tórax.

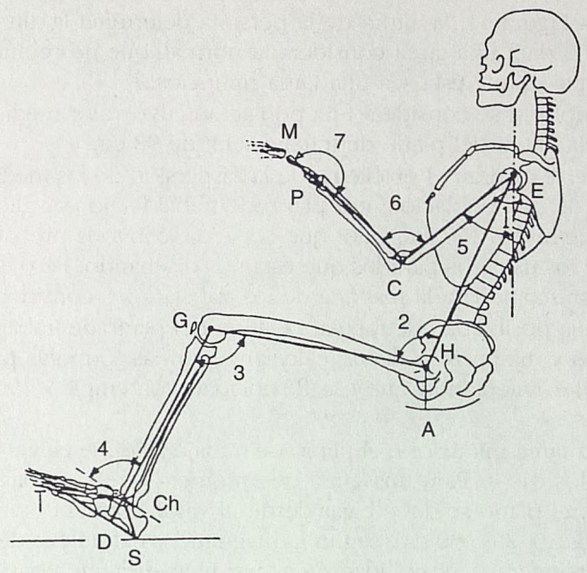


Figura 12. Analogía entre el esqueleto y el sistema de eslabones articulados.

DEFINICIÓN	REFERENCIA FIGURA 3	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Eje tronco - vertical	A1	10°	20°
Eje tronco - eje cadera	A2	90°	110°
Eje cadera - eje pierna	A3	95°	120°
Eje pierna paralelo al suelo	A4	90°	110°
Eje brazo - vertical (flexión)	A5	10°	35°
Eje brazo - vertical (abducción)	A5	8°	30°
Eje brazo - eje antebrazo	A6	80°	160°
Eje antebrazo - eje mano (flexión)	A7	180°	190°
Eje antebrazo - eje mano (incl. lateral)	A7	170°	190°

Figura 13. Los ángulos del confort.

Los resultados de este estudio se presentan en la Figura 14, donde se observa que el menor gasto energético se consigue con un ángulo de abducción en torno a 10°, que coincide con la mayor tasa de rendimiento.

Es precisamente la distancia entre el plano de trabajo y el de asiento lo que va a determinar la postura, ya que la situación de los pies se puede acomodar fácilmente con un apoyo adecuado.

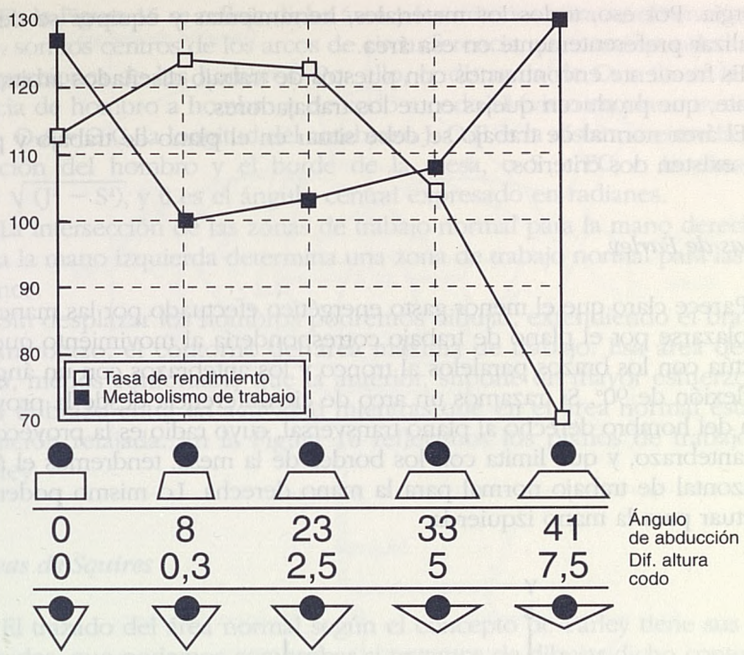


Figura 14. Influencia de la altura del plano de trabajo.

Como conclusión podríamos decir que un buen diseño de la posición sentada es aquel que contempla los ángulos de confort de Wisner y el ángulo de abducción de entre 5° y 25° (esto último si los brazos deben estar en posición básicamente fija, en un trabajo en cadena).

Combinar antropométricamente todo esto es complicado, ya que se deben tener en cuenta las distancias entre cadera y hombros, entre hombros y codo, etc., pues la flexibilidad que nos proporciona el ángulo del tronco-vertical es sólo de 10°.

En realidad, el problema se simplifica enormemente si al menos uno de los planos es flexible, puesto que entonces la postura se puede acomodar más fácilmente.

Áreas y volúmenes de trabajo

El área normal de trabajo es la zona más conveniente para que los movimientos de las manos se puedan realizar con un gasto normal de

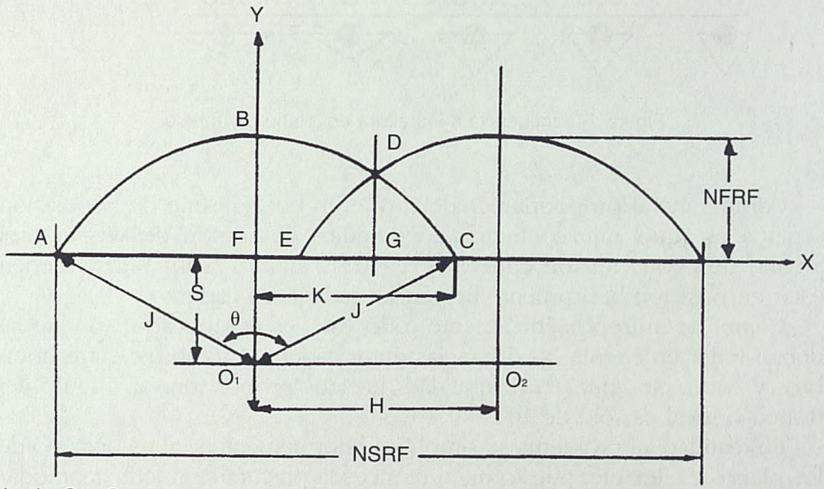
energía. Por eso, todos los materiales, herramientas y equipos se deben localizar preferentemente en esa área.

Es frecuente encontrarnos con puestos de trabajo diseñados arbitrariamente, que producen quejas entre los trabajadores.

El área normal de trabajo se debe situar en el plano de trabajo y para ello existen dos criterios.

Áreas de Farley

Parece claro que el menor gasto energético efectuado por las manos al desplazarse por el plano de trabajo correspondería al movimiento que se efectúa con los brazos paralelos al tronco y los antebrazos con un ángulo de flexión de 90°. Si trazamos un arco de circunferencia desde la proyección del hombro derecho al plano transversal, cuyo radio es la proyección del antebrazo, y que limita con los bordes de la mesa, tendremos el área horizontal de trabajo normal para la mano derecha. Lo mismo podemos efectuar para la mano izquierda.



donde, O_1 y O_2 son los centros de los arcos de circunferencia que corresponden a las proyecciones de los hombros.
H es la distancia codo a codo (visto en el plano transversal).
$O_1A = O_1C$ es la longitud del antebrazo (J).
O_1F es la distancia entre la proyección del hombro y el borde de la mesa (S).
FC es la distancia $K = \sqrt{(J^2 - S^2)}$.
θ es el ángulo central expresado en radianes.

Figura 15. Área de trabajo normal de Farley.

En la Figura 15 se refleja dicha área y los criterios para su obtención. O_1 y O_2 son los centros de los arcos de circunferencia que corresponden a las proyecciones de los hombros. Por ello, la distancia de O_1 a O_2 es la distancia de hombro a hombro o de codo a codo H (visto en plano transversal). $O_1A = O_1C$, la longitud del antebrazo J. O_1F es la distancia entre la proyección del hombro y el borde de la mesa, o S y FC, o la distancia $K = \sqrt{(J^2 - S^2)}$, y θ es el ángulo central expresado en radianes.

La intersección de las zonas de trabajo normal para la mano derecha y para la mano izquierda determina una zona de trabajo normal para las dos manos.

Sin desplazar los hombros podremos dibujar, extendiendo el brazo y el antebrazo, el contorno del área máxima de trabajo. Esa área de trabajo, menos confortable que la anterior, supone un mayor esfuerzo, ya que el brazo entra en actividad mientras que en el área normal está en posición relajada. En la Figura 16 reflejamos los planos de trabajo de Farley.

Áreas de Squires

El trazado del área normal según el concepto de Farley tiene sus dificultades, que podemos comprobar si tratamos de dibujar dicho contorno. Vemos que:

- Existe una limitación de movimiento y el arco no llega a cortar el borde de la mesa.
- En el movimiento real, el codo describe un arco de circunferencia por donde, en vez de un eje fijo como en el caso anterior, se traza el contorno deseado. Este contorno tendrá la forma de una epicicloide, pues está descrita por un punto de una circunferencia que gira alrededor de la parte convexa de otra circunferencia fija.

Éstos son los conceptos aplicados por Squires en su definición de área normal. Esta curva viene expresada por ecuaciones paramétricas:

$$x = (R + r)\cos\theta - r\cos(1 + R/r)\,\theta$$
$$y = (R + r)\,\mathrm{sen}\theta - r\,\mathrm{sen}(1 + R/r)\,\theta$$

También, como en el concepto de Farley, existe un área normal para la mano derecha y otra para la mano izquierda, y la intersección de ambas nos proporciona el área normal de trabajo para las dos manos.

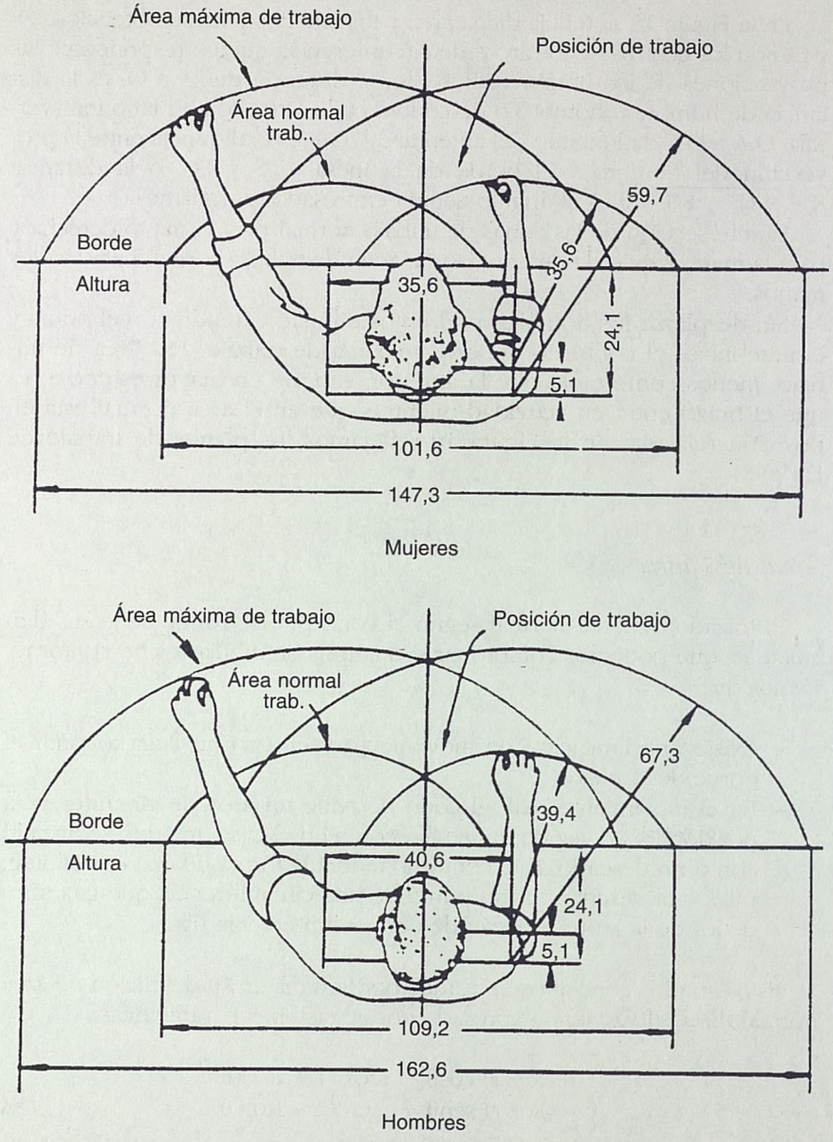


Figura 16. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal para operadores hombres y mujeres (desarrolladas por Farley).

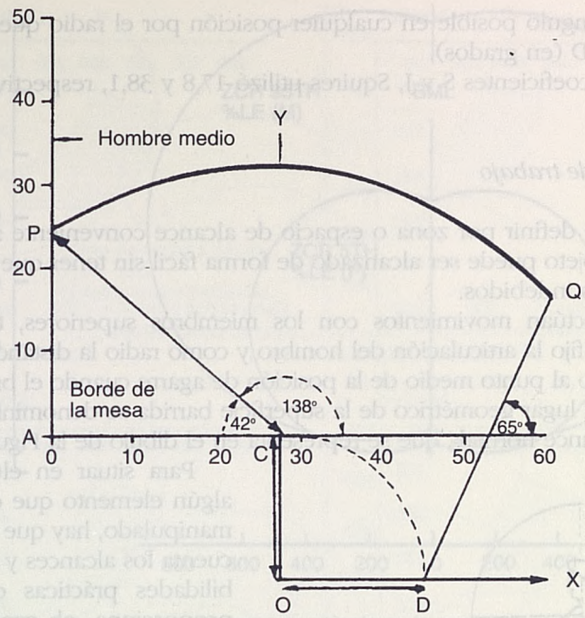


Figura 17. Área normal de Squires para la mano derecha.

El origen de coordenadas O es la proyección perpendicular del hombro. El arco CD representa el desplazamiento del codo, y Squires considera que es un arco de circunferencia. Con el movimiento del antebrazo, el codo (centro de giro) se mueve desde su posición inicial C a su posición final D, de tal forma que la posición de D y la de Q se alcanzan simultáneamente.

Se asume que el ángulo entre la tangente al arco CD y el antebrazo puede decrecer gradualmente desde 42° a 25°.

La fórmula de la epicicloide para el arco PQ es:

$$x = S\cos\theta - J\cos[65 + (73\ 90)\ \theta]$$
$$y = S\,\mathrm{sen}\theta - J\mathrm{sen}[65 + (73\ 90)\ \theta]$$

donde

S es la distancia OC, que es, a su vez, la distancia entre la proyección del codo y del hombro;

J es la distancia CP desde el codo al final del pulgar;

θ es el ángulo posible en cualquier posición por el radio que barre el arco CD (en grados).

Para los coeficientes S y J, Squires utilizó 17,8 y 38,1, respectivamente.

Volúmenes de trabajo

Se puede definir por zona o espacio de alcance conveniente aquel en el que un objeto puede ser alcanzado de forma fácil sin tener que efectuar movimientos indebidos.

Si se efectúan movimientos con los miembros superiores, tomando como punto fijo la articulación del hombro y como radio la distancia desde ese punto fijo al punto medio de la posición de agarre cuando el brazo está extendido, el lugar geométrico de la superficie barrida se denomina «envolvente de alcance normal», que se representa en el dibujo de la Figura 18.

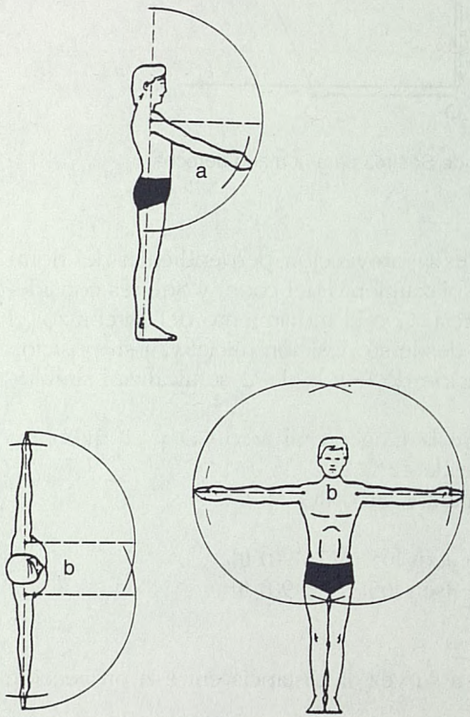


Figura 18. Zona conveniente de alcance.

Para situar en el espacio algún elemento que debe ser manipulado, hay que tener en cuenta los alcances y las posibilidades prácticas que nos proporciona el espacio de que disponemos. Generalmente, tendremos que situar el elemento en una pared, cuyo plano cortará a la envolvente mencionada en el párrafo anterior, proporcionándonos un perfil circular, o doble circular si se toman las dos manos (Figura 19).

El perfil que se forma es función de la distancia, ya que el radio de los círculos se obtiene por Pitágoras:

$$R = \sqrt{(a^2 - d^2)}$$

Siguiendo con similares pero no idénticos planteamientos, Tisserand y Saulnier publicaron volúmenes de trabajo para zonas de fácil alcance (zonas punteadas) y para

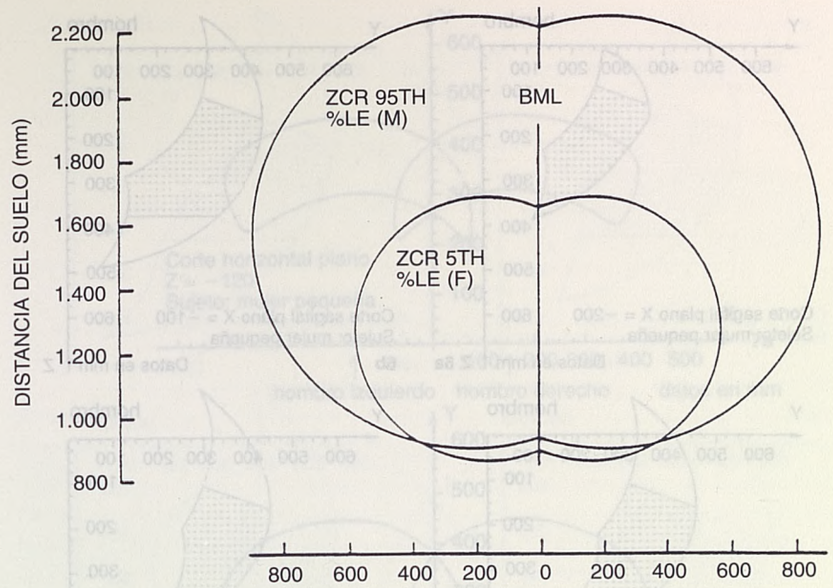


Figura 19. Proyección de alcance conveniente en la superficie vertical situada a 500 mm de los hombros para un percentil 95 (hombres) y 5 (mujeres) (desarrollado por Pheasant).

alcance aceptable (Figuras 20, 21, 22 y 23). Fuera de esas opciones, alcanzar algo supone posturas muy forzadas.

Más sencillos, aunque con un ligero error fácil de comprender, son los cuadros presentados por AFNOR y RNUR en los que, aparte de proporcionarnos un criterio de aplicación relativamente fácil de evaluar, nos proporciona datos para el diseño de puestos en distintas posiciones (Figura 24).

Disposición espacial de los elementos

Desde el punto de vista ergonómico del sistema hombre-máquina, el estudio contempla todos los aspectos para la mejor comunicación entre los elementos de dicho sistema: el hombre y la máquina.

Entre otros aspectos (ambientales, percepción, codificación, etc.), los biomecánicos tienen su importancia, como hemos visto anteriormente, y son los que vamos a abordar en este apartado.

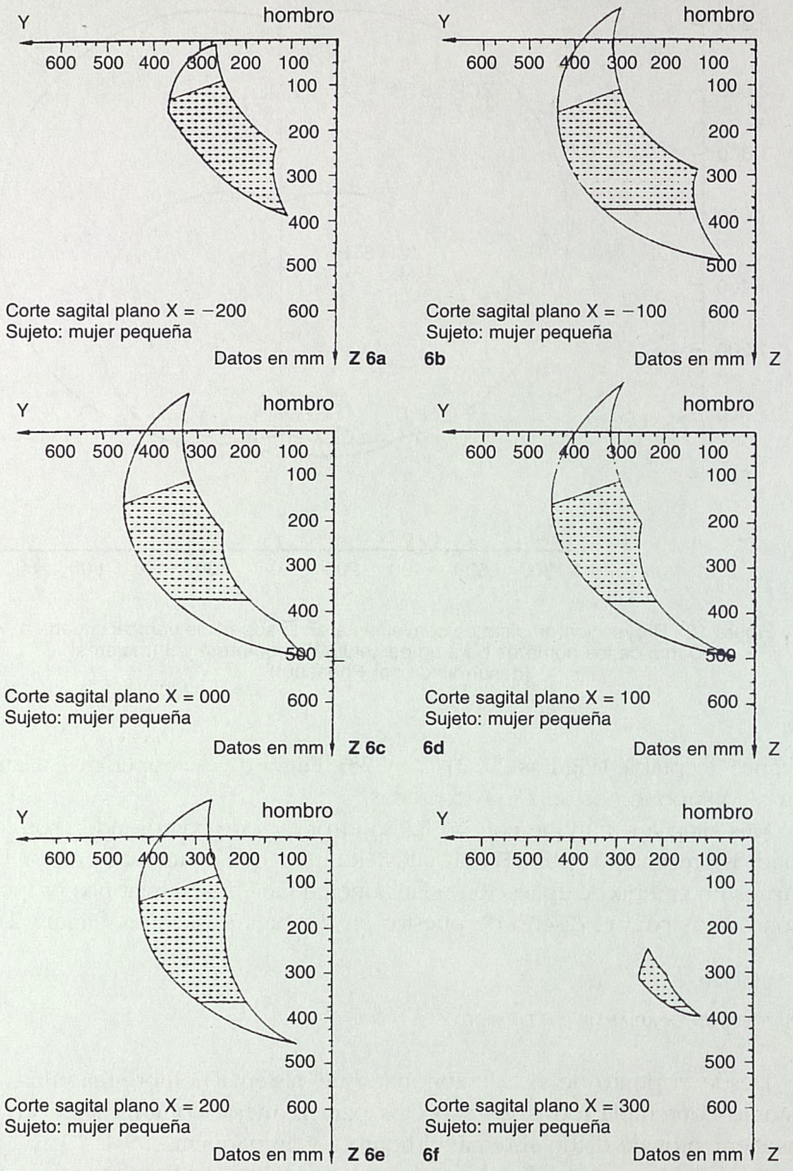


Figura 20. Corte sagital del volumen funcional (mujeres de talla pequeña - 5 %).

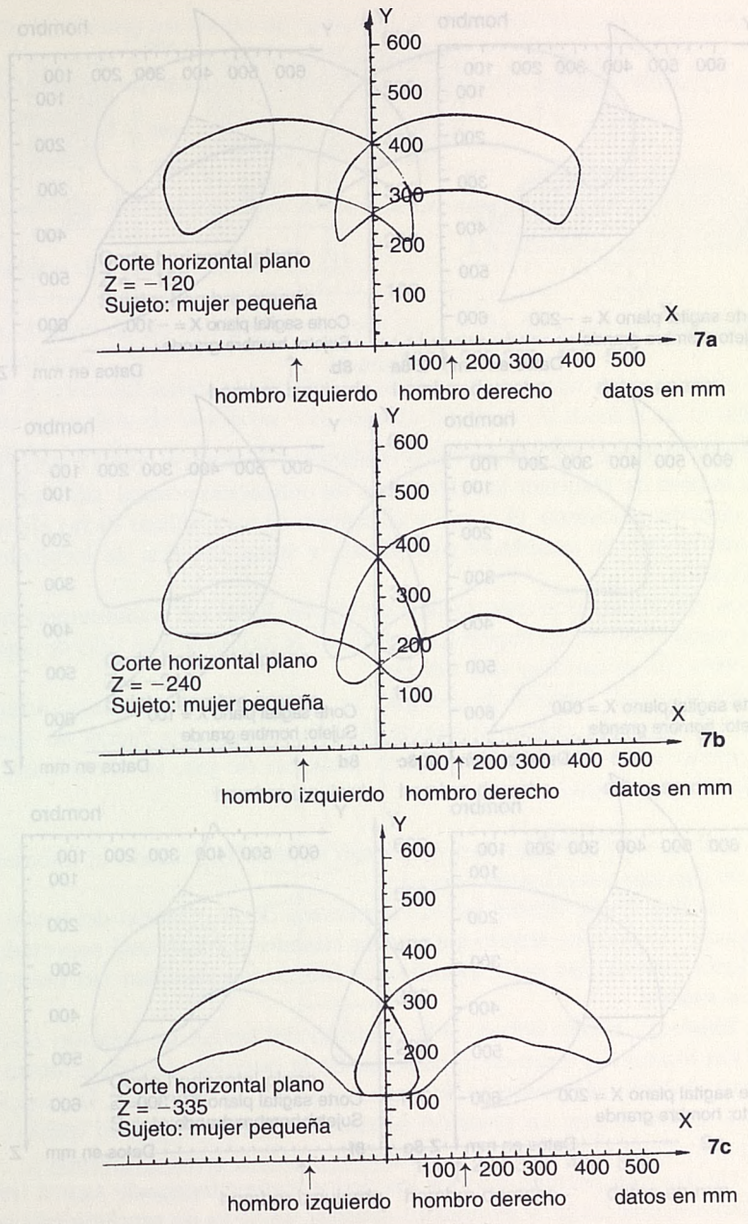


Figura 21. Corte horizontal del volumen funcional (mujeres de talla pequeña - 5 %).

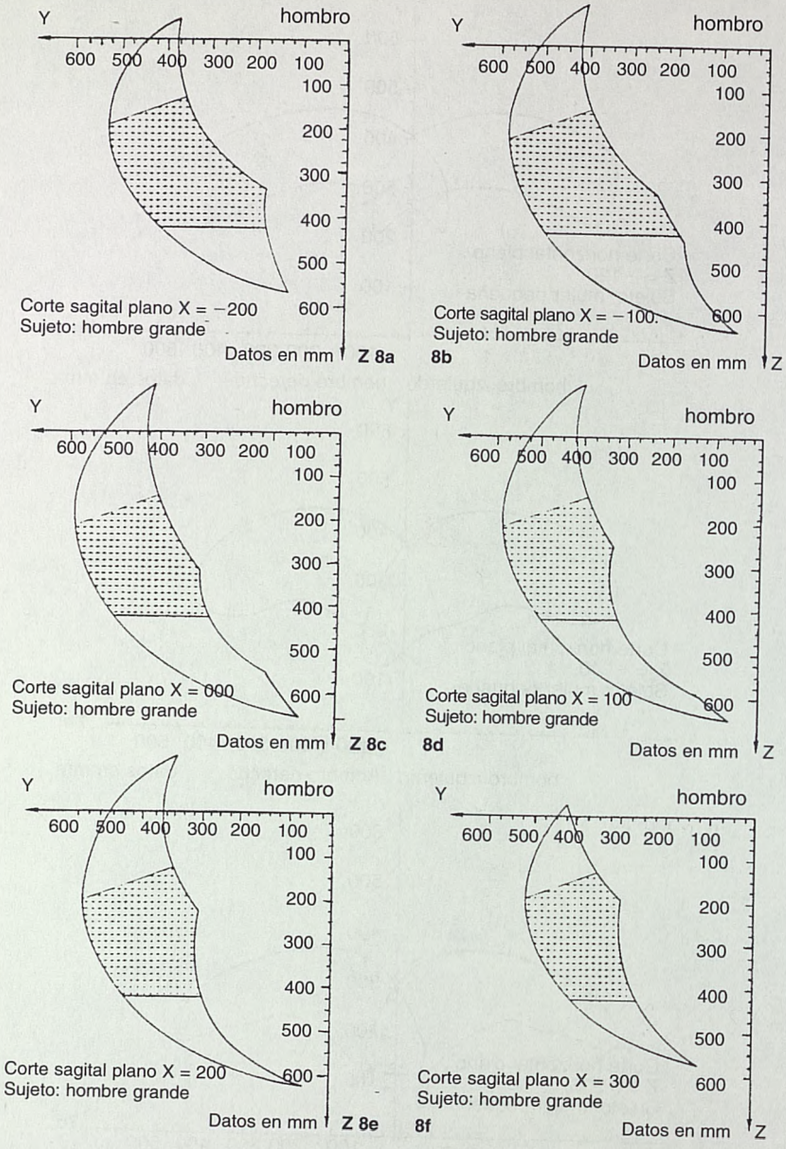


Figura 22. Corte sagital del volumen funcional (hombre de gran talla - 95 %).

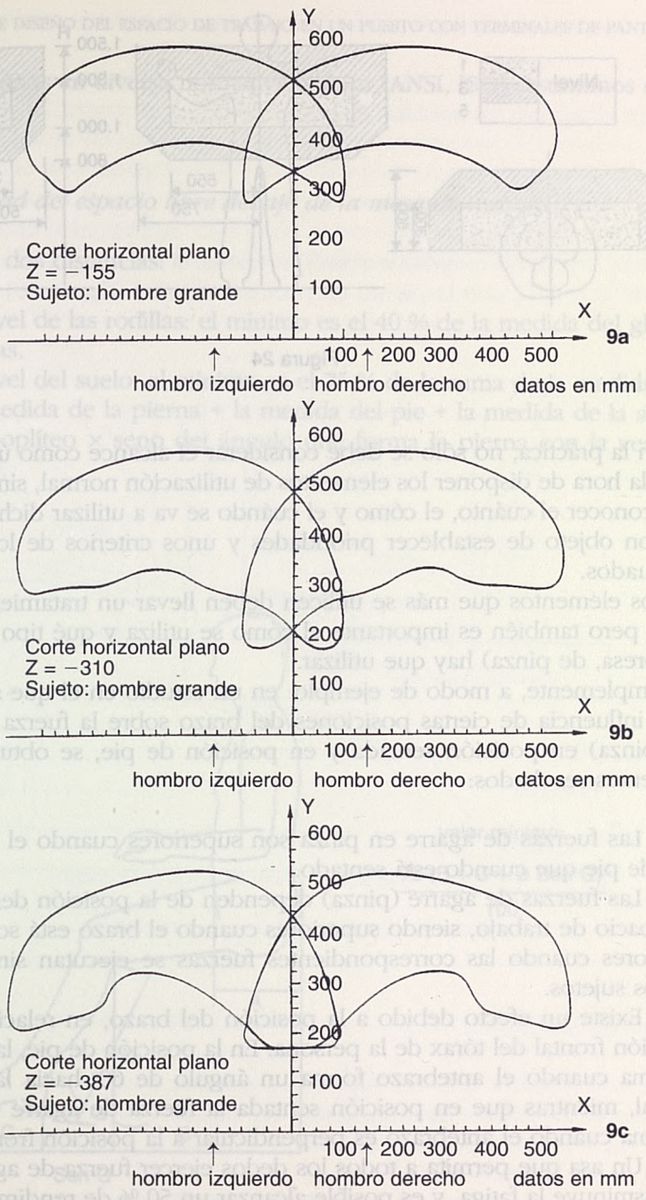


Figura 23. Corte horizontal del volumen funcional (hombre de gran talla - 95 %).

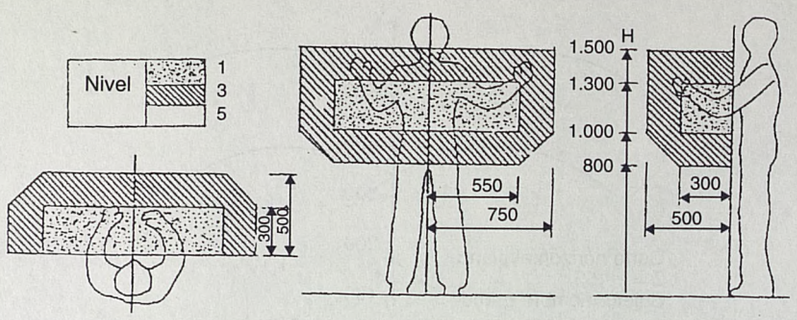


Figura 24

En la práctica, no sólo se debe considerar el alcance como único criterio a la hora de disponer los elementos de utilización normal, sino que hay que conocer el cuánto, el cómo y el cuándo se va a utilizar dicho elemento, con objeto de establecer prioridades y unos criterios de localización adecuados.

Los elementos que más se utilicen deben llevar un tratamiento prioritario, pero también es importante el cómo se utiliza y qué tipo de agarre (de presa, de pinza) hay que utilizar.

Simplemente, a modo de ejemplo: en un estudio en el que se compara la influencia de ciertas posiciones del brazo sobre la fuerza de agarre (en pinza) en posición sentada y en posición de pie, se obtuvieron los siguientes resultados:

– Las fuerzas de agarre en pinza son superiores cuando el trabajador está de pie que cuando está sentado.

– Las fuerzas de agarre (pinza) dependen de la posición del brazo en el espacio de trabajo, siendo superiores cuando el brazo está soportado e inferiores cuando las correspondientes fuerzas se ejecutan sin estar los brazos sujetos.

– Existe un efecto debido a la posición del brazo, en relación con la posición frontal del tórax de la persona. En la posición de pie, la fuerza es máxima cuando el antebrazo forma un ángulo de 60° hacia la posición frontal, mientras que en posición sentada la fuerza de agarre (pinza) es máxima cuando el antebrazo es perpendicular a la posición frontal.

– Un asa que permita a todos los dedos ejercer fuerza de agarre (pinza) disminuye la fatiga, y es posible alcanzar un 50 % de rendimiento más que en una situación en que no se pueda repartir la carga.

Principios de diseño del espacio de trabajo en un puesto con terminales de pantalla

Basándonos en diversa normativa técnica (ANSI, ISO) resumimos estos principios:

Profundidad del espacio libre debajo de la mesa de trabajo

Existen dos distancias:

- A nivel de las rodillas: el mínimo es el 40 % de la medida del glúteo a las rodillas.
- A nivel del suelo: el mínimo es el 75 % de la suma de la medida del glúteo + medida de la pierna + la medida del pie + la medida de la altura al hueco poplíteo × seno del ángulo que forma la pierna con la vertical (Figura 25).

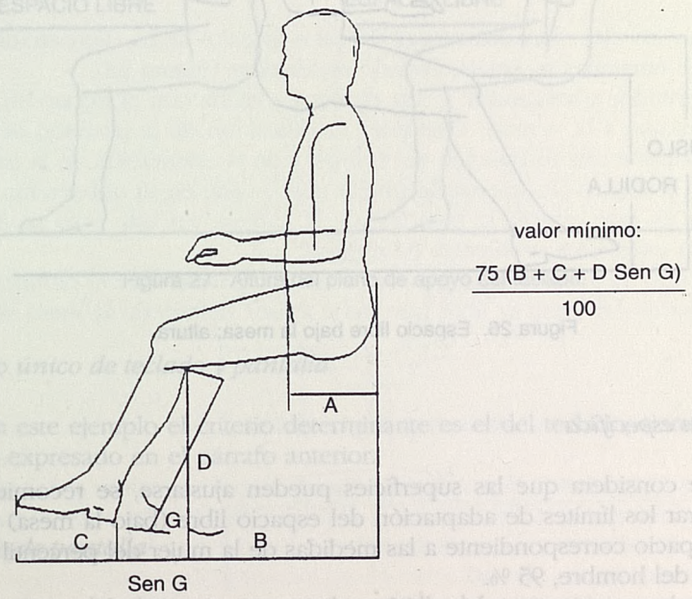


Figura 25. Espacio libre bajo la mesa: profundidad.

Anchura del espacio bajo el plano de trabajo

La mínima anchura debe ser la correspondiente a la anchura de los muslos + un margen para los movimientos (7 cm).

Altura del espacio de trabajo

Debe ser como mínimo la correspondiente a la parte más alta del muslo o de la rodilla, con la pierna en posición normal (Figura 26).

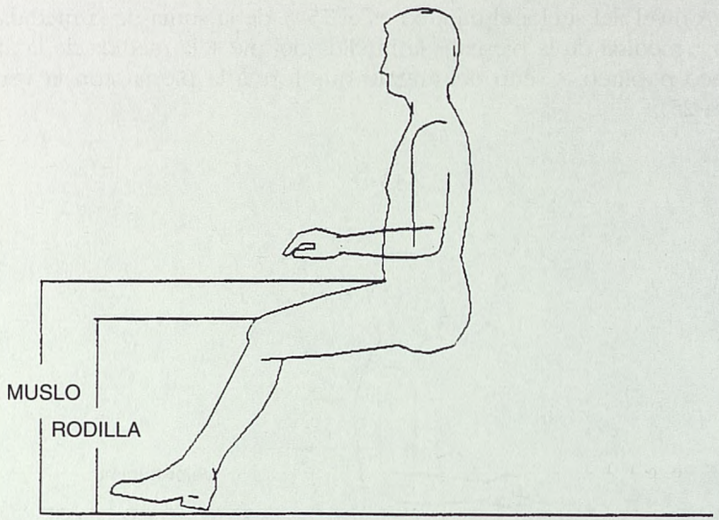


Figura 26. Espacio libre bajo la mesa: altura.

Solución específica

Si se considera que las superficies pueden ajustarse, se recomienda considerar los límites de adaptación del espacio libre (bajo la mesa) desde el espacio correspondiente a las medidas de la mujer del percentil 5 % hasta el del hombre, 95 %.

Caso de que no se pueda modificar dicho espacio, considerar el correspondiente al del hombre, percentil 95 %.

Altura del plano del teclado

Planos independientes de teclado y de pantalla.

La altura del plano que soporta al teclado debe ser tal que el espacio libre bajo la mesa de trabajo permita adoptar al usuario sentado una postura en la que el antebrazo esté entre 70 + Y/2 grados y 90 + Y/2 grados respecto al plano frontal. En este caso, Y es el ángulo que forma el respaldo respecto a la vertical. El ángulo entre el brazo y el antebrazo debe superar los 70° y debe ser inferior a 135° (Figura 27).

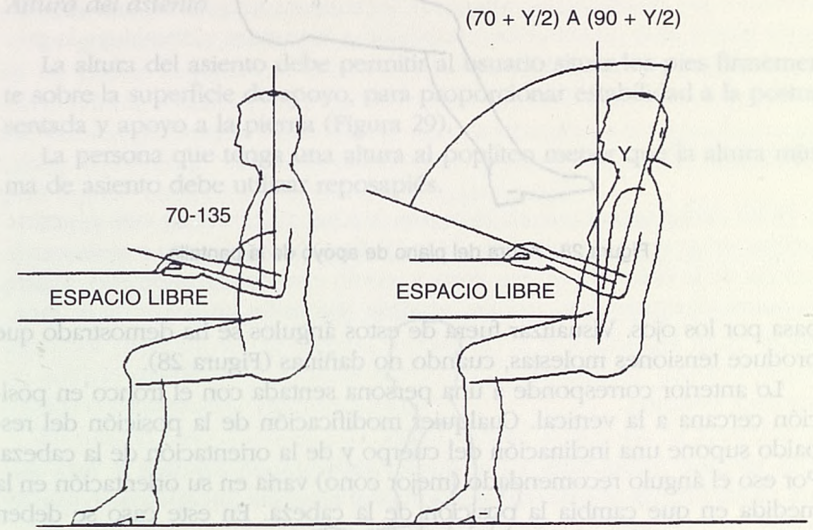


Figura 27. Altura del plano de apoyo del teclado.

Plano único de teclado y pantalla

En este ejemplo el criterio determinante es el del teclado, siendo válido lo expresado en el párrafo anterior.

Plano de pantalla

La altura del plano que soporta la pantalla debe permitir que su área de visualización se sitúe entre 0° y 60° por debajo del plano horizontal que

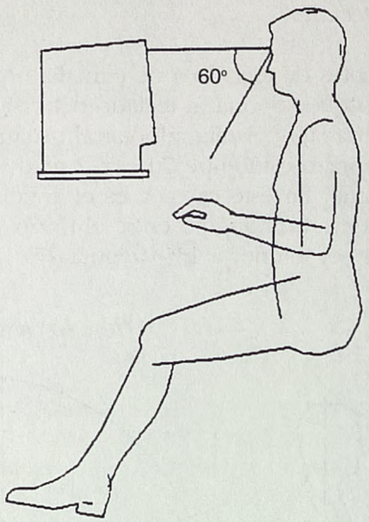


Figura 28. Altura del plano de apoyo de la pantalla.

pasa por los ojos. Visualizar fuera de estos ángulos se ha demostrado que produce tensiones molestas, cuando no dañinas (Figura 28).

Lo anterior corresponde a una persona sentada con el tronco en posición cercana a la vertical. Cualquier modificación de la posición del respaldo supone una inclinación del cuerpo y de la orientación de la cabeza. Por eso el ángulo recomendado (mejor cono) varía en su orientación en la medida en que cambia la posición de la cabeza. En este caso se deben tener en cuenta los problemas de reflejos.

Cumplir con estos requisitos debe ser compatible con el definido anteriormente del espacio libre que debe existir debajo de la mesa de trabajo.

Superficie de trabajo, anchura y profundidad

Estas dimensiones dependen del tipo de trabajo a realizar y del equipo que se debe manejar. En todo caso, el ancho mínimo debe ser, al menos, el correspondiente a la medida entre codos del hombre percentil 95 % (aproximadamente, 50 cm).

La profundidad debe ser suficiente para situar la PVD a una distancia en que la pantalla sea correctamente visualizada.

Asiento

El asiento es una parte integrante del puesto de trabajo y debe ajustarse en función de otros elementos del mobiliario y de la PVD. Un buen diseño del asiento favorece la circulación y una buena postura; también la menor cantidad de esfuerzo necesario para mantener la postura, así como la tensión en la columna vertebral. El asiento debe propiciar confort en posiciones estáticas y posibilitar el libre movimiento.

Altura del asiento

La altura del asiento debe permitir al usuario situar los pies firmemente sobre la superficie de apoyo, para proporcionar estabilidad a la postura sentada y apoyo a la pierna (Figura 29).

La persona que tenga una altura al poplíteo menor que la altura mínima de asiento debe utilizar reposapiés.

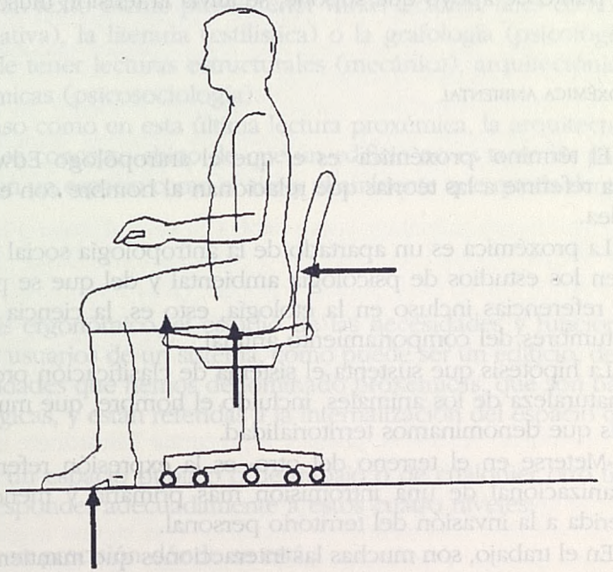


Figura 29. Altura del asiento.

La altura de la silla debe considerarse en el contexto del sistema de asiento. El apoyo del pie puede ser parte del asiento, parte del puesto de trabajo, o estar separado. En sus dimensiones debe tenerse en cuenta la altura del calzado del usuario. El asiento debe diseñarse para acomodar la pierna en un amplio rango de ángulos. Por ello, la altura del asiento depende de varios factores: altura del poplíteo desde el correspondiente al 5 % percentil de la mujer hasta el 95 % percentil del hombre, la altura del tacón, del zapato, ángulo de la pierna y altura y tipo de apoyo de que está provisto el sistema.

En una posición sentada con el tronco aproximadamente vertical, es necesario que el usuario pueda posar firmemente los pies en una superficie de apoyo, que proporcione estabilidad a la postura y disminuya la presión de la parte inferior del muslo.

Respaldo lumbar

Debe existir un soporte de la región lumbar. El centro de este respaldo se debe situar entre las vértebras L3 y L5. Esta medida tiende a restaurar la lordosis de la columna en esa zona y, como consecuencia de ello, aparte del punto de apoyo que supone, se alivia la tensión muscular de la zona.

Proxémica ambiental

El término «proxémica» es el que el antropólogo Edward T. Hall dio para referirse a las teorías que relacionan al hombre con el espacio que lo rodea.

La proxémica es un apartado de la antropología social que se considera en los estudios de psicología ambiental y del que se puede encontrar sus referencias incluso en la etología, esto es, la ciencia que estudia las costumbres del comportamiento animal.

La hipótesis que sustenta el sistema de clasificación proxémica está en la naturaleza de los animales, incluido el hombre, que muestra conductas a las que denominamos territorialidad.

«Meterse en el terreno del otro» es la expresión referida al contexto organizacional de una intromisión más primaria y menos verbalizable, referida a la invasión del territorio personal.

En el trabajo, son muchas las interacciones que mantienen las personas de diferentes *status* en diferentes actividades interdependientes, y con grados variables de jerarquización –en pocos casos explícitos– y donde el territorio y el espacio constituyen el campo de juego de todas estas interacciones que se caracterizan por expresarse en un lenguaje no verbal.

Este lenguaje no verbal, o proxémico, consta de un conjunto de signos y de unos modos de articulación y, como en el lenguaje verbal, existen expresiones «malsonantes» que pueden molestar o agredir a otros.

En el medio laboral los principales signos o indicadores proxémicos van a ser las distancias y accesibilidades personales, las orientaciones corporales, los volúmenes y las proporciones de los espacios de trabajo y los agravios comparativos en relación a todos estos factores, que van a condicionar las percepciones y las relaciones personales: gestos, contactos visuales, olfativos, táctiles, aislamiento o hacinamiento, etc.

La «gramática» o modos de articulación de este lenguaje va a estar basada en pautas culturales o convenciones sociales, que van a representar otros valores sociales relacionados con los *status* o rangos jerárquicos. Y así, valores puramente topológicos, como arriba/abajo, localizable/ilocalizable, lejos/cerca, accesible/inaccesible, pueden tener una traducción para regular comportamientos en una organización.

El primer campo relacionado con la proxémica ambiental es el de la arquitectura y el urbanismo como técnicas para la organización básica del espacio y del territorio.

Al igual que un texto escrito puede tener varias lecturas, tales como la sintáctica (normativa), la literaria (estilística) o la grafología (psicológía), un edificio puede tener lecturas estructurales (mecánica), arquitectónicas (estilo) o proxémicas (psicosociología).

En ningún caso como en esta última lectura proxémica, la arquitectura responde al clásico concepto chino de que un edificio no es tanto las paredes que envuelven un espacio como el aire y el ambiente que queda dentro.

Los edificios

En un análisis ergonómico, el estudio de las necesidades y funciones de los diferentes usuarios de un sistema, como puede ser un edificio, debe incluir las necesidades que hemos denominado proxémicas, que son básicamente psicológicas, y están referidas a la internalización del espacio que se ocupa.

Para Kaplan, un espacio público o de trabajo o de cualquier otro tipo debe tratar de responder adecuadamente a estos cuatro niveles:

1. Conocer con precisión dónde se está.

Estar desorientado y estar alucinado tienen muchos componentes perceptivos comunes.

Estos aspectos son críticos bajo estados fuertes de estrés, como puede ser con personas accidentadas y enfermas o estados de alarma y emergencia.

Como repetidamente se pone de manifiesto, la «lógica» y la racionalidad de la orientación no deben darse por supuestas en estos casos.

2. Predecir o conectar con situaciones futuras.

El espacio debe permitir formar representaciones mentales del mismo. Un edificio no debería ser una caja de sorpresas, salvo que se diseñe con dicho fin.

3. Referencias a motivaciones propias.

Un espacio de trabajo debe permitir un grado de personalización o de identificación con aspectos personales propios.

4. Representación e internalización de los sucesos ambientales.

Un edificio debe permitir no solamente saber dónde se está, sino también qué sucede allí, cómo funciona, cómo se relacionan las partes.

Según Bachelar, un edificio tiende a organizarse como el cuerpo humano, lo cual supone distintas valoraciones y consideraciones para el arriba/abajo, el delante/detrás, los espacios visibles/espacios ocultos, etc. Y del mismo modo que con las personas nos podemos encontrar con edificios «amables» y edificios «antipáticos».

Este antropomorfismo espacial es muy evidente en muchos lugares donde la dirección tiende a ocupar los espacios «superiores», donde la «cabeza-cerebro» del edificio coordina y dirige el «organismo-organización».

Expresiones comunes, como subir a la central, bajar a las oficinas, bajar a la ciudad, resultan redundantes o contradictorias desde el punto de vista puramente físico, pero suelen contener otras referencias, sobre la representación del lugar ocupado por las jerarquías de las personas y los grupos.

Algunos grandes edificios parecen empeñados en demostrar (al igual que la arquitectura gótica) la insignificancia de las personas frente a la grandeza de, en este caso, la organización.

Un edificio vertical se presta a representar físicamente la estructura vertical del organigrama, y las proximidades y distancias físicas tienden a interpretarse en términos proxémicos.

Los sótanos (normalmente marcados con signos negativos, planta -1, -2, etc.) tienden a presentar más problemas que las plantas superiores, aunque se trate de un edificio búnker, sin ventanas, con una configuración interior similar para todas las plantas.

Algunos gerentes han tomado la decisión de situarse en plantas intermedias, que no puedan percibirse previamente como plantas privilegiadas, aunque suele ser inevitable que el resto de los espacios tomen por referencia las distancias a la gerencia, esté donde esté, como indicadores de proximidad gerencial.

Otro de los fenómenos relacionados con este tipo de análisis es que no solamente se observan efectos a nivel personal dentro de un colectivo, sino también con los colectivos y grupos entre sí.

Los territorios en el trabajo

En una empresa, aunque nadie sea el propietario de su puesto de trabajo, todo el mundo desarrolla más o menos sentimientos de pertenencia, como una forma de tener «un sitio» e integrarse en la organización.

Altman define al menos tres territorios básicos en el trabajo:

– Territorios primarios. Se trata de espacios de uso particular como el ocupado por mesas, sillas de trabajo, etc.
– Territorios secundarios. Se trata de los espacios coutilizados por un grupo homogéneo, como las áreas de reunión, de descanso, vestuarios, aulas, etc.
– Territorios públicos. Son espacios de posible uso general, como recibidores, pasillos, servicios, salas de conferencias, etc.

Las ubicaciones de los puestos de trabajo (territorios primarios) en la «frontera», o solapados con otros territorios no primarios, pueden ser foco de problemas.

Por ejemplo, los puestos de trabajo próximos a recibidores, pasillos generales y similares, son perturbadores para muchas personas, y es muy común alegar problemas con las corrientes de aire y la iluminación en estas zonas, ya que esta exposición a la vista pública se internaliza como estar expuesto al riesgo de una pérdida de privacidad y del *status*.

Dentro de un espacio definido, los principales efectos proxémicos a considerar son:

El hacinamiento, como percepción del insuficiente espacio personal. Está muy relacionado con las distancias personales mínimas que se establezcan.

El aislamiento, como percepción de insuficientes contactos personales o sociales. En este apartado se deberán considerar no solamente las barre-

ras físicas respecto a la movilidad, sino también las barreras o separaciones comunicacionales, como el ruido, la falta de contacto visual, etc.

La coactividad o actividad (en un espacio) en común, que considere efectos sobre el trabajo, tales como el papel de:

- la presencia de otras personas u observadores,
- la colaboración con otras personas,
- la competitividad con otros,
- la presión grupal,
- la inhibición y facilitación social.

El hacinamiento, el aislamiento, las distancias personales y las densidades de ocupación

La distancia personal constituye el parámetro proxémico más importante y más analizado hasta la fecha, siendo de conocimiento común las variantes culturales y los problemas surgidos entre, por ejemplo, la cultura anglosajona respecto a la latinoamericana o la mediterránea, en la interpretación de estos aspectos.

La distancia personal alrededor de un individuo constituye lo que se ha dado en denominar su «territorio portátil» y las transgresiones e invasiones de este territorio dan lugar a unas reacciones emocionales muy fuertes, siendo fuente de muchos conflictos larvados y manifiestos, pero normalmente difíciles de explicar y justificar, incluso para las propias personas que las sufren.

Como indica Hall, malinterpretar todos estos aspectos –que normalmente caen fuera de la conciencia, pero que forman parte esencial de las pautas culturales– significa invitar al desastre.

Este mismo autor, a partir de los estudios de Hediger, que había clasificado las distancias críticas entre los distintos animales, definió cuatro distancias básicas para las personas: íntima, personal, social y pública.

Estas distancias, que tienen una fase próxima y otra lejana, básicamente son:

Distancia íntima: (0-15 cm) (15-45 cm).
Gran contacto sensorial: visual, olfativo, térmico, táctil, etc.
Distancia personal: (45-75 cm) (75-125 cm).
Acusado contacto sensorial, el límite es el alcance con las extremidades: saludarse, tocarse, darse la mano, etc.
Distancia social: (1,25-2 m) (2-3,5 m).

Contacto sensorial débil (recepciones, compañeros de trabajo, etc.).
Distancia pública: (3,5-7,25 m) (> 7,25 m).
Escaso contacto sensorial (relaciones muy formalizadas, conferencias, discursos, desconocidos, etc.).

Las invasiones y vulneraciones de estos espacios no solamente pueden ser corporales, sino que también pueden ser auditivas, olfativas, etc., por lo que distancias inferiores a 1,25-1,5 m entre compañeros con los que no se mantengan relaciones personales (amistad), pueden dar lugar a conflictos.

En la percepción de hacinamiento va a dominar, en primer lugar, la vulneración de estas distancias personales, así como las densidades de ocupación y la formación de agravios comparativos entre personas y entre colectivos respecto a la disponibilidad de espacio.

Las densidades de ocupación se refieren a la relación entre la cantidad de personas que ocupan un espacio y la cantidad de superficie horizontal ocupada. Normalmente, en vez de hablar del número de personas por unidad de superficie (por ejemplo, 0,1 personas/m^2 equivalente a 10 personas/100 m^2), se tiene una mejor representación mental al referirse a la cantidad de espacio por persona, dado el gran sentido de territorialidad propia desarrollado (por ejemplo, 10 m^2/persona).

Lo primero que hay que indicar es que, aunque este parámetro sea fácil de medir, referirse únicamente a las densidades personales, sin considerar otros parámetros como las orientaciones corporales, el campo visual, el grado de privacidad acústica, visual, etc., puede ser claramente insuficiente.

Asimismo, al calcular o definir este factor, es preciso indicar si se ha descontado la superficie ocupada por el mobiliario y los equipamientos de trabajo, así como por las comunes, etc. Esto es, si se ha efectuado el cálculo considerando un determinado territorio o mezclando varios tipos de territorios a la vez.

En un clásico trabajo de J. Necemek y E. Grandjean sobre 15 oficinas paisaje suizas y con una densidad media superior a 10 m^2/persona, encontraron que del orden del 70 % de las personas indicaban «dificultades en la comunicación», y en menor medida otros efectos negativos como «la imposible confidencialidad en las conversaciones», «la ausencia de espacio privado», etc.

En esta línea, el Comité Técnico 159/SC5 de ISO está considerando establecer una superficie mínima de 9 m^2 por persona en oficinas.

Gherardin, en la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, de la OIT, edición de 1983, refiere unos valores mínimos, tales como:

- Mínimos para todas las actividades:
  - 4,5 m²/persona.
  - 2,5-2,6 m altura techos.
  - 7-12 m³/persona.

- Oficinas (Comité Técnico 159/SC de ISO):
  - 9 m²/persona. Trabajos administrativos.
  - 6 m²/persona. Oficinas divididas.
  - 10 m²/persona. Oficinas no divididas.
  - 12 m²/persona. Personas enfrente de otras.

En España, la OGSHT establece en su artículo 14, Superficie y Cubicación:

1. Los locales de trabajo reunirán las siguientes condiciones mínimas.

a) Tres metros de altura desde el piso al techo.
b) Dos metros cuadrados de superficie por cada trabajador.
c) Diez metros cúbicos por cada trabajador.

2. No obstante, en los establecimientos comerciales de servicios y locales destinados a oficinas y despachos, la altura a que se refiere el apartado a) del número anterior podrá quedar reducida hasta dos cincuenta metros, pero respetando la cubicación por trabajador que se establece en el apartado c), y siempre que se renueve el aire suficientemente.

3. Para el cálculo de la superficie y volumen no se tendrán en cuenta los espacios ocupados por máquinas, aparatos, instalaciones y materiales.

Evidentemente, estos valores de la OGSHT, al menos para trabajos de oficinas, producen unos niveles de hacinamiento considerables, por lo que no suponen un criterio válido para diseñar o evaluar espacios de trabajo.

Las orientaciones corporales son otro factor a considerar, ya que aun respetando las distancias personales, no es lo mismo tener una persona a metro y medio enfrente, al lado o detrás de uno mismo. Sentimientos de enfrentamiento y vulnerabilidad pueden producirse fácilmente bajo disposiciones poco cuidadas.

Es evidente que, por ejemplo, disponer un puesto cara a la pared va a producir más problemas que los derivados de las dificultades de acomodación visual.

En cualquier caso es conveniente recordar que todos estos elementos: disponibilidad de espacio físico, campo visual, privacidad, autonomía situacional y temporal, etc., se pueden y se deben interpretar como signos de un lenguaje donde toda queja, una vez descartados o resueltos los factores directos señalados, suele ser una forma más o menos dirigida de una reclamación de *status* respecto al rol o función desempeñada.

A su vez, las bases de estas reclamaciones presentadas como problemas de salud o de incomodidad, no suelen ser totalmente conscientes para el individuo que la efectúa, ya que puede ser, como se verá más adelante, la resultante de la somatización de un conflicto más o menos permanente.

En el análisis de la conducta organizacional, esto es, el estudio del desempeño de las personas, así como de sus motivaciones y conflictos, en el seno de un grupo formal, como una organización, se puede comprobar que uno de los principales focos de problemas, junto con la ambigüedad y el conflicto de los roles, son los conflictos entre roles y *status*.

El *status* es la consideración o indicador social de la posición o rango ocupado por una persona en un grupo, lo que determina los derechos que oficial o extraoficialmente le reconocen. (El *status* socioeconómico obtenido a través de las retribuciones salariales y otros ingresos es una parte del *status* en un grupo social).

El rol se refiere a la función o papel que la persona desempeña en el grupo y va organizando su conducta en relación a una determinada posición del individuo en el grupo, con una serie de expectativas de posición o rango.

Esto significa que la mayoría de los conflictos que aparecen en el trabajo, incluidos los proxémicos, no son comprensibles si no se tiene en cuenta el contexto donde se producen, esto es, la existencia de los demás grupos y personas y los agravios comparativos que a las personas les parecen percibir entre lo que hacen y el reconocimiento económico o social de su trabajo.

En una oficina con «problemas» de espacio, es posible que lo que principalmente exista sean problemas de «distribución» del espacio disponible entre las distintas personas con *status* diferentes.

De ahí la estrategia de algunos jefes, sin un *status* amenazado o cuestionado, de no utilizar privilegios físicos o de otro tipo, para que las inevitables comparaciones no produzcan agravios serios.

También es conocido cómo muchas defenestraciones en el organigrama implican cambios o traslados físicos a los «cementerios de elefantes», o a las áreas de «exilio dorado», donde el interesado interpreta casi siempre correctamente la nueva posición que le proponen (imponen), mediante la «lectura» del sitio, espacio físico y visual, dimensiones de la mesa, privacidad, accesibilidad, rango de los puestos adyacentes, orien-

tación respecto a otros, etc., todo ello en términos comparativos con otras personas y grupos.

Hay que indicar, respecto de todos estos fenómenos, tres consideraciones finales:

a) Todos estos conflictos pueden producirse entre personas y, en menor medida, también entre colectivos (equipos, secciones, departamentos), con lo que, en este último caso, toda la expresión del fenómeno estará influida por los liderazgos formales e informales que se generen respecto al caso.

b) Dentro de un mismo rango, nivel o escalón jerárquico en una organización, como, por ejemplo, el de mano de obra directa sin responsabilidad por el trabajo de otros, existen rangos o *status* diferentes, que pueden dar lugar a conflictos derivados de agravios comparativos.

Por ejemplo, diferentes profesores de una misma universidad con el mismo nivel, pueden generar conflictos relacionados con el *status* lateral o informal de otros grupos o personas.

c) La gravedad de los conflictos depende, lógicamente, de la cantidad de personas que se consideren perjudicadas, pero sobre todo existe una especie de ley gravitacional o electrostática sobre la intensidad del conflicto por agravio comparativo: resulta ser directamente proporcional a la magnitud de las cargas (en este caso, cargos) e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que les separa (en este caso, en el organigrama). O sea, que será difícil observar un conflicto proxémico entre un administrativo y el director general de otro departamento en una empresa.

2 Carga física

Cargas, esfuerzos y tensiones

Cargas

Un cuerpo dentro del campo gravitatorio posee la característica medible de su peso. En principio parece evidente que una persona está sometida a una carga mayor cuanto mayor es el peso que soporta, considerando éste la suma de su propio cuerpo más las cargas ajenas agregadas.

La representación gráfica del peso se simplifica considerando un vector cuyo punto de aplicación se encuentra en el centro de gravedad del cuerpo y de las cargas. El módulo es proporcional al número de unidades de la magnitud peso, la dirección es la línea que une el centro de gravedad del cuerpo con el centro de la tierra y el sentido es descendente (Figura 1).

En mecánica uno de los problemas que se presentan es la determinación de los centros de gravedad de los cuerpos. Para ello existen, catalogados en manuales, procedimientos y fórmulas que facilitan este cálculo. Pero en el ejemplo que hemos propuesto, por la forma irregular del cuerpo humano, es casi imposible utilizar procedimientos tan inmediatos.

Por otra parte, la infinidad de posturas que puede adoptar el cuerpo humano hace que este centro de gravedad sea variable y, por ello, su

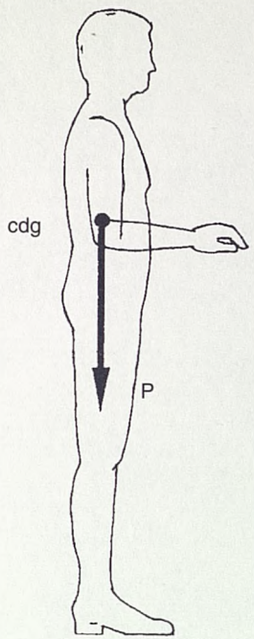


Figura 1

determinación se efectúe por medio de una composición de los distintos vectores que generan los diferentes segmentos corporales (partes definidas del cuerpo).

Por ello debemos disponer previamente del peso y del centro de gravedad de cada uno de estos segmentos. Esta labor la desarrolló Dempster, cuyos valores, sus segmentos ponderados, han sido fundamentales para este tipo de estudios.

Conocidos estos valores, el procedimiento que se debería seguir sería la composición de fuerzas paralelas y del mismo sentido. Un ejemplo sería la composición de los segmentos brazo y antebrazo (Figura 2), cuya resultante es posible componerla con el vector del siguiente segmento, y así sucesivamente llegaríamos a determinar el centro de gravedad del cuerpo completo.

Es impensable que esta labor se efectúe sin ayuda de aplicaciones informáticas que integren tanto los parámetros ponderales como geométricos.

En todo caso, éste es uno de los procedimientos para tipificar las cargas físicas estáticas.

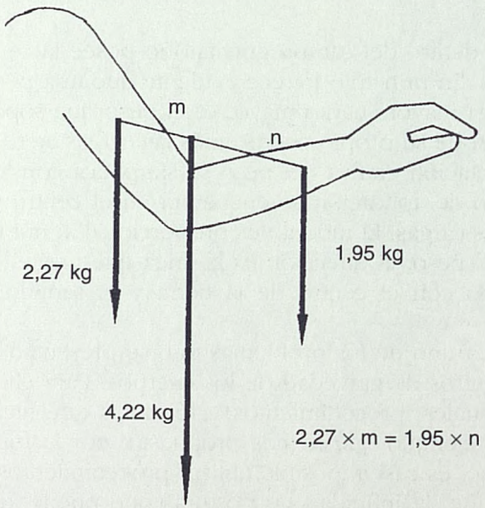


Figura 2

Esfuerzos

Ya ilustramos que a igualdad de carga, en la medida en que el cuerpo adopte una posición más desequilibrada, que es lo mismo que decir que existe una pequeña superficie de apoyo y que la vertical que contiene el centro de gravedad se aleja del centro de dicho apoyo, el gasto metabólico será mayor.

Esto quiere decir que la actividad muscular tiene que compensar esa situación, tipificada en mecánica como de equilibrio inestable, ya que en caso contrario la persona se caería al más mínimo impulso externo, de la misma forma que lo haría una reproducción, exacta en forma y peso, de escayola.

La concepción mecánica del cuerpo humano, como conjunto de palancas, nos obliga a identificar los elementos de éstas con sus homólogos anatómicos.

Una palanca consta de un elemento rígido, punto de apoyo, fuerza y resistencia. El primero se puede identificar con los huesos, generalmente largos, el fulcro o punto de apoyo con las articulaciones, la fuerza con la carga y la resistencia con la contracción muscular (Figura 3).

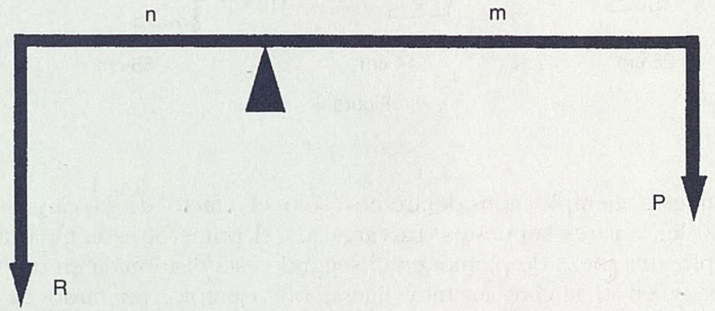


Figura 3

El principio general de las palancas se puede expresar según:

$$P \times m = R \times n$$

El peso por su brazo de palanca es igual, para mantener un equilibrio, a la resistencia por su brazo de palanca. Esto quiere decir que cuanto mayor sea el brazo de palanca la fuerza aplicada tiene mayor efecto.

Una aplicación sencilla de lo que acabamos de exponer puede servir para intuir los enormes esfuerzos que se generan en el cuerpo humano (Figura 4).

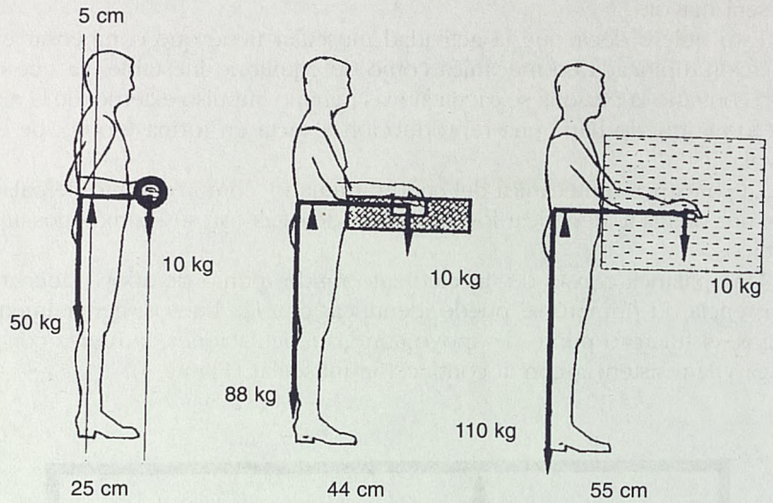


Figura 4

En este ejemplo consideraremos sólo el efecto de la carga externa, 10 kg, en tres supuestos. La carga, en el primero, es compacta; por ejemplo, una pieza de plomo; en el segundo está distribuida en un contenedor, y en el tercero es muy ligera; por ejemplo, un fardo de paja. Consideramos que en los tres casos el peso es el mismo y que el brazo de palanca, correspondiente a la resistencia, es de aproximadamente 5 cm (distancia entre el centro del efecto de los músculos erectores de la espalda y el centro del disco intervertebral que tomamos como punto de apoyo, L5-S1).

Aplicando el principio de palancas podríamos decir que el efecto de la carga de plomo, el esfuerzo efectuado, es menos de la mitad del que supondría sostener el fardo de paja.

Este ejemplo, a efectos didácticos, es interesante y recuerda aquella broma infantil de preguntar: «¿qué pesa más un kg de plomo o un kg de paja?». Podríamos contestar: «al trabajador le pesa más el kg de paja».

Tensiones

Si nos fijamos en la Figura 3, las fuerzas P y R están equilibradas respecto al punto de apoyo, pero la propia presencia de estas fuerzas obliga a un nuevo equilibrio que evite el desplazamiento hacia abajo del sistema. En este caso sencillo, podemos afirmar que la fuerza que debe aplicarse al punto de apoyo es la suma de P más R, siendo la representación un vector cuya dirección es la misma que el de las fuerzas aplicadas, aunque de sentido contrario. El punto de aplicación es el del punto de apoyo, y el módulo es la suma de los módulos de R y S (Figura 5).

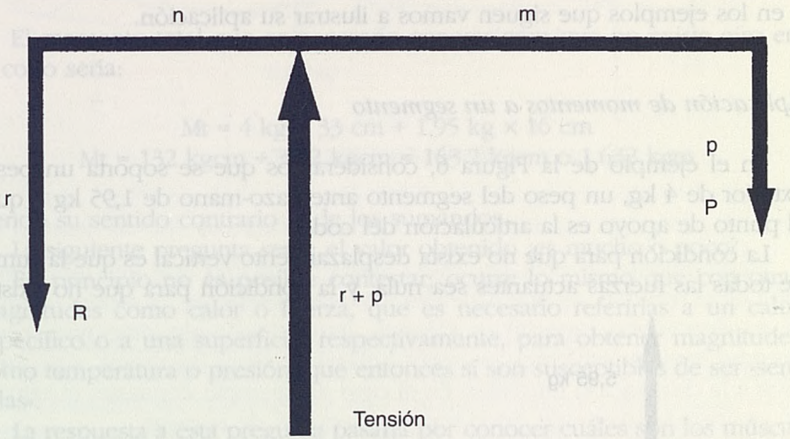


Figura 5

El hecho de que un sistema esté equilibrado no significa que las fuerzas actuantes dejen de existir; por ello, además de las resistencias ejercidas por los músculos, es necesario conocer las fuerzas que se están generando en las articulaciones. Estas fuerzas pueden actuar presionando o «tirando» de la articulación (fuerzas de tensión y de compresión).

El concepto de «tensión» es análogo al de «presión». En realidad éste es el concepto que más nos interesa, ya que es el que está vinculado con los efectos que nosotros percibimos o sufrimos, algo parecido al concepto de «temperatura» respecto al de «calor». Pero la posible identificación entre fuerza y tensión se da por el hecho de que se suelen considerar las superficies de cada articulación como datos constantes dentro de cada modelo y, por ello, existe una proporcionalidad directa.

Concepto de momento

En el párrafo anterior, hemos llegado a la conclusión de que el efecto de una fuerza aplicada depende de dicha fuerza y de la distancia que la separa del punto donde se concreta su efecto, distancia que hace las veces de un brazo de palanca.

Esta fuerza debe ser compensada aplicando la ley de las palancas: la fuerza por su brazo de palanca se equilibra con otra fuerza por su propio brazo de palanca. Si esto no fuera así, no podríamos evitar el giro del sistema.

El producto de una fuerza por una distancia se denomina «momento», y en los ejemplos que siguen vamos a ilustrar su aplicación.

Aplicación de momentos a un segmento

En el ejemplo de la Figura 6, consideramos que se soporta un peso exterior de 4 kg, un peso del segmento antebrazo-mano de 1,95 kg y que el punto de apoyo es la articulación del codo.

La condición para que no exista desplazamiento vertical es que la suma de todas las fuerzas actuantes sea nula, y la condición para que no exista

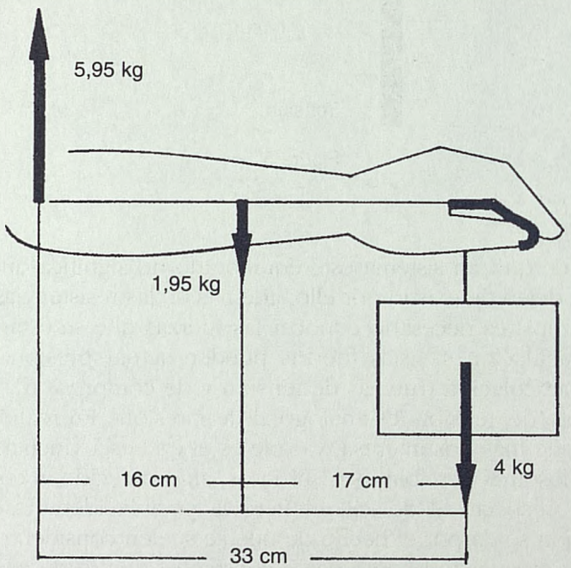


Figura 6

giro es anular el efecto de las dos palancas que se forman, al considerar de forma independiente la carga externa y el peso del segmento considerado.

Aplicando el concepto de «momento» tendríamos en nuestro caso:

$$4 \text{ kg} \times 33 \text{ cm} = M1$$
$$1{,}95 \text{ kg} \times 16 \text{ cm} = M2$$

Como los momentos tienen la propiedad aditiva, el momento acción resultante es:

$$(1) \quad Mt = M1 + M2$$

El momento total que es necesario generar para que no exista giro en el codo sería:

$$Mt = 4 \text{ kg} \times 33 \text{ cm} + 1{,}95 \text{ kg} \times 16 \text{ cm}$$
$$Mt = 132 \text{ kgcm} + 31{,}2 \text{ kgcm} = 163{,}2 \text{ kgcm o } 1{,}632 \text{ kgm}$$

siendo su sentido contrario al de los sumandos.

La siguiente pregunta sería: el valor obtenido ¿es mucho o poco?

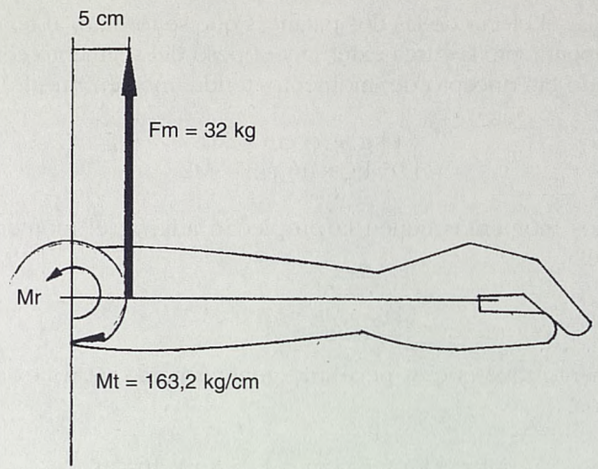
En principio no es posible contestar; ocurre lo mismo que con otras magnitudes como calor o fuerza, que es necesario referirlas a un calor específico o a una superficie, respectivamente, para obtener magnitudes como temperatura o presión, que entonces sí son susceptibles de ser «sentidas».

La respuesta a esta pregunta pasaría por conocer cuáles son los músculos que entran en juego y en qué punto están insertados al hueso que actúa de palanca. Esto nos proporcionará el brazo de palanca de que se dispone, así como el límite de la fuerza muscular que se pueda ejercer.

En nuestro caso se trataría de los músculos flexores que se encuentran en el segmento brazo: bíceps, músculo braquial y braquirradial, componentes del paquete muscular de dicho segmento. El punto de inserción de estos músculos, asumiendo en el planteamiento una simplificación, lo situaremos a 5 cm del eje de giro del codo (Figura 7).

Por ello, para equilibrar el efecto del momento total (Mt), generado por la carga externa y por el peso del segmento considerado (en un ángulo de flexión de 90°), la fuerza aproximada que deben ejercer los citados músculos (Fm), en su conjunto y en su componente vertical, es de:

$$Mt = 163{,}2 \text{ kgcm} = Fm \text{ (kg)} \times 5 \text{ cm}$$
$$Fm = 163{,}2 \text{ kgcm}/5 \text{ cm}$$
$$Fm = 32 \text{ kg}$$



SISTEMA EN EQUILIBRIO

Figura 7

Naturalmente, lo expuesto hasta ahora no es más que una aproximación de la realidad, ya que no todos los músculos tienen la misma función ni su disposición espacial es idéntica; pero el ejemplo sirve para comprender que los esfuerzos no están limitados sólo a las cargas, sino también a la disposición muscular. En el caso del ejemplo expuesto, el esfuerzo es aproximadamente cinco veces superior al de la carga.

Aplicación de momentos estáticos a múltiples segmentos

En el ejemplo del párrafo anterior hemos considerado el segmento antebrazo-mano como un todo solidario. También se hubiera podido estudiar esta parte del cuerpo suponiendo los segmentos antebrazo y mano de forma separados, como dos eslabones de una cadena.

Para analizar los esfuerzos que se generan en el hombro, es necesario tener en cuenta, como mínimo, dos segmentos, ya que los efectos varían sensiblemente en función del ángulo que forman el antebrazo y el brazo.

Como ejemplo sencillo de aplicación vamos a suponer el brazo y antebrazo totalmente extendidos, manteniendo una posición horizontal y sosteniendo en la mano un peso de 4 kg.

Aprovechando los datos del ejemplo anterior, el cálculo se iniciará considerando las reacciones producidas en el codo: fuerza de reacción en el

codo de 5,95 kg y momento de reacción en el codo de 163,2. Esto es así porque en la fase anterior hemos neutralizado con dichas resistencias el efecto de las acciones, a costa de haber generado nuevas acciones en el siguiente eslabón (principio de acción y reacción) (Figura 8).

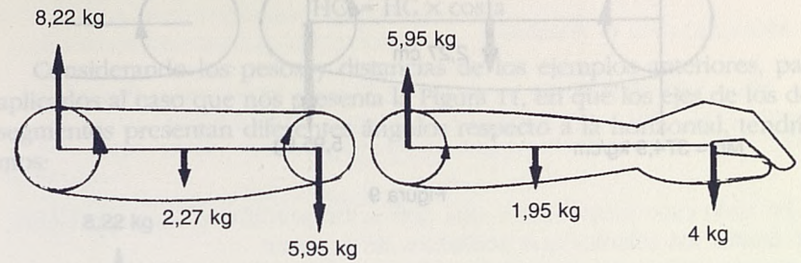


Figura 8

Por el equilibrio de fuerzas, en el hombro se genera una reacción que es la suma de dos acciones: peso del eslabón anterior más peso del segmento brazo.

$$5{,}95 \text{ kg} + 2{,}27 \text{ kg} = 8{,}22 \text{ kg}$$

Este equilibrio evita los desplazamientos verticales.

La condición de equilibrio de momentos, que evita el movimiento de giro, considera un momento de reacción en el hombro (Mh) (Figura 9) en sentido opuesto a las agujas del reloj, que neutraliza los momentos generados:

1.º Por el momento, en el sentido de las agujas del reloj, que se opone al generado en el codo por la acción del eslabón antebrazo-mano = 163,2 kgcm.

2.º Por el peso del eslabón anterior, que genera un momento en el sentido de las agujas del reloj:

$$5{,}95 \text{ kg} \times 31 \text{ cm} = 184{,}45 \text{ kgcm}$$

3.º Por el peso del segmento brazo, que genera un momento en el sentido de las agujas del reloj:

$$2{,}27 \text{ kg} \times 12 \text{ cm} = 27{,}24 \text{ kgcm}$$

El momento total resistente en el hombro sería:

$$163{,}2 + 184{,}45 + 27{,}24 = 374{,}9 \text{ kgcm}$$

El sentido del momento es opuesto al de las agujas del reloj.

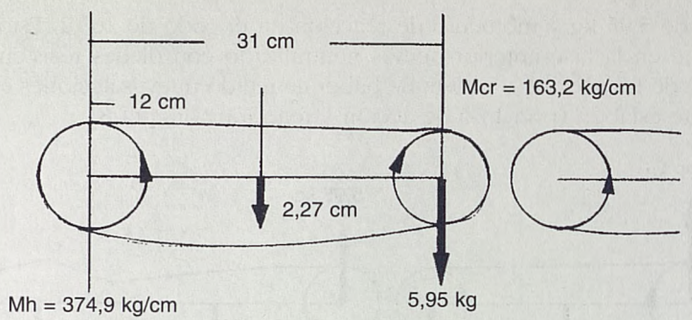


Figura 9

En el ejemplo anterior, por la postura elegida habríamos llegado a la misma solución al considerar sólo un segmento: brazo-antebrazo-mano. Pero, si adoptamos otra postura diferente, es necesario conocer los ángulos que forman en el espacio los ejes de los distintos segmentos respecto a una línea de referencia determinada.

En este punto es necesario matizar que, al ser las cargas fuerzas paralelas verticales y descendentes, el factor distancia del concepto «momento» se considera como la separación que existe entre los puntos de acción y de reacción en la dirección horizontal.

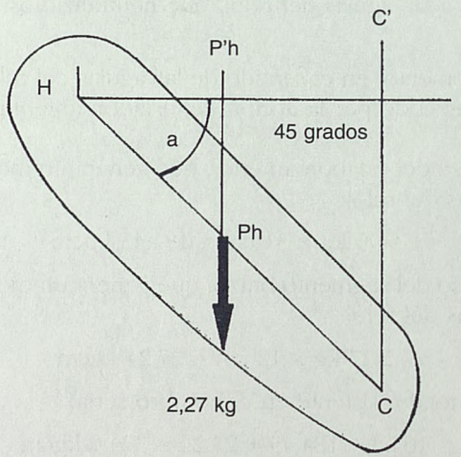


Figura 10

En la Figura 10, que representa el segmento brazo de la Figura 9, girado 45° en sentido horario respecto al centro del hombro, las distancias a considerar para el cálculo de momentos serían:

$$HP'h = HPh \times \cos a$$
$$HC' = HC \times \cos a$$

Considerando los pesos y distancias de los ejemplos anteriores, para aplicarlos al caso que nos presenta la Figura 11, en que los ejes de los dos segmentos presentan diferentes ángulos respecto a la horizontal, tendríamos:

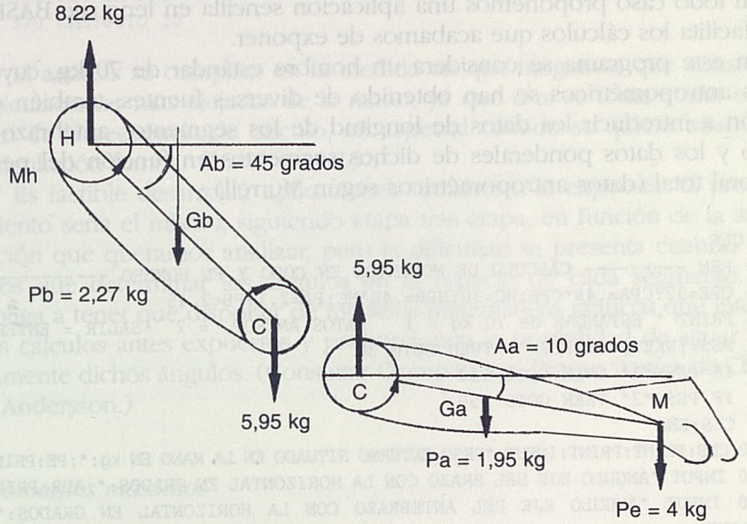


Figura 11

Momento para el codo:

$$Mc = Pe \times CM \times \cos Aa + Pa \times CGa \times \cos Aa$$

Momento para el hombro:

$$Mh = (Pe + pa) \times HC \times \cos Ab + Pb \times HGb \times \cos Ab + Mc$$

Utilizando datos numéricos tendríamos:
Momento para el codo:

$$Mc = 4 \text{ kg} \times 33 \text{ cm} \times \cos 10 + 1{,}95 \text{ kg} \times 16 \text{ cm} \times \cos 10$$
$$Mc = 129{,}9 \text{ kgcm} + 30{,}7 \text{ kgcm} = 160{,}6$$

Momento para el hombro:

$$Mh = 5{,}95 \text{ kg} \times 31 \text{ cm} \times \cos 45 + 2{,}27 \text{ kg} \times 12 \text{ cm} \times \cos 45 + Mc$$
$$Mh = 130{,}4 \text{ kgcm} + 19{,}2 \text{ kgcm} + 160{,}6 \text{ kgcm}$$
$$Mh = 310{,}2 \text{ kgcm}$$

En todo caso proponemos una aplicación sencilla en lenguaje BASIC, que facilita los cálculos que acabamos de exponer.

En este programa se considera un hombre estándar de 70 kg, cuyos datos antropométricos se han obtenido de diversas fuentes; también da opción a introducir los datos de longitud de los segmentos antebrazo y brazo y los datos ponderales de dichos segmentos en función del peso corporal total (datos antropométricos según Murrell).

```
5 CLS
10 REM --------- CÁLCULO DE MOMENTOS EN CODO Y EN HOMBRO ----------
15 CPE=32:CPA=.48*CPE:HC=30:HPB=.40*HC:PA=2.1:PB=2.45
20 PRINT " ESTÁNDAR de 70 kg = 1   DATOS ANTROP. = 2   SALIR = ENTER"
30 PS$=INKEY$:IF PS$="" THEN GOTO 30
40 IF PS$="1" THEN GOTO 110
50 IF PS$="2" THEN GOTO 250
60 CLS:END
110 CLS:PRINT:PRINT:INPUT "PESO EXTERNO SITUADO EN LA MANO EN kg:";PE:PRINT
120 INPUT "ÁNGULO EJE DEL BRAZO CON LA HORIZONTAL EN GRADOS:";ABR:PRINT
130 INPUT "ÁNGULO EJE DEL ANTEBRAZO CON LA HORIZONTAL EN GRADOS:";
AAR:PRINT
135 AA=0.017453*AAR:AB=0.017453*ABR:
140 MC=PE*CPE*COS(AA)+PA*CPA*COS(AA)
150 MH=(PE+PA)*HC*COS(AB)+PB*HPB*COS(AB)+MC
160 PRINT:PRINT "MOMENTO EN EL CODO=";:PRINT USIGN" ###.#";MC;:
PRINT"kgcm"
165 PRINT:PRINT "MOMENTO EN EL HOMBRO=";:PRINT USIGN" ###.#";MH;:
PRINT"kgcm"
168 PS$=INKEYS:IF PS$="" THEN GOTO 168
170 CLS:GOTO 10

250 CLS:PRINT "INTRODUCIR DATOS ANTROPOMÉTRICOS":PRINT:PRINT
260 INPUT "INTRODUCIR LONGITUD DEL ANTEBRAZO EN cm:";CPE:PRINT
270 INPUT "INTRODUCIR LONGITUD DEL BRAZO EN cm:";HC:PRINT
```



```
280 INPUT "PESO DEL TRABAJADOR EN kg:";PT:PRINT:PRINT:PRINT
290 PA=PT/100*3:PB=PT/100*3.5
310 INPUT "PESO EXTERNO SITUADO EN LA MANO EN kg:";PE:PRINT
320 INPUT "ÁNGULO EJE DEL BRAZO CON LA HORIZONTAL EN GRADOS:";ABR:PRINT
330 INPUT "ÁNGULO EJE DEL ANTEBRAZO CON LA HORIZONTAL EN GRADOS:";AAR
333 CPA=.48*CPE:HPB=.40*HC
335 AA=0.017453*AAR:AB=0.017453*ABR:
340 MC=PE*CPE*COS(AA)+PA*CPA*COS(AA)
350 MH=(PE+PA)*HC*COS(AB)+PB*HPB*COS(AB)+MC
355 PRINT:PRINT:PRINT
360 PRINT "MOMENTO EN EL CODO=";:PRINT USING" ###.#";MC;:PRINT"kgcm"
365 PRINT:PRINT "MOMENTO EN EL HOMBRO=";:PRINT USING" ###.#";MH;:
PRINT"kgcm"
368 PS$=INKEY$:IF PS$="" THEN GOTO 368
370 CLS:GOTO 10
```

El análisis se complica en la medida en que tengamos que considerar articulaciones más alejadas de la mano, ya que ésta se toma como el origen de la secuencia de cálculo, en especial cuando se quiere analizar la articulación lumbar (L5/S1 o L4/L5).

Es factible desarrollar aplicaciones similares a la expuesta. El procedimiento sería el mismo, siguiendo etapa tras etapa, en función de la articulación que queramos analizar, pero la dificultad se presenta cuando tenemos que determinar los ángulos en el espacio de cada segmento. Esto obliga a tener que disponer de modelos matemáticos gráficos que integren los cálculos antes expuestos y proporcionen la posibilidad de situar gráficamente dichos ángulos. (Consultar Occupational Biomechanics de Chaffin y Andersson.)

Momentos máximos

Todo lo visto hasta ahora no tendría sentido si no tuviera aplicación a la hora de evaluar una postura.

Esta evaluación consiste en comparar los momentos de acción con los momentos de reacción que se les oponen. Éstos suelen ser las fuerzas musculares por sus brazos de palanca. Pero, si analizamos un movimiento determinado, podemos deducir que en todo momento varía el grado de estiramiento muscular, y con ello su capacidad de producir fuerza. Por otro lado, también suele existir una modificación del ángulo que forma el brazo de palanca respecto a la acción de su propia fuerza; por ello, al aplicar el coseno, el valor de este brazo de palanca también varía.

Existen estudios que determinan las fuerzas musculares máximas en función de las posturas y movimientos, y, consecuentemente, se pueden dedu-

cir los momentos máximos que pueden ser aplicados por el sistema musculoesquelético en cada caso. Estos estudios se concretan en fórmulas que analizan cada tipo de movimiento. El conjunto de fórmulas que recopila Chaffin constituye una base importante para abordar este tipo de problemas.

Un ejemplo de estas fórmulas es la que propuso Shanne para el estudio de momentos máximos en la articulación del codo, en movimientos de flexión y para el caso de personal masculino:

$$SE = (336{,}29 + 1{,}544 \times AE - 0{,}0085 \times AE^2 - 0{,}5 \times AS) \times 0{,}1011$$

AE es el ángulo que forma el eje del brazo con el eje del antebrazo.

AS es el ángulo que forma el brazo con el tronco.

Aplicando la fórmula para los casos en que el antebrazo se mantenga horizontal y el ángulo AS, ya definido, varíe según los valores 0, 30, 60, 90, respectivamente, se obtendrían, consecutivamente, los ángulos de AE: 90, 120, 150 y 180.

Despejando en la fórmula cada pareja de valores AS y AE, obtendríamos los momentos máximos: 87,5, 80, 73,5 y 66.

A partir de estos momentos máximos, podemos conocer las cargas exteriores máximas que se pueden soportar en la mano en las sucesivas posturas mencionadas. En nuestro caso, aplicando los datos anteriores al modelo masculino de 70 kg, en la aplicación informática reflejada anteriormente, obtendríamos 23, 22, 20 y 17 kg, respectivamente, para cada postura.

En función de la frecuencia con que se efectúen las cargas y del tiempo de exposición, aplicaremos un porcentaje de esas fuerzas máximas así obtenidas.

Modelos biomecánicos

Un modelo es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

La biomecánica, como hemos mencionado, considera el cuerpo humano como un sistema biológico sometido a las leyes de la mecánica, y el estudio de su comportamiento, frente a los fenómenos regidos por las mencionadas leyes, puede ser puramente empírico o realizado mediante modelos matemáticos.

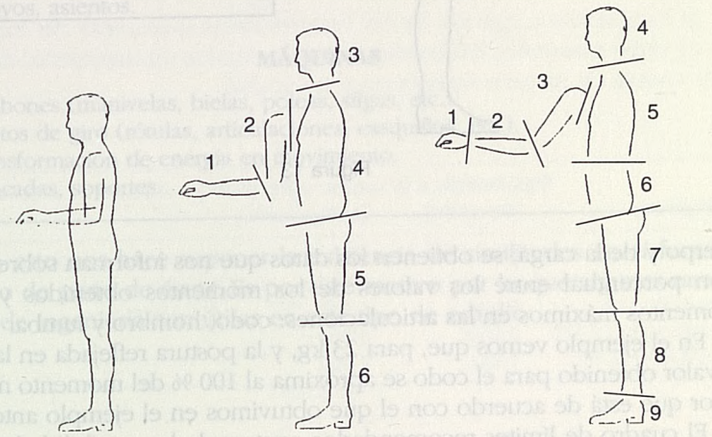
Los modelos matemáticos pueden alimentarse de la investigación empírica; por ejemplo, la fórmula de Shanne es una ecuación de correlación de datos que se obtuvieron directamente de la realidad, pero también

estos modelos pueden ser puramente teóricos, como el expuesto en el párrafo anterior.

En todo caso, la inclusión de dibujos del cuerpo humano en los modelos (somatografías) facilita mucho los cálculos. Estos modelos gráficos pueden concebirse con más o menos eslabones; por ejemplo, podemos considerar el modelo denominado de 9 eslabones: pie, pierna, muslo, cadera, tronco, cabeza, brazo, antebrazo y mano (Figura 12).

Muchas veces es suficiente el modelo de 6 eslabones, que contempla unidos los segmentos pierna-pie, antebrazo-mano y cadera-tronco.

Hasta ahora sólo nos hemos referido a modelos gráficos en dos dimensiones y en plano sagital o lateral, pero también existen modelos en tres dimensiones cuya utilización es, por el momento, más complicada.

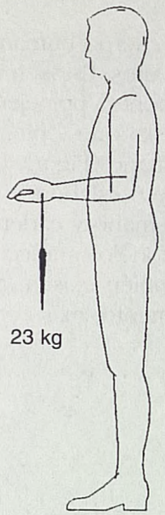


Modelo de 1 eslabón Modelo de 6 eslabones Modelo de 9 eslabones

Figura 12

Un ejemplo de modelo matemático y gráfico en dos dimensiones es el que ha elaborado el Instituto de Salud Laboral de Finlandia, denominado ERGOSHAPE. El modelo matemático está basado en el propuesto por Chaffin de 9 eslabones, y elaborado con el lenguaje LISP de AutoCAD. En la parte gráfica, presenta somatografías (representaciones del cuerpo desde distintos planos) cuyos tamaños incluyen, en ambos sexos, los percentiles 5 %, 50 % y 95 %.

El gráfico de la figura 13 presenta el caso de un trabajador que sostiene una carga exterior de 23 kg, manteniendo un ángulo de flexión brazo-antebrazo de 90º. De forma automática, una vez situada la posición del



LOADS (% MAX):	
ELBOW:	101
SHOULDER:	82
BACK:	30

RECOM LIMITS (% MAX):		
	<1h	~8h
STATIC	5	2
AVERAGE	14	10
PEAKS	70	50

Figura 13

cuerpo y de la carga, se obtienen los datos que nos informan sobre la relación porcentual entre los valores de los momentos obtenidos y de los momentos máximos en las articulaciones: codo, hombro y lumbar (L5-S1).

En el ejemplo vemos que, para 23 kg, y la postura reflejada en la figura, el valor obtenido para el codo se aproxima al 100 % del momento máximo, valor que está de acuerdo con el que obtuvimos en el ejemplo anterior.

El cuadro de límites recomendados contempla las posibilidades de un trabajo que obliga a una posición estática, otro en que las posturas se repiten cíclicamente y, por último, de una actuación que se repite con una frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos.

Elementos de biomecánica

Introducción

Las máquinas, consideradas tradicionalmente «artificios destinados a aprovechar o dirigir la acción de una fuerza», están constituidas por unos elementos fundamentales que las definen y que las diferencian. Así pues, los eslabones dentro de la cadena cinemática, las articulaciones o puntos

de giro, la bancada, etc., son elementos característicos de cada tipo de máquina.

En el cuerpo humano existen estructuras que presentan similitud con las de las máquinas y en parte desempeñan funciones parecidas. El estudio de alguna de ellas tiene puntos en común con el de los elementos de las máquinas.

Si establecemos un pequeño cuadro comparativo entre dichos elementos de ambos, tendremos:

HOMBRE

- Huesos (elementos rígidos), tendones (elementos flexibles inextensibles).
- Articulaciones, cavidades articulares.
- Músculos.
- Apoyos, asientos.

MÁQUINAS

- Eslabones (manivelas, bielas, poleas, silgas, etc.).
- Puntos de giro (rótulas, articulaciones, casquillos, etc.).
- Transformación de energía en movimiento.
- Bancadas, soportes.

Todo esto nos hace suponer la existencia de similitudes en el funcionamiento de parte de éstos. Es por este motivo por lo que algunas ramas clásicas de ingeniería son útiles en este tipo de estudio.

Huesos

El esqueleto humano es una estructura constituida por un conjunto de elementos denominados «huesos», unidos entre sí mediante articulaciones cuyo resultado es obtener una relación resistencia/peso elevada.

El esqueleto realiza la función de soporte y protección para los órganos delicados, es el armazón mecánico que permite la locomoción, y, por último, es donde se encuentra la principal reserva de fósforo y calcio del organismo.

Los huesos son estructuras cuya función fundamental es transmitir solicitaciones de compresión, flexión y torsión, es decir, las propias de un sólido rígido. La estructura de cada hueso está adaptada para soportar las máximas resistencias a las solicitaciones mecánicas con la menor cantidad de masa ósea posible.

Microscópicamente en el hueso laminar encontramos dos tipos de estructuras:

– Hueso compacto. Se presenta como una masa sólida de gran resistencia. Está formado básicamente por capas óseas o laminillas dispuestas alrededor de canales que contienen vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Las columnas se colocan paralelamente al eje longitudinal en los huesos largos.

– Hueso esponjoso. Está formado por una red de trabéculas óseas separadas por un laberinto de espacios intercomunicados que contienen médula ósea. Las trabéculas son finas y están compuestas por laminillas irregulares de hueso con lagunas que contienen células denominadas hosteocitos.

Si comparamos algunas de las características mecánicas del hueso con las de otros materiales frecuentemente empleados en ingeniería, nos daremos cuenta de su gran resistencia y tenacidad.

E(kg/cm²)	Resistencia a la rotura o R(kg/cm²) (tracción)	(compresión)	Módulo de elasticidad
hueso cortical	830-1.510	1.080-2.320	E = 60.000-254.000
hueso esponjoso		30-120	E = 518 – 1.540
acero F1.140	6.000	6.000	E = 2.900
duraluminio L3.170	3.900	3.900	
fundición FG-10	1.600	7.000	

Si como ejemplo tomamos un hueso «largo» como el húmero, podemos observar el aspecto macroscópico de los dos tipos de tejido óseo que se encuentran en el esqueleto maduro: el hueso compacto y el hueso esponjoso (Figura 14).

Articulaciones

La unión entre los huesos se realiza mediante estructuras denominadas articulaciones. Las podemos clasificar según dos grupos funcionales:

– Articulaciones sinoviales ⇒ amplia movilidad.
– Articulaciones no sinoviales ⇒ movimiento limitado.

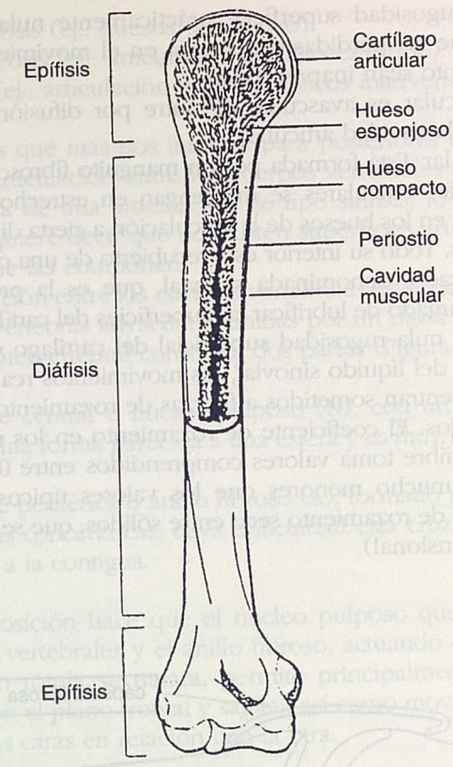


Figura 14

Articulaciones sinoviales

En este tipo de articulaciones existe una gran movilidad de los huesos en las superficies articulares. Éstas se mantienen en aposición gracias a una cápsula fibrosa que los rodea y a los ligamentos.

Los elementos que las componen son:

– Cartílago articular. Se trata de un cartílago de tipo hialino, que recubre toda la superficie de contacto entre los dos huesos. Se caracteriza por su elasticidad, propiedad que le permite absorber esfuerzos dinámicos y evitar así el desgaste prematuro de los huesos; es decir, tiene un papel amortiguador. Junto a ésta característica existe otra, quizá más importante,

que es la de su rugosidad superficial prácticamente nula, factor muy importante para que las pérdidas de energía en el movimiento debido a fuerzas de rozamiento sean inapreciables.

El cartílago articular es avascular; se nutre por difusión a partir del líquido sinovial de la cavidad articular.

– Cápsula articular. Está formada por un manguito fibroso cuya misión es que las superficies articulares se mantengan en estrecho contacto. Se inserta directamente en los huesos de la articulación a cierta distancia de los cartílagos articulares. Todo su interior está recubierto de una capa de tejido conectivo especializado, denominada sinovial, que es la productora del líquido sinovial encargado de lubrificar las superficies del cartílago articular.

Gracias a la casi nula rugosidad superficial del cartílago y a las especiales características del líquido sinovial, los movimientos realizados en el ser humano se encuentran sometidos a fuerzas de rozamientos de valores extremadamente bajos. El coeficiente de rozamiento en los movimientos articulares en el hombre toma valores comprendidos entre 0,005 y 0,001 (n.º adimensional), mucho menores que los valores típicos correspondientes a fenómenos de rozamiento seco entre sólidos, que se hallan entre 0,3 y 0,05 (n.º adimensional).

ARTICULACIÓN SINOVIAL

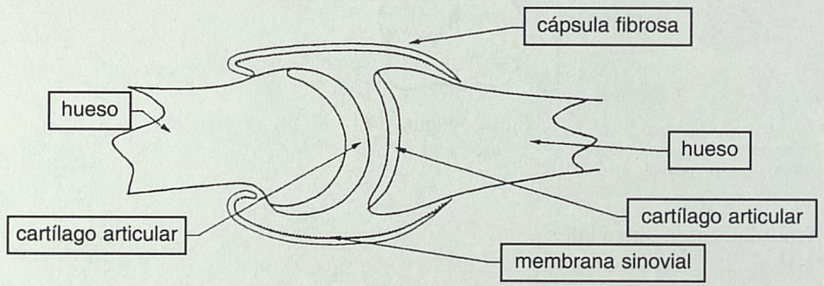


Figura 15

Articulaciones no sinoviales

Poseen movimiento limitado. Los huesos que forman la articulación no tienen superficies articulares libres, sino que están unidos por tejido conectivo denso. Según sea este tejido nos encontramos con:

– Sindesmosis (ej.: huesos del cráneo).
– Sincondrosis (ej.: articulación costillas-esternón).
– Sínfisis (ej.: articulación pubiana, discos intervertebrales).

Una de las que más nos interesa para posteriores estudios de biomecánica es la articulación entre los cuerpos vertebrales de la columna vertebral. Se trata de una articulación de tipo sínfisis, lo cual, como hemos comentado, quiere decir que no existen superficies articulares libres entre los huesos que las componen.

La articulación entre los cuerpos vertebrales está constituida por las dos caras de las vértebras adyacentes unidas por un disco intervertebral.

El disco intervertebral consta de dos partes (Figura 16):

– La parte central o núcleo pulposo (N), con un gran contenido en agua. Tiene una forma parecida a una esfera y es muy resistente a la deformación.

– La parte periférica o anillo fibroso (A), formado por una sucesión de capas fibrosas concéntricas, cuya oblicuidad está cruzada cuando se pasa de una capa a la contigua.

Esta disposición hace que el núcleo pulposo quede encerrado entre ambas caras vertebrales y el anillo fibroso, actuando como si de una articulación tipo rótula se tratara, permite principalmente movimientos de inclinación en el plano frontal y sagital, así como movimientos de rotación de una de las caras en relación con la otra.

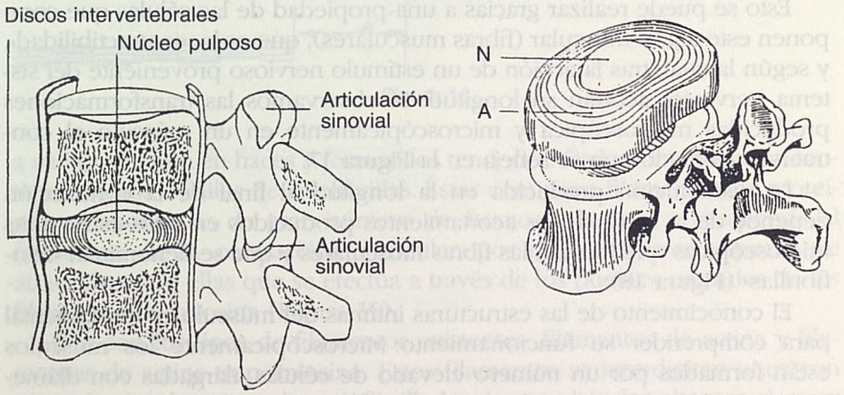


Figura 16

Tendones y ligamentos

Su misión es transmitir esfuerzos de tracción entre los diferentes elementos del sistema musculoesquelético.

Tendones. Están formados por haces paralelos de fibras de colágeno. Son casi inextensibles pero poseen gran flexibilidad. Algunos tendones están rodeados por una vaina de tejido conectivo tapizado por una sinovia; el movimiento del tendón dentro de esta vaina está favorecido por el líquido sinovial.

Los tendones transmiten a los huesos las fuerzas de tracción originadas en las contracciones musculares.

Ligamentos. Son bandas densas de tejido conectivo fibroso que refuerzan las cápsulas articulares y mantienen los huesos en una posición anatómica correcta. Histológicamente son similares a los tendones, aunque poseen una disposición menos ordenada del colágeno y también una cantidad variable de fibras elásticas.

Los ligamentos serán los encargados de proporcionar la estabilidad a las articulaciones, así como de materializar la barrera de los movimientos articulares.

Músculos

Los músculos son elementos constituidos por tejido muscular, capaces de generar fuerzas de tracción a partir de la energía obtenida por los nutrientes.

Esto se puede realizar gracias a una propiedad de las células que componen este tejido muscular (fibras musculares), que es la «contractibilidad», y según la cual, tras la acción de un estímulo nervioso proveniente del sistema nervioso, acortan su longitud. Si observamos las transformaciones producidas macroscópica y microscópicamente en un músculo al contraerse, vemos lo que se refleja en la Figura 17.

La disminución producida en la longitud al final de la contracción depende de la suma de los acortamientos producidos en unas estructuras microscópicas que forman las fibras musculares y que se denominan «miofibrillas» (Figura 18).

El conocimiento de las estructuras íntimas del músculo es fundamental para comprender su funcionamiento. Microscópicamente los músculos están formados por un número elevado de células alargadas con diámetros entre 10 y 80 micras denominadas «fibras musculares». Los extremos de la membrana de estas células se fusionan con las fibras tendinosas que

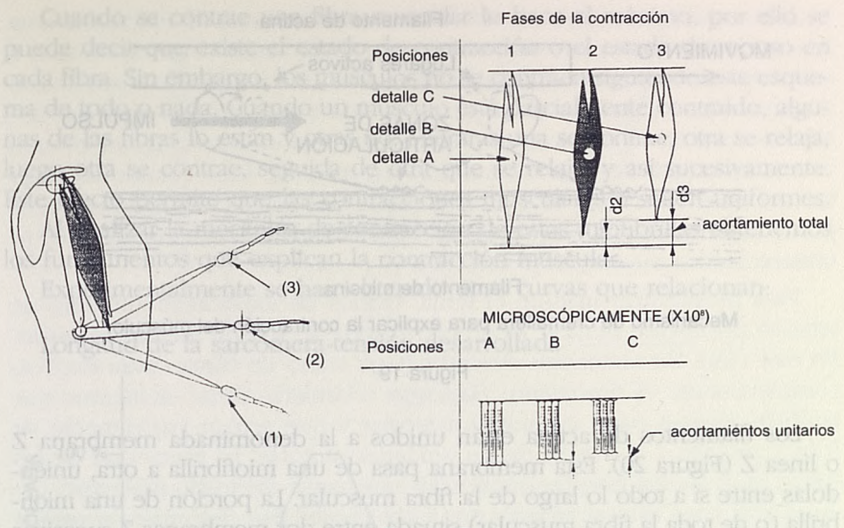
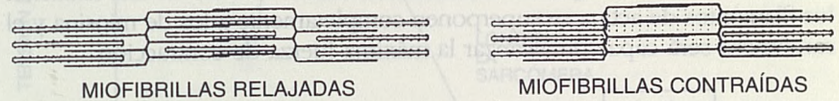


Figura 17



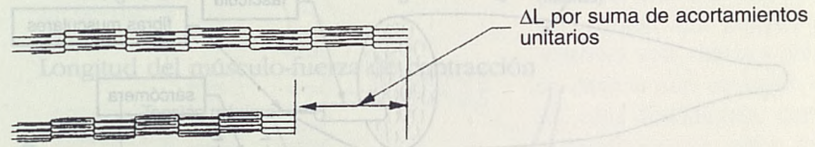
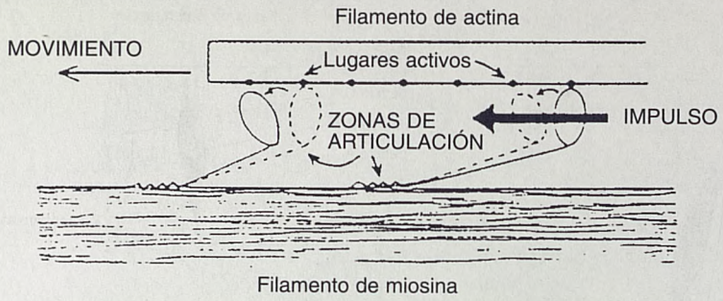


Figura 18

a su vez se unen en haces y forman los tendones. Cada fibra muscular contiene cientos o miles de miofibrillas. Éstas contienen filamentos de proteínas polimerizadas de gran número de átomos a las que corresponde el fenómeno de la contracción muscular, por un mecanismo especial de atracción entre ellas que se efectúa a través de los puentes cruzados de los filamentos de miosina (Figura 19).

Dos son los tipos de filamentos existentes: filamentos de actina y filamentos de actina-tropomiosina. Estos filamentos se interdigitan unos con otros, lo que hace que las miofibrillas presenten bandas alternas claras y oscuras.



Mecanismo de cremallera para explicar la contracción del músculo.

Figura 19

Los filamentos de actina están unidos a la denominada membrana Z o línea Z (Figura 20). Esta membrana pasa de una miofibrilla a otra, uniéndolas entre sí a todo lo largo de la fibra muscular. La porción de una miofibrilla (o de toda la fibra muscular) situada entre dos membranas Z sucesivas se denomina «sarcómera». Cuando la fibra muscular en reposo presenta su longitud total, ésta es aproximadamente de unas 2 micras. En esta situación los filamentos de actina se superponen completamente a los de miosina y el sarcómero será capaz de alcanzar la máxima fuerza de contracción.

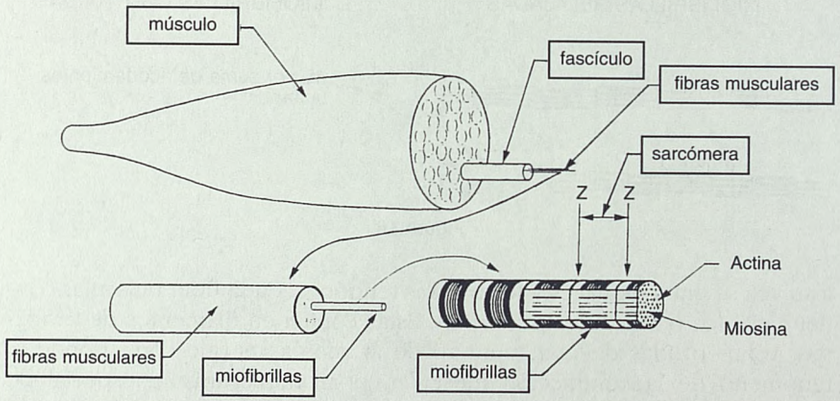


Figura 20

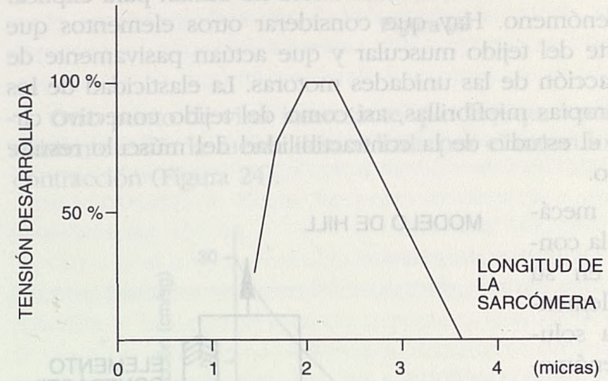
Cada fibra muscular tiene una unión neuromuscular, aproximadamente en la mitad de su longitud. A través de ésta recibe el estímulo proveniente del sistema nervioso para iniciar la contracción.

Cuando se contrae una fibra muscular lo hace al máximo, por ello se puede decir que existe el estado de contracción o el estado de reposo en cada fibra. Sin embargo, los músculos no se contraen siguiendo este esquema de todo o nada. Cuando un músculo está parcialmente contraído, algunas de las fibras lo están y otras no. Mientras una se contrae, otra se relaja, luego otra se contrae, seguida de otra que se relaja, y así sucesivamente. Este efecto permite que las contracciones musculares resulten uniformes.

Al analizar la mecánica de contracción de estas miofibrillas obtenemos los fundamentos que explican la contracción muscular.

Experimentalmente se han obtenido unas curvas que relacionan:

Longitud de la sarcómera-tensión desarrollada



Longitud del músculo-fuerza de contracción

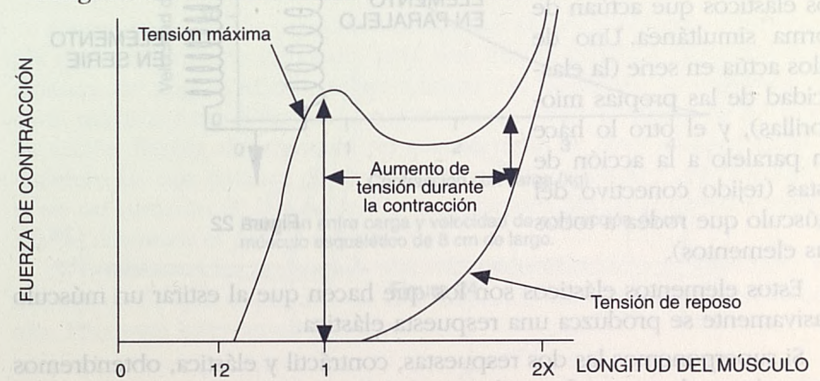


Figura 21

Como podemos observar, existe una relación entre la fuerza máxima desarrollada y la longitud de los elementos contráctiles. Una explicación a este fenómeno consiste en pensar que para una longitud de sarcómero determinada se puede producir el mayor número de enlaces entre los filamentos de actina y miosina, y, por lo tanto, será en esta longitud cuando la tensión originada en la contracción sea máxima. Pero cuando la longitud del sarcómero varía de ésta, que podríamos llamar longitud óptima, la posibilidad de producción de enlaces disminuye, y, en consecuencia, se obtiene menor tensión en el músculo.

Para profundizar más en el tema, hemos de explicar el aumento de tensión producido durante el reposo bajo la acción de fuerzas externas. En este caso, los elementos descritos hasta ahora no bastan para explicar completamente el fenómeno. Hay que considerar otros elementos que también forman parte del tejido muscular y que actúan pasivamente de forma paralela a la acción de las unidades motoras. La elasticidad de los ligamentos, de las propias miofibrillas, así como del tejido conectivo circundante, hace que el estudio de la contractibilidad del músculo resulte mucho más complejo.

Esta visión de la mecánica del músculo es la contemplada por Hill en su modelo de los tres elementos, que aporta una solución teórica a este fenómeno (Figura 22). Según esta teoría existen dos elementos elásticos que actúan de forma simultánea. Uno de ellos actúa en serie (la elasticidad de las propias miofibrillas), y el otro lo hace en paralelo a la acción de éstas (tejido conectivo del músculo que rodea a todos sus elementos).

MODELO DE HILL

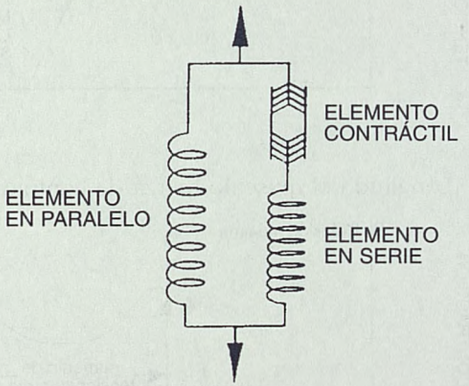


Figura 22

Estos elementos elásticos son los que hacen que al estirar un músculo pasivamente se produzca una respuesta elástica.

Si superponemos las dos respuestas, contráctil y elástica, obtendremos un conjunto de curvas fuerza-longitud del músculo en función del grado de contracción existente (Figura 23).

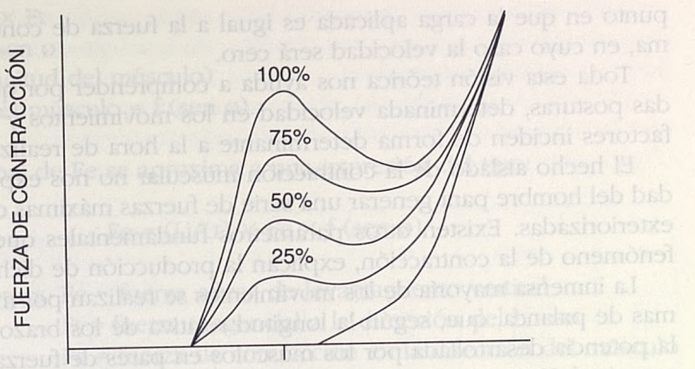
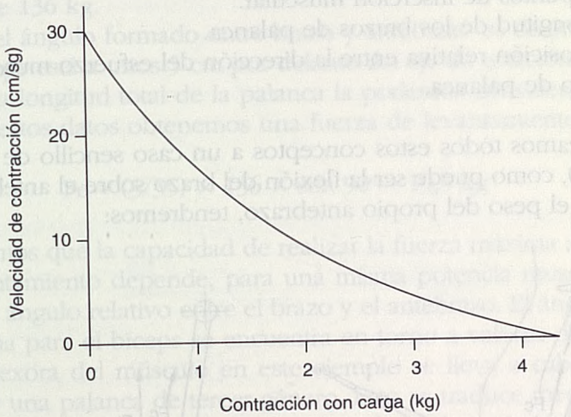


Figura 23

Otro punto de vista interesante que hay que considerar es la relación existente entre la fuerza desarrollada por el músculo y la velocidad en la contracción (Figura 24).



Relación entre carga y velocidad de contracción de un músculo esquelético de 8 cm de largo.

Figura 24

Vemos que a medida que aumenta la carga aplicada en el músculo la velocidad disminuye gradualmente. El límite de esta situación está en el

punto en que la carga aplicada es igual a la fuerza de contracción máxima, en cuyo caso la velocidad será cero.

Toda esta visión teórica nos ayuda a comprender por qué determinadas posturas, determinada velocidad en los movimientos y otros muchos factores inciden de forma determinante a la hora de realizar un trabajo.

El hecho aislado de la contracción muscular no nos explica la capacidad del hombre para generar una serie de fuerzas máximas capaces de ser exteriorizadas. Existen otros parámetros fundamentales que, sumados al fenómeno de la contracción, explican la producción de dichas fuerzas.

La inmensa mayoría de los movimientos se realizan por medio de sistemas de palanca, que, según la longitud relativa de los brazos, convertirán la potencia desarrollada por los músculos en pares de fuerza de diferente magnitud. Unas veces, debido al reparto de la longitud de los brazos, el par generado será pequeño en función de la potencia del músculo, pero, por contra, la velocidad del movimiento será elevada y en otras ocasiones ocurrirá todo lo contrario.

Con todo esto vemos que el estudio individualizado de cada movimiento requiere el conocimiento de una serie de parámetros:

- Los puntos de inserción muscular.
- La longitud de los brazos de palanca.
- La posición relativa entre la dirección del esfuerzo muscular y la del brazo de palanca.

Si aplicamos todos estos conceptos a un caso sencillo de movimiento (Figura 25), como puede ser la flexión del brazo sobre el antebrazo, y despreciando el peso del propio antebrazo, tendremos:

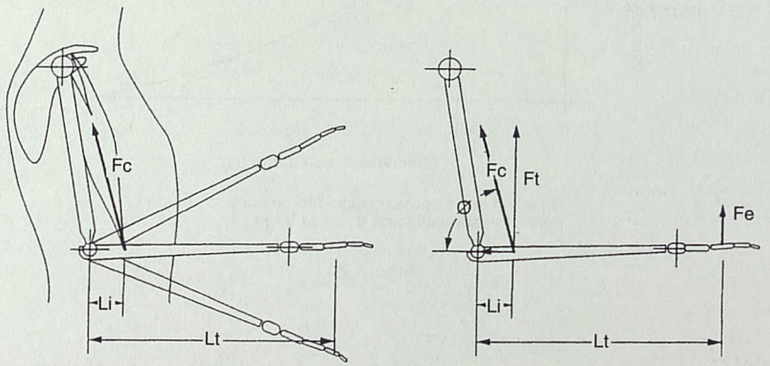


Figura 25

Fe = Li/Lt × Ft
Ft = Fc × sen ø
Fc = f (longitud del músculo)
longitud del músculo = f (sen ø)

El valor final de Fe se aproxima a una expresión del tipo:

$$Fe = (Li/Lt) \times Fc \times f\ (\text{sen } ø)$$

Nomenclatura: Fe = fuerza eficaz de levantamiento vertical
Ft = fuerza tangencial a la dirección del hueso
Fc = fuerza de contracción en la dirección del músculo
Li = distancia articulación-punto de inserción
Lt = distancia articulación-punto de aplicación de Fe

Si tenemos en cuenta que la fuerza máxima de una contracción en un músculo, trabajando con la longitud normal, es de unos 8,5 kg/cm² (valor aproximado), y un bíceps tiene aproximadamente una superficie de corte transversal de 16 cm², la fuerza máxima de contracción será de aproximadamente 136 kg.

Cuando el ángulo formado entre brazo y antebrazo es de 90°, la inserción del bíceps está a unos 5 cm por delante del eje de rotación de la articulación, y la longitud total de la palanca la podemos considerar de unos 35 cm. Con estos datos obtenemos una fuerza de levantamiento:

$$Fe = (5/35) \times 136 \times \text{sen } 90° = 19{,}5 \text{ kg}$$

Observamos que la capacidad de realizar la fuerza máxima aprovechable de levantamiento depende, para una misma potencia muscular desarrollada, del ángulo relativo entre el brazo y el antebrazo. El ángulo de eficacia máxima para el bíceps se encuentra en torno a valores de 80° y 90°. La acción flexora del músculo en este ejemplo se lleva a cabo según el esquema de una palanca de tercer género. Esto se traduce mecánicamente en un aumento de la amplitud y de la rapidez del movimiento a expensas de disminuir el par de acción.

Si cambiamos las posiciones relativas entre el brazo y el antebrazo, los valores de Fe que dependen de la contracción de este músculo disminuirán. Para esto intervienen dos factores:

- En primer lugar, el rendimiento de la palanca es proporcional al sen ø.

– En segundo lugar, la tensión desarrollada por la sarcómera depende de su longitud, la que a su vez depende de la longitud del músculo, siendo ésta también función de ø.

Variando la posición del antebrazo en incrementos de unos 15°, las fuerzas verticales aproximadas, debido a la contracción del bíceps, serían (Figura 26):

ø	sen ø	ß	cos ß	disminución por acortamiento de la sarcómera	Fe (kg)
130	0,70	45	0,70	0,50	5
115	0,90	30	0,86	0,75	11
100	0,98	15	0,96	0,90	17
85	0,99	0	1	0,99	19
70	0,93	-15	0,96	0,93	16
55	0,81	-30	0,86	0,81	11
40	0,64	-45	0,7	0,64	6

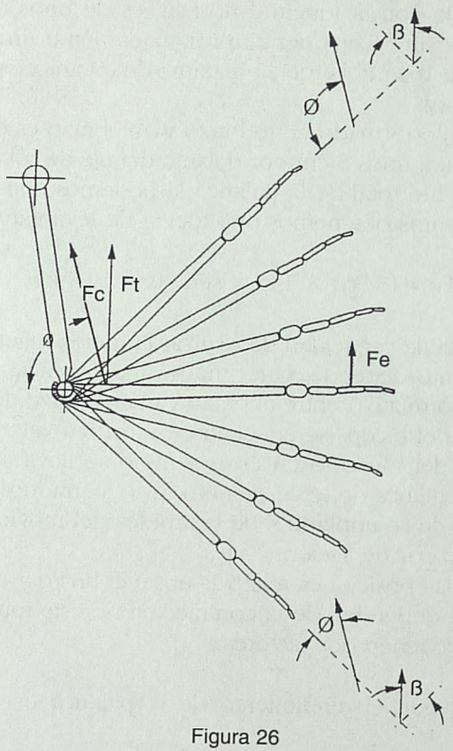


Figura 26

En la flexión del brazo sobre el antebrazo, al igual que en el movimiento de la mayoría de las partes del cuerpo, interviene más de un grupo muscular. La intensidad de la acción se va alternando, según la posición de las extremidades. Esto hace que la capacidad de ejercer esfuerzos en cada posición de la extremidad se amplíe mucho más que si de un músculo aislado se tratara.

Metabolismo energético

Introducción

Transferencias de energía

Sin duda, la reacción química que más energía libera en la contracción muscular es la hidrólisis del trifosfato de adenosina o ATP:

$$ATP + H_2O \longleftrightarrow ADP + \text{fosfato} + 7{,}3 \text{ Kcal mol}^{-1}$$

Este paso de ATP a ADP supone transformar, a costa de la contracción, fosfatos ricos en energía en fosfatos pobres en energía. Si el proceso continúa en este sentido, el efecto producido es parecido a una pila que se agota.

Para que esto no ocurra, es necesario un mecanismo que transforme ADP en ATP, para lo cual existen ciclos de degradación de nutrientes que aportan la energía necesaria para hacer reversible la reacción anterior (Figura 27).

PROCESOS METABÓLICOS RELACIONADOS CON EL TRABAJO MUSCULAR

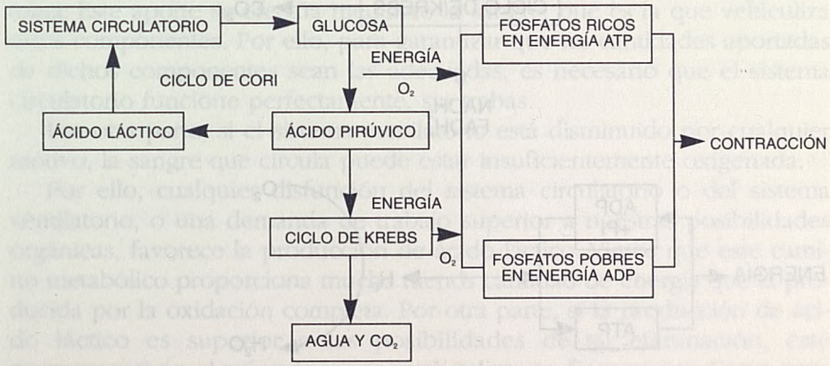


Figura 27

La primera fuente de energía la proporciona la oxidación de la glucosa que se transforma en ácido pirúvico. La segunda fuente, mucho más energética, es la oxidación total del ácido pirúvico, cuyos productos finales son anhídrido carbónico y agua. Este último proceso se lleva a cabo mediante un complejo de reacciones denominado ciclo de Krebs.

Si bien el metabolismo de los glúcidos es el que proporciona la energía de forma más inmediata, éstos no son la única fuente. Los nutrientes que ingerimos en forma de lípidos son la fuente más importante de energía, pero, al no ser su metabolismo tan inmediato, se pueden considerar como una energía de reserva. Algo parecido ocurre con las proteínas (Figura 28).

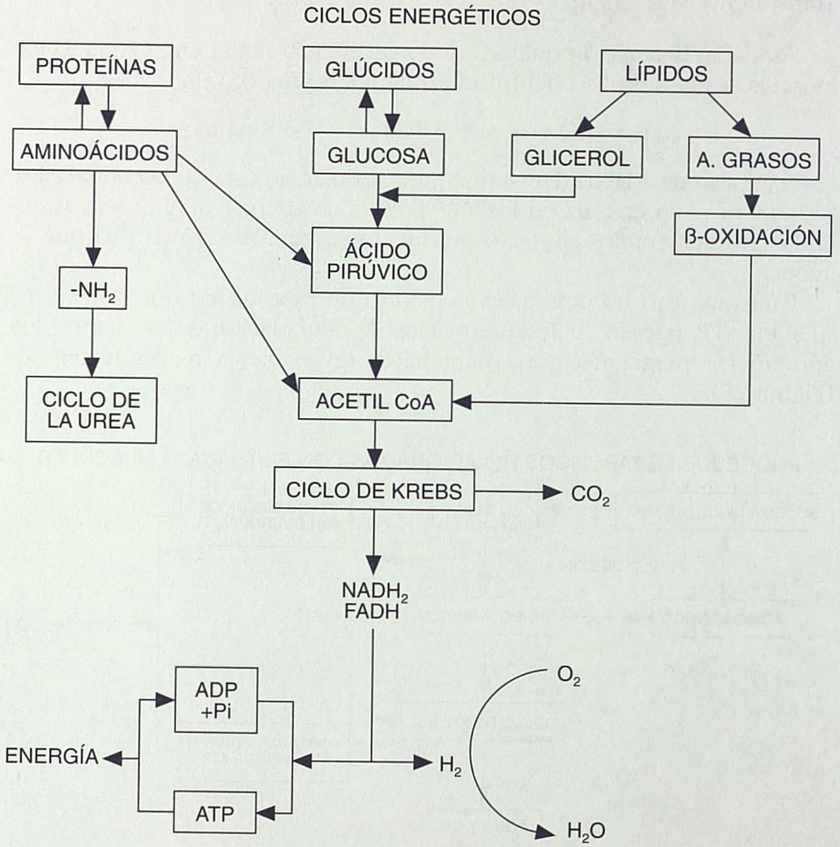


Figura 28

Volviendo a la Figura 27, el paso de ácido pirúvico a ácido láctico se produce cuando el aporte de oxígeno es insuficiente y no es posible una oxidación total. El ácido láctico sigue la secuencia del denominado ciclo de Cori que representamos en la Figura 29.

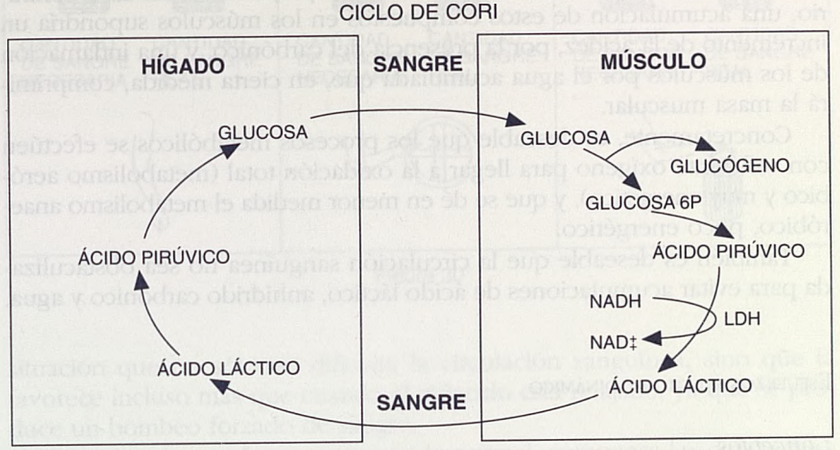


Figura 29

Consideraciones sobre el metabolismo energético

Según el esquema de los procesos metabólicos (Figura 27), es necesario introducir glucosa (u otros elementos energéticos) y oxígeno en el sistema. Este aporte se efectúa mediante la sangre, que es la que vehiculiza estos componentes. Por ello, para garantizar que las cantidades aportadas de dichos componentes sean las adecuadas, es necesario que el sistema circulatorio funcione perfectamente, sin trabas.

Por otra parte, si el sistema ventilatorio está disminuido por cualquier motivo, la sangre que circula puede estar insuficientemente oxigenada.

Por ello, cualquier disfunción del sistema circulatorio o del sistema ventilatorio, o una demanda de trabajo superior a nuestras posibilidades orgánicas, favorece la producción de ácido láctico. Vimos que este camino metabólico proporciona mucha menos cantidad de energía que la producida por la oxidación completa. Por otra parte, si la producción de ácido láctico es superior a las posibilidades de su eliminación, éste permanecerá en el músculo y puede cristalizar en finas agujas. Como consecuencia se origina una sensación de fatiga que puede llegar a producir

dolor. Estas sensaciones se eliminan con el reposo, dando el tiempo suficiente para la completa metabolización del ácido láctico (Figura 29).

Como hemos mencionado, los productos finales de la oxidación total son anhídrido carbónico y agua, y ambos son eliminados por la sangre, siempre que la normal circulación no se vea perjudicada. En caso contrario, una acumulación de estos compuestos en los músculos supondría un incremento de la acidez, por la presencia del carbónico, y una inflamación de los músculos por el agua acumulada que, en cierta medida, comprimirá la masa muscular.

Concretamente, es deseable que los procesos metabólicos se efectúen con suficiente oxígeno para llegar a la oxidación total (metabolismo aeróbico y muy energético), y que se dé en menor medida el metabolismo anaeróbico, poco energético.

También es deseable que la circulación sanguínea no sea obstaculizada para evitar acumulaciones de ácido láctico, anhídrido carbónico y agua.

Esfuerzos estático y dinámico

Conceptos

En una postura relajada, como puede ser un brazo suspendido a lo largo del cuerpo (Figura 30), el esfuerzo muscular es mínimo y las contracciones musculares son escasas. En esta situación, el aporte de sangre necesario no es relevante ni existe impedimento para que el sistema circulatorio proporcione y elimine los elementos mencionados en el párrafo anterior.

Si se realiza un trabajo de forma rítmica, en el que se alternen contracciones y relajaciones musculares, como puede ser el accionamiento de una manivela, se producen dos situaciones opuestas:

– Fase de contracción. Es la fase en que el brazo flexiona, los músculos flexores se contraen en gran medida, tanto más cuanto más resistencia oponga la manivela, y las demandas de glucosa y oxígeno se elevan. Por otra parte, la circulación sanguínea se ve dificultada debido a la propia contracción de los músculos, que, a su vez, oprimen las arterias. Este efecto es mayor cuanta más fuerza se efectúa. En esta situación las necesidades no pueden ser satisfechas por el sistema.

– Fase de extensión. Cuando el brazo se extiende, se contraen los músculos extensores y se produce para estos músculos una situación análoga a la anterior. Pero los músculos flexores se extienden, creándose una



Figura 30

situación que no sólo no dificulta la circulación sanguínea, sino que la favorece incluso más que cuando el músculo está relajado, ya que se produce un bombeo forzado de sangre.

Este aporte sanguíneo, superior a lo normal, compensa las deficiencias mencionadas en la fase de contracción. Se puede decir que las necesidades se satisfacen por el propio sistema.

Si soportamos un peso de forma mantenida –por ejemplo, en una postura de brazo flexionado–, ocurre lo expuesto en la fase de contracción del párrafo anterior, pero sin que se produzca la fase de extensión. Como consecuencia, se ejerce una fuerza en condiciones precarias, tanto por los aportes energéticos y de oxígeno como por la eliminación de desechos. Por ello, al efectuarse el metabolismo fundamentalmente en fase anaeróbica, se acumula ácido láctico, que, en esas condiciones, es difícil de eliminar.

Otra particularidad de este tipo de esfuerzo es que, al no producirse movimiento alguno, no se traduce en un trabajo mecánico. Éste se expresa físicamente como el producto de la fuerza ejercida por el espacio recorrido, siendo el segundo factor, en este caso, nulo.

El esfuerzo estático se denomina también esfuerzo isométrico (misma medida); ambos conceptos se utilizan de forma indistinta.

Esfuerzos estáticos

Los esfuerzos estáticos se dan de forma permanente en el cuerpo humano; no es necesario soportar una carga exterior como hemos expues-

to en el párrafo anterior, ya que la propia postura supone una carga estática, los músculos tienen que ejercer fuerza de forma mantenida para que el cuerpo no pierda el equilibrio.

Naturalmente, una carga física exterior incrementará el gasto, y, como podemos observar en la Figura 31, la propia disposición espacial de dicha carga tiene una influencia definitiva. Si tomamos como referencia una mochila con un peso (A), y, posteriormente, transportamos el mismo peso en una cartera con bandolera, el incremento de gasto energético debido a ese peso (A) es del +82 % con respecto a la postura de referencia; y si este mismo peso (A) es transportado en una cartera de mano, el incremento del gasto energético aumentará a un +141 %, también con respecto a la primera postura.

INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DE LA CARGA EN EL CONSUMO DE OXÍGENO



REFERENCIA

100 % 182 % 241 %

Figura 31

En todo caso, estos incrementos están a cargo de los músculos que soportan el equilibrio; si éstos son pocos o poco potentes, las consecuencias negativas de fatiga o de dolor aparecen antes. En estos casos un análisis del gasto energético puede ser engañoso, ya que puede darse el caso de que un trabajo suponga un gasto discreto, aunque existan grupos musculares muy sobrecargados.

Efecto de las posturas

No existe una postura ideal, por ello es recomendable como principio que un puesto se diseñe de forma que permita cierta movilidad al trabajador. Esto permitirá que los músculos más sobrecargados se relajen y se recuperen. No permitir esta flexibilidad llevaría a problemas como los que se citan:

POSTURA DE TRABAJO	PARTES DEL CUERPO AFECTADAS
De pie, siempre en el mismo sitio	Brazos y piernas. Riesgo de varices
Sentado, tronco recto sin respaldo	Músculos extensores de la espalda
Sentado, en un asiento demasiado alto	Rodillas, muslos, pies
Sentado, en un asiento demasiado bajo	Hombros, cuello
Tronco inclinado hacia delante, sentado o de pie	Región lumbar: deterioro de discos intervertebrales
Cabeza inclinada hacia delante o hacia atrás	Cuello: deterioro de discos intervertebrales
Brazos tendidos sobre el costado, delante o atrás	Hombros y brazos
Malas posiciones al utilizar herramientas	Inflamación de tendones

Esfuerzos dinámicos

Los esfuerzos realizados por los atletas, sobre todo los corredores de fondo, son enormes y sólo se pueden comprender si en el transcurso del trabajo desarrollado el ciclo metabólico se efectúa aeróbicamente y, para ello, en el proceso metabólico de oxidación total, el aporte de oxígeno debe ser suficiente.

Existen trabajos en agricultura, minería e industria, cuyo gasto energético es considerable, y, aunque los ritmos permitan que los procesos metabólicos se lleven de forma aeróbica, el trabajo desarrollado por el corazón y el sistema circulatorio puede ser excesivo.

La secuencia es la siguiente: a mayor esfuerzo, mayor aporte energético y de oxígeno, mayor circulación sanguínea, mayor número de latidos

del corazón, mayor ritmo respiratorio, y, en definitiva, mayor esfuerzo del organismo.

Las respuestas cardiovasculares y respiratorias están en relación lineal con el volumen de oxígeno demandado por los músculos, pero estas respuestas tienen sus límites.

Límites del esfuerzo dinámico

El límite estará determinado por el nivel del volumen del gasto de oxígeno que garantice evitar el metabolismo anaeróbico, que, aparte de ser poco energético, produce ácido láctico.

Existe un límite máximo de metabolismo aeróbico que se denomina «capacidad aeróbica» o VO_2 max., que depende de cada persona. Este concepto es importante porque se estima que el metabolismo anaeróbico entra en juego cuando estamos realizando un esfuerzo que consume el 50 % del VO_2 max. o, lo que es lo mismo, cuando se está trabajando a la mitad de la capacidad aeróbica. Por ello es necesario diseñar las tareas por debajo de este consumo.

Astrad, estudiando personas con distintas capacidades aeróbicas que iban desde 11,2 a 26 Kcal/min, comprobó que en trabajos de 8 horas al día las pulsaciones eran de 120 a 135 por minuto. Por ello, es necesario considerar este esfuerzo cardiovascular en el diseño de los trabajos.

Lehmann considera que, para un hombre medio, un gasto diario de 4.800 Kcal de gasto energético no supone un esfuerzo importante. A este valor de gasto total diario le corresponden 2.500 Kcal/día disponibles para el trabajo profesional o, lo que es lo mismo, 2.500/480 = 5,2 Kcal/min.

Para trabajos esporádicos, puede servir de guía la representación en forma de escalera que presenta el mismo autor. Un ejemplo de aplicación de esta tabla es: si el trabajo no debe durar más de un minuto, el gasto en Kcal debe ser inferior a 25; si no debe durar más de 10 minutos, 150; si una hora, 600; etc.

Evaluación de la carga física

Carga y esfuerzo

Cuando diseñamos una tarea debemos conocer la carga que ésta supone, concepto que es equivalente al esfuerzo que realizaría el trabajador

sometido a dicha tarea. El concepto de «carga» lo debemos vincular con la tarea y el de «esfuerzo» con el trabajador.

Los fisiólogos del trabajo han estudiado desde hace tiempo la relación carga-esfuerzo, y nos han proporcionado guías útiles para el diseño y el análisis de tareas que reflejan los gastos que suponen distintas acciones o posturas del trabajador.

El metabolismo energético supone, como vimos anteriormente, la transformación de la energía química en energía mecánica y térmica. Desde el punto de vista técnico, el motor muscular, aparte de ser una maravilla difícilmente imitable, tiene un rendimiento muy bajo, ya que la mayoría de dicha energía se transforma en calor. Por ello los valores del gasto metabólico son muy superiores a los valores del trabajo mecánico desarrollado. Por otra parte, en el mantenimiento de posturas el trabajo mecánico es nulo y el gasto puede ser elevado.

Veremos en el capítulo correspondiente al confort térmico que el calor producido tiene su aprovechamiento en el mantenimiento de la temperatura corporal, pero que una producción excesiva de éste supone también una carga adicional.

Criterios de evaluación

Debemos tener en cuenta que:

– El trabajo muscular, tanto dinámico como isométrico, y la producción de calor que éste genera están relacionados y ambos constituyen el gasto energético.

– El gasto de oxígeno está relacionado con el gasto energético, y, por lo tanto, con el trabajo muscular realizado.

– En un trabajo dinámico el número de pulsaciones está relacionado con el gasto de oxígeno. El oxígeno depende de la sangre que aporta el sistema circulatorio, y, por ello, del número de latidos del corazón. Existen aspectos de tipo emocional y de la propia constitución del trabajador que deben ser considerados.

– En un trabajo isométrico la tensión arterial se altera sensiblemente, ya que a la necesidad del aporte sanguíneo se opone la dificultad de circulación por los músculos contraídos.

De estas consideraciones podemos concluir que la forma de medir el gasto energético puede ser:

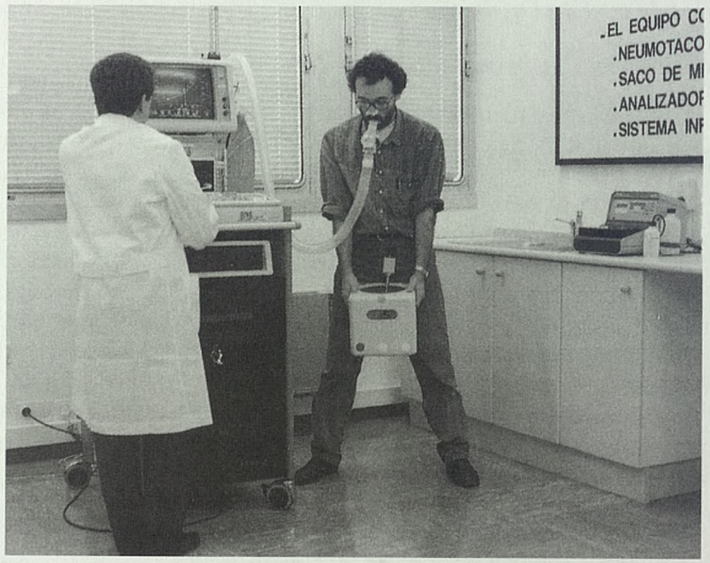
– El balance energético de todos los nutrientes que ingerimos y de la energía que liberamos. Para ello se necesitarían unas condiciones contro-

ladas en las que se analizasen los alimentos, el trabajo, el calor disipado, los análisis de desechos, etc. Este tipo de análisis es el más perfecto posible, pero, por la dificultad que entraña, es poco frecuente.

– El análisis del oxígeno consumido: método de buena precisión y muy utilizado, pero el problema del traslado de los equipos disponibles en la actualidad, dificulta su utilización en situaciones reales.

– El análisis de las pulsaciones en condiciones controladas se utiliza con éxito como complemento del procedimiento anterior. Permite utilizar pulsímetros de campo muy cómodos, como un reloj, o muy precisos, como el Holter, que es un electrocardiógrafo portátil.

El Instituto de Ergonomía MAPFRE viene utilizando equipos de campo y de laboratorio que permiten medir, durante la realización de una tarea específica, el consumo de oxígeno, el bióxido de carbono expirado, la ventilación pulmonar, la frecuencia cardíaca, etc.



Equipo EOSPRINT para la determinación del consumo metabólico y el registro de la frecuencia cardíaca. INERMAP (Instituto de Ergonomía MAPFRE).

La persona estándar

Cuando medimos el gasto energético por consumo de oxígeno, se plantea el problema de que las capacidades cardiovasculares y ventilatorias varían sensiblemente de una persona a otra.

Vimos que Astrad había estudiado a personas con distintas capacidades aeróbicas que iban desde 11,2 a 26 Kcal/min. Las influencias de la edad, entrenamiento, corpulencia, sexo, etc., son importantes. La capacidad cardíaca determinará la cantidad de sangre impulsada en cada latido del corazón; por ello, para un análisis personalizado sería necesario determinar esa capacidad previamente con un analizador de oxígeno, según un protocolo de trabajo que se desarrolla en el laboratorio, mediante bicicleta fija o banda rodante. Con ese dato, se pueden utilizar posteriormente el pulsímetro o el Holter en trabajos de campo.

En el diseño tenemos que trabajar con datos que nos permitan pronosticar los esfuerzos físicos a los que vamos a someter a la persona, o sea, la carga. Ésta se debe referir a una persona estándar, ya que el trabajador en esta fase es desconocido para el diseñador.

La persona estándar se caracteriza por:

DATOS	HOMBRE	MUJER
Talla (m)	1,7	1,6
Peso (kg)	70	60
Superficie (m^2)	1,8	1,6
Edad (años)	35	35
Metabolismo basal (W/m^2)	44	41

Sistemas de unidades

La carga se expresa en unidades de energía o de potencia. En el sistema MKS, que es el utilizado por las normas internacionales, la unidad es el julio (J). Los julios producidos o gastados en un segundo son los watios (W).

Generalmente, en las guías que nos presentan los fisiólogos del trabajo (Lehmann, Hettinger, Spitzer, etc.) las unidades utilizadas son Kcal, y para potencia Kcal/min. También se emplea el KJ/min.

Las equivalencias entre julios y calorías son:

1 J = 0,239 cal
1 cal = 4,186 J

Por ejemplo, si consideramos que el gasto de la posición de pie es de 0,67 KJ/min, para pasar este valor a Kcal/min multiplicaríamos por 0,239:

0,67 KJ/min × 0,239 = 0,16 Kcal/min

Y al contrario:

0,16 Kcal/min × 4,186 = 0,669 KJ/min

La transformación de W/m² a Kcal/min es como sigue:

W/m² × 60 s/min × 1,8 m² (superficie del hombre) = J/min
J/min × 0,239 (cal/J)/1.000 (cal/Kcal) = Kcal/min

Guías para estimar la carga física

En el laboratorio se obtienen gastos en función de tareas, actitudes, posturas, etc., a los que están sometidos los individuos en diversas situaciones. Estos datos se procesan estadísticamente, y con ellos se confeccionan listas y guías.

Los valores se contemplan desde las cargas de las actividades en su forma global; por ejemplo, la carga de un minero en la actividad de picador hasta el gasto de posturas y acciones de forma particularizada; la carga de la postura de pie o la carga al andar a una velocidad de 5 km/h con una inclinación del suelo de 5°. En este segundo caso es necesario efectuar un análisis del trabajo.

Existen criterios cuyos valores se expresan en metabolismo total (metabolismo basal más el de trabajo), como es el caso de la norma ISO 8996, y otros, como el método LEST, que se expresan en metabolismo de trabajo.

Carga por los componentes de la actividad

La estimación del metabolismo, a partir de los componentes de la actividad, ha sido empleada por numerosos autores y aplicada en diferentes métodos de evaluación; por ejemplo, el método LEST, que recoge los datos de importantes investigadores, Hettinger, Spitzer, Guelaud, etc. No obstante, la norma ISO 8996, aunque coincide en general con los valores de LEST, presenta algunas modificaciones que es preciso señalar.

En principio, el método LEST valora sólo cargas de trabajo, no tiene en cuenta el metabolismo basal, y el criterio de valoración es el de un gasto energético que no produzca malestar; por ello establece 2.000 Kcal para una jornada de trabajo como límite máximo, que corresponde, dentro de su tabla de evaluación, a un valor no deseable por excesivo:

2.000 Kcal/480 min = 4,1 Kcal/min

Si comparamos este valor con el expresado por Lehmann, 2.500 Kcal para el gasto correspondiente al tiempo de la jornada laboral (5,2 Kcal/min), vemos que es coherente, ya que al valor de LEST habría que añadir 1,1 Kcal/min de metabolismo basal = 5,2, que coincide con Lehmann como valor límite. En todo caso, según LEST el metabolismo de trabajo debe estar por debajo de 1.200 Kcal por jornada para mantener un nivel de bienestar adecuado, en que el gasto se sitúe al 25 % de la capacidad aeróbica máxima.

La norma ISO 8996 está concebida para obtener el metabolismo total, con objeto de establecer el balance térmico entre el calor metabólico y las posibilidades de su disipación en función de las variables climáticas.

Ambos procedimientos consideran:

Carga postural

Valora la carga de una postura en función del tiempo que ésta se mantiene. Por ejemplo, según la norma ISO 8996, la posición de pie tiene un gasto de 25 W/m² o 0,645 Kcal/min, en cambio el método LEST considera sólo 0,16 Kcal/min. La explicación de estos valores tan dispares está en la distinta forma en que se aplican.

La norma ISO 8996 considera la carga postural sólo cuando el trabajador está parado y no cuando está andando o transportando carga. Los valores que expresa en W/m² (los equivalentes en unidades Kcal/min son para personal masculino) son:

POSICIÓN DEL CUERPO	METABOLISMO W/m² (Kcal/min)	
Sentado	10	0,25
Arrodillado	20	0,51
Agachado	20	0,51
De pie	25	0,64
De pie inclinado	30	0,77

El método LEST considera la carga postural en todo momento (ver valores en el método MAPFRE), al margen de que se esté andando o transportando. La forma de aplicar los valores es la siguiente:

Si consideramos que en un trabajo se está 4 min/h sentado (por ejemplo, la parte correspondiente al descanso), 43 min en posición de pie normal y 13 min de pie inclinado (aunque estas posturas supongan movimiento), la forma de valorarlo es:

1.º Considerar la posición normal principal (aunque no sea la postura más mantenida), de pie, sentado, arrodillado, etc. –en nuestro caso de pie–, y multiplicar por 60 min.

$$0{,}16 \text{ Kcal/min} \times 60 \text{ min} = 9{,}6 \text{ Kcal/h}$$

2.º Añadir el producto del gasto de cada postura (no normal) por el tiempo que se mantiene en una hora. En nuestro caso, la postura de pie inclinado.

$$0{,}21 \text{ Kcal/min} \times 13 \text{ min} = 2.73 \text{ Kcal/h}$$

El gasto postural en una hora es 9,6 + 2,73 = 12,33 Kcal/h equivalente a 98,6 Kcal/día.

Carga física muscular

Los valores del método LEST son muy parecidos a los de la norma ISO 8996, excepto para el trabajo ligero con las manos que es 0,5 Kcal/min para LEST y 0,38 Kcal/min para ISO.

El valor obtenido es aditivo en ambos procedimientos. Por ejemplo, si en un trabajo se requiere sostener con un brazo una pieza de 11 kg a cierta distancia del cuerpo, durante 6 min a la hora, se considera un trabajo pesado con un brazo y el valor es 6 min × 2 Kcal/min = 12 Kcal/hora, que se añadiría al valor postural.

Carga física por desplazamientos y transportes

El método LEST utiliza la fórmula de Spitzer y Hettinger de 1966 que considera el número de Kcal por metro para diferentes tipos de desplazamientos, en función de la carga que se transporte, el desnivel del suelo o lo que se eleve la carga. Los valores obtenidos, tanto para desplazamientos como para transporte de cargas, se añaden a los valores obtenidos en los párrafos anteriores.

La norma ISO propone tablas para cada caso, cuyos valores coinciden en gran parte con la antigua fórmula mencionada. Como dijimos, los valores obtenidos se añaden a los de la actividad muscular, pero no a los posturales, en el período de tiempo que se considere movimiento.

Ejemplo de aplicación

Para el ejemplo que proponemos utilizamos las tablas del anexo de la norma ISO 8996.

En un trabajo del área de construcción, que consiste en preparar la mezcla para los tabicadores, un trabajador transporta un saco de 30 kg de cemento y lo mezcla con el resto de los componentes. Una vez analizado el trabajo se considera que éste se compone de ciclos, cuyos elementos se pueden definir como sigue:

Actividad	Tiempo sg	Metab. W/m²	Energía J/m²
Andando normal 3 km/h	100	140	14.000
Transporte de sacos de 30 kg	20	250	5.000
Mezcla del cemento	600	155	93.500
De pie normal	300	70	21.000
	1.020	130	133.500

Los valores expresados son de tasa metabólica total (metabolismo basal más metabolismo de trabajo); por ello, en el caso de posición de pie, se agregan 44 W/m² de metabolismo basal.

En este caso la tasa metabólica de 130 W/m² es una tasa metabólica entre baja y moderada, tipificada como clase 1 según el criterio:

Clase	W/m²
1 Tasa metabólica baja	100
2 Tasa metabólica moderada	165
3 Tasa metabólica alta	230
4 Tasa metabólica muy alta	290

Cuando utilizamos guías para obtener los gastos metabólicos, cometemos errores importantes, ya que, al margen de que efectuemos un análisis de trabajo correcto, es difícil encajar cada situación en las condiciones exactas en que se obtuvieron los valores proporcionados por las mencionadas guías. La norma ISO estima que los errores cometidos por este procedimiento son del orden del 15 %: esto no impide obtener una orientación más que aceptable del trabajo físico efectuado en las distintas tareas analizadas.

3 Soluciones ergonómicas a las lesiones biomecánicas

Introducción

Cada vez son más numerosos los trastornos crónicos de tipo musculoesquelético, originados por la acción repetida o mantenida, de forma prolongada, de movimientos o posturas que demandan ciertas tareas. La prevalencia de estos trastornos se incrementa considerablemente si tales situaciones implican la aplicación de fuerza interna.

Tanto los síntomas como las causas son tan variados que es más propio hablar de «conjunto de síndromes producidos por distintos tipos de trabajo». Otra característica es que, aunque los trastornos se alivian con el descanso, es posible considerar una acumulación del daño causado por el tiempo trabajado en un puesto determinado.

Existen dos grandes grupos de microtraumatismos repetitivos: los que se producen en la zona lumbar por la manipulación manual de carga y los que se producen en las articulaciones de los miembros superiores y del cuello.

En las estadísticas de FREMAP, Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social n.º 61, ambos grupos constituyen el 20 % del conjunto de las patologías atendidas (en total, 125.000 procesos con baja en 1994).

Se reconoce, en la actualidad, que el conjunto de todos estos trastornos constituye el problema más importante de salud laboral.

Accidentabilidad por manipulación de cargas

La accidentabilidad por manipulación de cargas hay que considerarla desde el punto de vista de:

a) Accidentes directos, tales como golpes, rasguños, sobreesfuerzos, aplastamientos, etc., que suelen originar lesiones concretas, generalmente traumáticas y que están motivadas por causas que se dan en un momento determinado, casi siempre por manipular cargas que están muy por encima de nuestras posibilidades.

b) Accidentes (¿enfermedades?) que se producen por un mal diseño de la tarea, tanto desde el punto de vista geométrico como del propio proceso, que generalmente se van gestando poco a poco hasta degenerar en dolores o lesiones de espalda.

La importancia del estudio ergonómico en los trabajos de carga y transporte se pone de manifiesto al analizar los datos estadísticos de los trastornos articulares y musculares, sobre todo los producidos en la zona lumbar y que tienen un origen biomecánico.

En las estadísticas de referencia (FREMAP 1994), de un total de 2.367.532 de días de baja indemnizados por incapacidad temporal, 143.715 correspondían al número de días de baja por lumbalgias (con o sin radiculalgia), lo que significa el 6 % del total. El coste total por asistencia sanitaria, incapacidad temporal e invalidez permanente, originado sólo por ese concepto, supuso en ese año 1.774 millones de pesetas.

Son muy clarificadores los datos estadísticos presentados por Schroter y confirmados por otros autores.

FRECUENCIA EN % DE TRASTORNOS MUSCULOARTICULARES

Articulación	Transportadores de carga	Empleados de banca
Columna vertebral	98 %	37 %
Codo	35 %	3 %
Rodilla	32 %	13 %
Cadera	28 %	6 %
Hombro	12 %	5 %

Vemos la enorme incidencia de las patologías que se dan en la columna vertebral, tanto en los trabajos de transporte de carga como entre empleados de banca. Por ello, aunque no podamos afirmar nunca que este tipo de problemas tiene como origen exclusivo el trabajo físico, la relación entre lumbalgias (dolores de espalda) y la manipulación manual de cargas es evidente, y es muy probable que un trabajador que se dedique a estas tareas tenga, al menos una vez en su vida laboral, problemas de este tipo, ya que la elevación y movimiento manual de cargas supone someter a altas tensiones mecánicas al sistema musculoesquelético.

Las frecuentes manipulaciones de cargas conducen a un incremento de la frecuencia en la aparición de enfermedades de la columna vertebral. Estas enfermedades se pueden presentar como daños irreversibles o en forma de experiencias subjetivas de dolor, siendo la parte lumbar de la columna la más dañada. La determinación de esta tensión en la columna, así como la forma de determinarla, es fundamental para establecer unos límites de carga que protejan del dolor y del daño.

Es curioso que hasta hace relativamente poco, a pesar de la evidencia de esta relación, no se haya abordado el problema de forma oficial con normativa concreta. Cuando se inicia la implantación generalizada de medios mecánicos de movimiento de cargas, de envases y de contenedores, la OIT (1962) publica un documento informativo en el que recomienda unos valores límites de peso en la elevación de cargas.

Un recordatorio de lo legislado en España nos dará idea de lo que decimos:

– Orden de 2 de junio de 1961: prohibición de cargas de más de 80 kg en todo lugar de trabajo.

– Posteriormente, el 6/03/69, se ratifica el convenio n.º 127 de la OIT referente al peso máximo, que no especifica cifras.

– En la actualidad, la directiva del Consejo de la CEE, de 29 de mayo de 1990, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos para los trabajadores, en particular dorsolumbares, deberá ser la base de una normativa española que necesariamente tiene que ver la luz en fechas próximas.

El hecho de que el 30 % de los accidentes producidos, como cifra aproximada de todas las estadísticas, tenga por causa los sobreesfuerzos y que un 40 % de estos trastornos correspondan a la espalda, ha hecho que, tanto la Administración americana como la europea estén elaborando normativa legal y técnica orientada a diseñar los puestos de trabajo más acordes con las posibilidades de la fisiología y de la anatomía humanas, y lo que es más importante para nosotros, considerando la ergonomía como aspecto director de las acciones.

En los últimos 20 años se ha desarrollado el mayor esfuerzo en la investigación por parte de ergónomos, fisiólogos y biomecánicos sobre la capacidad del hombre en los trabajos de manipulación de cargas. Muchos de los estudios mencionados se han concretado en guías para el diseño del puesto de trabajo o para su evaluación.

La epidemiología, que relaciona daños con causas, es la fuente insustituible de información que necesitamos, tanto a la hora de plantear el problema como, posteriormente, a la de validación de cualquier guía o método que hayamos adoptado.

Criterio de límite de peso

Para aquellos casos en los que no es posible reducir el esfuerzo de manipulación manual mediante la introducción de ayudas mecánicas o alterando el sistema de trabajo, la Health and Safety Commission de Gran Bretaña establece los siguientes niveles según los valores de pesos manejados:

– Por debajo de 16 kg: no se requiere acción especial. Sólo en casos excepcionales de ciertos individuos se ha comprobado que puede existir un riesgo importante al manejar pesos de este orden.
– Entre 16 y 34 kg: se requieren procedimientos administrativos para identificar a los individuos que sean capaces de manejar estas cargas sin que sufran un riesgo inaceptable, a menos que se provean de ayudas mecánicas.
– Entre 34 y 55 kg: a menos que el manejo regular de estos pesos se encargue a personas efectivamente supervisadas, seleccionadas y entrenadas para ello, se deberán emplear sistemas de ayuda mecánica.
– Por encima de los 55 kg: se contemplará siempre la posibilidad de emplear sistemas de manipulación mecánica. Donde no sea razonablemente practicable, se efectuará un reclutamiento selectivo, un adiestramiento especial, dado que, aunque la supervisión sea efectiva, muy pocas personas pueden manejar regularmente estas cargas con seguridad.

Lo expuesto en estas directrices supone que existe un valor límite mínimo de peso, por debajo del cual no existen efectos adversos, salvo para un número de trabajadores susceptibles de lesionarse, que deben estar controlados.

Pero, a partir de este valor mínimo, el riesgo de trastornos musculoesqueléticos existe y, por lo tanto, se deben tomar medidas de tipo técnico o administrativo.

Las medidas que hay que considerar crecen en importancia en la medida en que el valor de la carga se acerque a 55 kg, que es el valor máximo considerado. Para ello se sugiere que la elección de los trabajadores sea cada vez más selectiva y que la alternativa de ayudas mecánicas sea cada vez menos eludible.

Estos pesos que parecen enormes apenas superan el peso de un saco de cemento, 50 kg, y en una obra de edificación no es raro observar que habitualmente maneje esta carga una persona.

El límite mínimo es denominado también «límite de acción» y corresponde al valor a partir del cual es necesario tomar alguna medida (técnica o administrativa).

El límite máximo es aquel que causaría a la mayoría de las personas expuestas problemas en caso de no tomar las medidas adecuadas.

La aproximación ergonómica del problema que estamos considerando requiere analizar los sistemas de trabajo en función de los efectos que éstos pueden tener para el trabajador. Esto supone tener una visión global de todos los factores que entran en juego y no establecer como único criterio el peso, como lo contempla la Health and Safety Commission, así como la mayoría de la normativa vigente, y supone una simplificación que sólo es útil como aproximación al problema.

Los límites de peso que hay que manejar deben establecerse en función de cómo se efectúa la carga, los espacios e impedimentos existentes, los tamaños de envase, las frecuencias de elevaciones, etc. En lo que sigue vamos a describir los criterios para determinar estas relaciones.

Los efectos dorsolumbares causados por el trabajo de manipulación de cargas pueden pronosticarse mediante modelos biomecánicos, medirse con criterios fisiológicos o ser encuestados, consultando a los propios trabajadores, mediante procedimientos debidamente estudiados.

Criterios biomecánicos

Establecer un límite

En el capítulo anterior desarrollamos los modelos biomecánicos que nos permitían conocer las tensiones generadas en las articulaciones por las fuerzas externas aplicadas al cuerpo y por los propios pesos de los distintos segmentos corporales.

También reflejábamos que el principal punto de sustentación, donde se concretan las fuerzas actuantes y de reacción, es el disco intervertebral L5/S1, cuando consideramos trabajos de manipulación de cargas. Es

precisamente en ese punto (y también, aunque en menor medida en la L4/L5) donde se va a producir el mayor número de hernias discales. Pero, previa a esta situación, aparecen dolores musculares que suelen ser la causa de un mayor número de bajas.

Considerando la tensión lumbosacra como la causa más importante relacionada con la patología lumbar de origen laboral en este tipo de trabajos, deberemos estudiar los valores de ésta que no deben ser sobrepasados, igual que se hace con las dosis de tóxicos en higiene industrial.

Chaffin, basándose en un estudio sobre 400 trabajadores industriales, nos presentó la relación de las fuerzas de compresión en el disco intervertebral, obtenidas de forma analítica mediante sus modelos biomecánicos, y los casos de dolor de espalda que se producían (Figura 1).

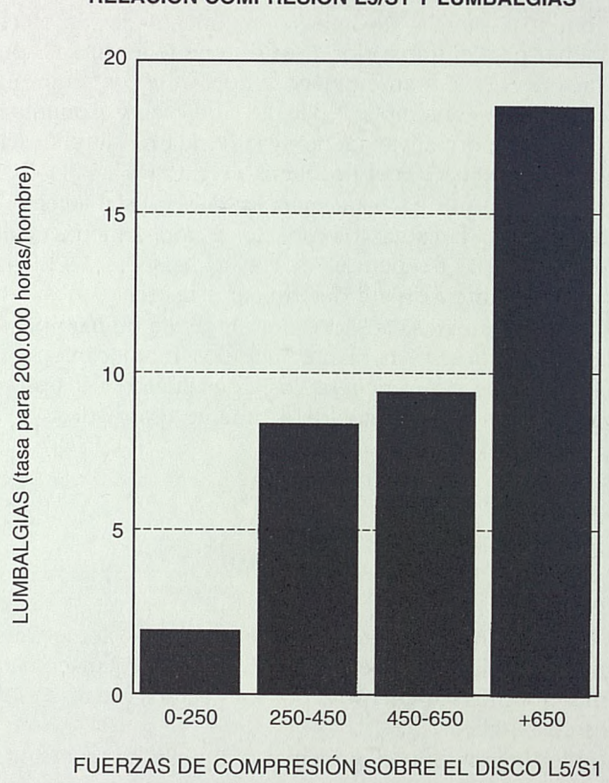


Figura 1

Los valores presentados por Chaffin y por otros autores son la base para que NIOSH asumiese como límite de acción el valor de 340 kg de fuerza de compresión para trabajos de elevación de carga. También podemos deducir del gráfico que, a partir de un cierto valor (aproximadamente, 550 kg), el riesgo crece rápidamente.

Características de los modelos biomecánicos

En la medida en que los modelos simulen mejor la realidad, tienen mayor valor de predicción, por ello es necesario relacionar el mayor número de variables dependientes que influyan en el fenómeno.

En nuestro caso, una vez determinada la relación entre daño y presión lumbosacra, lo inmediato es relacionar las demás variables con esta última. Las variables determinantes de la tarea para el manejo de cargas son:

- El peso y forma del objeto cargado.
- Su posición relativa respecto al disco lumbosacro.
- Postura que adopta el cuerpo durante la operación.
- Cantidad de tarea que hay que realizar.
- Velocidad con que se realiza.

Los primeros aspectos pueden ser contemplados por modelos estáticos basados en la geometría. En este sentido, han sido muy utilizados hasta ahora los modelos bidimensionales, sobre todo en el plano sagital, de los cuales se han obtenido guías todavía vigentes. Pero el desarrollo de programas de diseño (CAD) y de modelos matemáticos en tres dimensiones, posibilita recoger aspectos de asimetría no contemplados en los modelos convencionales de dos dimensiones.

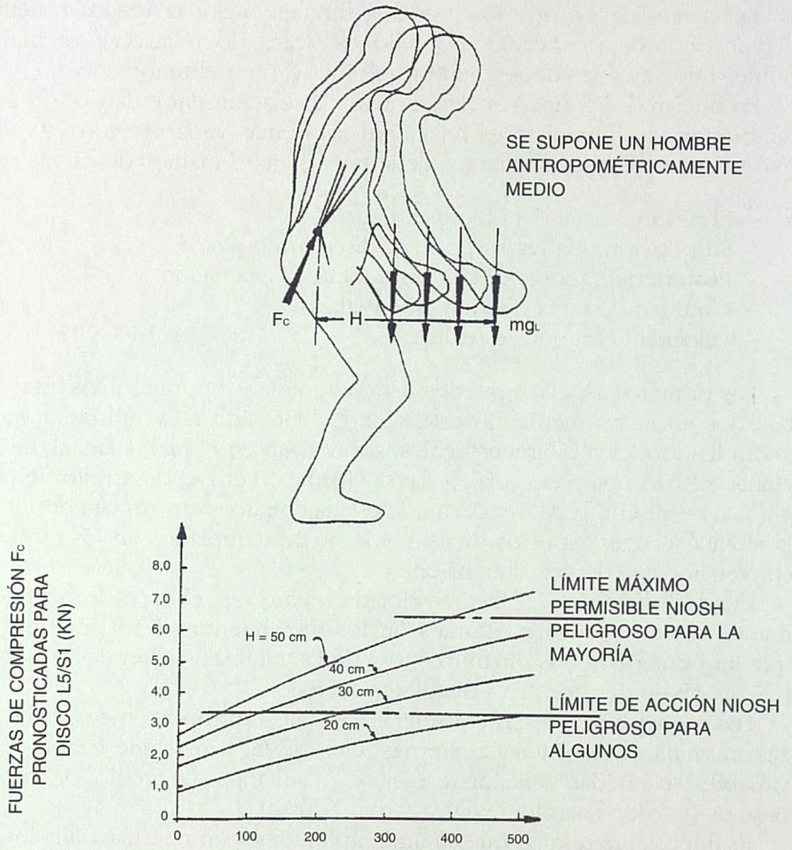
Cuando interviene el factor velocidad, como es el caso de no poder mantener velocidades constantes en los movimientos de elevación, hay que introducir criterios dinámicos, donde las inercias suelen desvirtuar las fuerzas obtenidas por procedimientos estáticos.

Los modelos requieren considerar los datos antropométricos, las fuerzas musculares, las fuerzas externas, etc., de tal forma que cuantas más variables se puedan relacionar, mejores resultados de predicción obtendremos (tensión sacrolumbar).

Es importante resaltar que, cuando apliquemos en nuestros cálculos los modelos, hay que especificar las condiciones de su actuación. Los cálculos se simplifican mucho si el trabajo está perfectamente definido por un modelo bidimensional estático, si no existen asimetrías, y si los tiempos de recogida, movimiento y dejada de carga son normales.

Aplicación práctica de los modelos

Una guía de aplicación inmediata es la proporcionada por el modelo bidimensional estático de Chaffin y Andersson (1984), en el que, relacionando peso del objeto y la distancia del centro de gravedad del objeto respecto al centro del disco L5/S1 (lumbosacro) se obtiene la fuerza de compresión esperada que se compara directamente con los límites de acción y límites máximos (Figura 2).



FUERZAS DE COMPRESIÓN PRONOSTICADAS PARA EL DISCO L5/S1, PARA DIFERENTES CARGAS ELEVADAS EN CUATRO POSICIONES DISTINTAS DEL CUERPO.

Figura 2

Jaeger presenta un modelo biomecánico más complicado, tridimensional, que consta de 19 segmentos y 18 articulaciones. El modelo corresponde a individuos de 173,3 cm de altura, correspondiente al percentil 50 de la población masculina alemana (Jürgens 1981; altura similar al joven español actual). El peso del cuerpo es de 69 kg (Figura 3).

ESTRÉS LUMBAR DURANTE EL MANTENIMIENTO DE CARGAS EN DIFERENTES POSTURAS DEL TRONCO

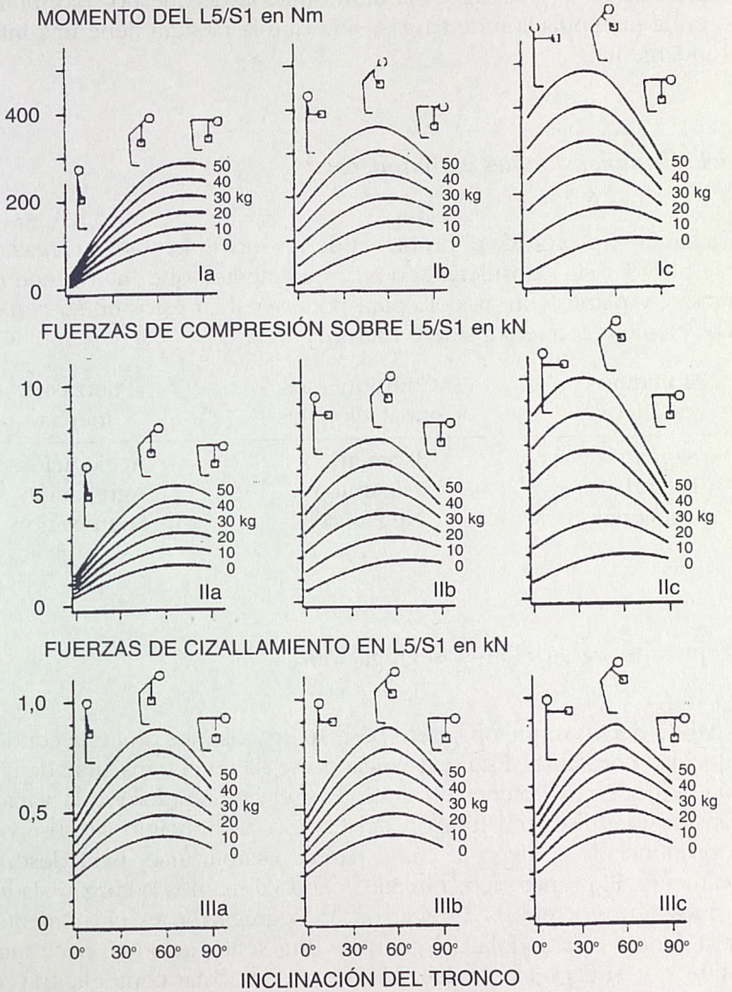


Figura 3

Los tres grupos de diagramas a, b, c, en dicha figura, muestran los momentos lumbosacros para varios pesos en relación con la inclinación del tronco en el plano sagital (I), fuerzas de compresión (II) y fuerzas de cizallamiento (III). El ángulo de inclinación de 0° representa un tronco en posición recta, y un ángulo de 90° supone un tronco inclinado hacia delante.

La conclusión más importante, de las que se pueden obtener de la simple visión de estos gráficos, es la demostración de que no sólo influye el peso en la manipulación de cargas, sino que la postura tiene una influencia fundamental.

Modelos tridimensionales y dinámicos

Tichauer expresó que el problema de los movimientos de cargas no se puede abordar sin considerar todos los elementos que intervienen en la elevación, y planteó un modelo para poder evaluar éstos en su conjunto.

Los elementos que consideró fueron:

Momentos estáticos	Componentes gravitacionales	Fuerzas de inercia
Sagital	Isométrico	Aceleración
Lateral	Dinámico	Agregación
Torsional	Negativo	Segregación

Conceptos de «agregación» y «segregación»

Cuando decimos que un objeto pesa 10 kg, solemos omitir la condición «a velocidad constante». Esta constancia no se da en el transcurso de la elevación. Si podemos obtener un gráfico en el que se observe la variación de tensión interdiscal en función del tiempo, al principio se observa un pico pronunciado y luego la curva parece estabilizarse, para descender bruscamente. El primer pico coincide cuando tomamos la carga y «la hacemos nuestra», esto sería la agregación. La segregación es el momento de dejar la carga «separándola del cuerpo». Esta segregación se hace mucho más rápida y, si el objeto es delicado, se suele trabajar contra la gravedad, concepto del que luego trataremos (Figura 4).

Momentos sagital, lateral y de torsión

El cálculo de los momentos, una vez obtenido un documento gráfico capaz de facilitar la medida de las distancias de los centros de gravedad del cuerpo y de la carga, es similar al obtenido por los modelos bidimensionales en el plano sagital.

Los tres momentos se concretan en un vector suma, que es la suma de los cuadrados de cada momento.

Un ejemplo en el que se presentan los tres momentos puede ser el trabajo de transferir material de una mesa a otra.

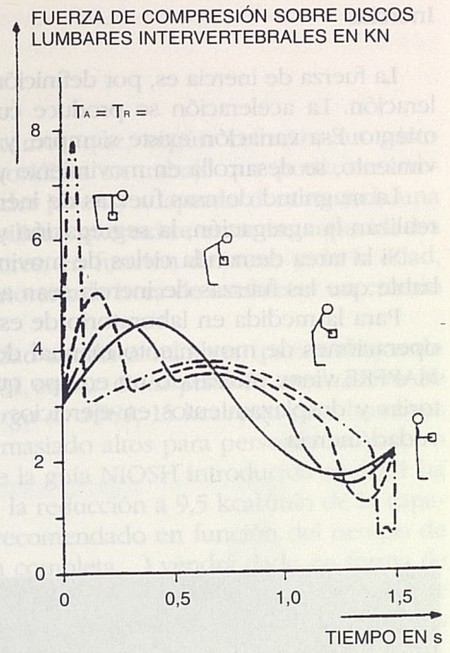


Figura 4 Según Jaeger

Trabajo dinámico, isométrico y negativo

Los componentes gravitacionales son elementos siempre presentes. Si elevamos 20 kg a 3 m habremos desarrollado un trabajo de 60 kilogrametros. Lo mismo ocurre si empujamos un carro, el producto de la fuerza que desarrollamos por la distancia recorrida nos dará el trabajo desarrollado. Éstos son componentes dinámicos. Pero cuando empujamos contra una pared, es evidente que no se produce ningún movimiento. Este concepto es equivalente al que vimos cuando estudiamos los esfuerzos estáticos o isométricos. El gasto metabólico de un esfuerzo estático se puede medir en calorías, unidades de energía que pueden compararse con las de trabajo.

Uno de los ejercicios que más fatiga produce es el de descender por la ladera de un monte. Parece que no debería ser así, ya que la gravedad actúa a nuestro favor. Al margen de ser solicitados músculos que no suelen utilizarse, el problema radica en que se trabaja contra la gravedad, a no ser que bajemos a una velocidad igual a la de la aceleración, cosa poco probable. Este efecto es el denominado «trabajo negativo» y muchas veces no se tiene en cuenta.

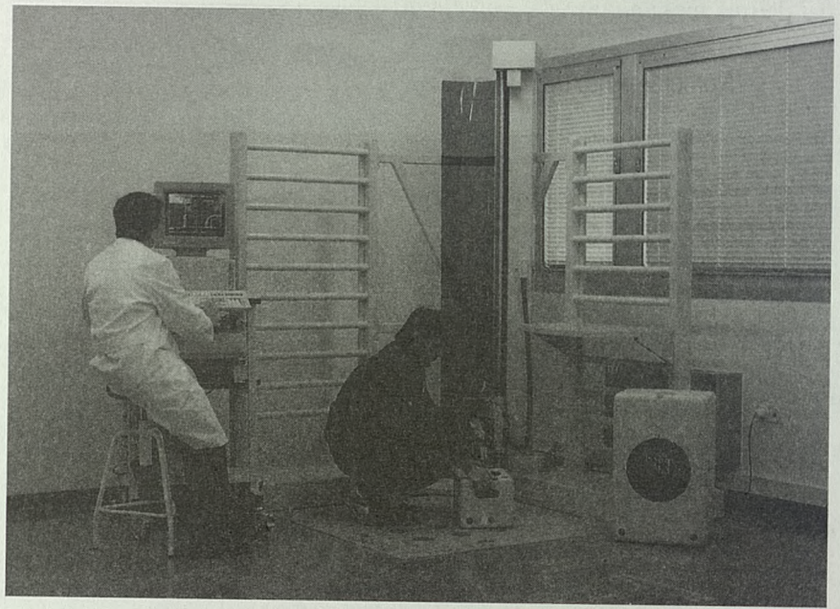
Inercias

La fuerza de inercia es, por definición, el producto de la masa por la aceleración. La aceleración se produce cuando hay una variación del movimiento. Esa variación existe siempre, ya que la elevación empieza sin movimiento, se desarrolla en movimiento y termina otra vez sin movimiento.

La magnitud de esas fuerzas de inercia depende de la forma en que se realizan la agregación, la segregación y el movimiento intermedio.

Si la tarea demanda ciclos de movimientos muy pequeños es más probable que las fuerzas de inercia sean altas y se produzca una sobrecarga.

Para la medida en laboratorio de esfuerzos en trabajos que involucren operaciones de movimiento manual de cargas, el Instituto de Ergonomía MAPFRE viene utilizando un equipo que permite analizar fuerzas, trayectorias y desplazamientos en ejercicios isométricos, isocinéticos o de gravedad/inercia.



Equipo LIDO LIFT para simulación de operaciones de movimiento manual de cargas. INERMAP (Instituto de Ergonomía MAPFRE).

CRITERIOS FISIOLÓGICOS

Establecer un límite

En el anterior capítulo reflejábamos que, según Lehman, un gasto energético de 5,2 kcal/min correspondía a un trabajo que podía desarrollar sin problemas cualquier trabajador joven y adaptado durante toda una jornada laboral. Pero la gran variabilidad que existe entre las capacidades aeróbicas de los distintos trabajadores, en función del sexo y de la edad, aconsejaba considerar valores inferiores a la hora de establecer un criterio con carácter general.

Por ello, los valores de capacidad aeróbica máxima (para trabajos de corta duración) que asumía NIOSH en su *Guía para la evaluación de tareas de elevación manual de carga de 1981,* 15 kcal/min para hombres y 10,5 para mujeres, resultaban demasiado altos para personas mayores o fuera de forma. La modificación de la guía NIOSH introducida en 1991 ha considerado, con carácter general, la reducción a 9,5 kcal/min de la capacidad aeróbica máxima. El gasto recomendado en función del tiempo de trabajo (1 hora, 2 horas, la jornada completa…) vendrá dado en forma de porcentaje de ese valor máximo; por ejemplo, se admite generalmente que para una jornada completa el gasto sería el 33 % de la capacidad aeróbica máxima.

Factores que afectan a la tasa metabólica

Postura del cuerpo (o técnica de elevación)

a) Diferentes posturas corporales afectan a la carga de diferentes grupos musculares que poseen diferentes eficiencias metabólicas.

b) Las posturas afectan a los brazos de los momentos que deben soportar los músculos, así como a la propia longitud de ellos. La eficiencia metabólica está relacionada con la tensión muscular, que es a su vez función de la longitud del músculo y de la velocidad de acortamiento.

c) Si la elevación de carga se efectúa en postura agachada se requiere más energía que si la elevación se efectúa en postura encorvada, por ello, la primera técnica supone más coste metabólico.

Peso de la carga, frecuencia, desplazamiento vertical

En cargas repetitivas el trabajo mecánico puede expresarse así:

Trabajo mecánico = Peso × Frecuencia × Distancia de desplazamiento vertical.

Es razonable pensar que la relación del gasto energético y peso de la carga es lineal. Lo mismo podemos decir de los otros dos factores expresados, pero es importante tener en cuenta la localización vertical.

Localización vertical

Un ejemplo que nos propone la guía de NIOSH para comprobar la importancia de la localización vertical consiste en que trabajos mecánicos equivalentes, tareas A y B que describiremos, suponen gastos energéticos muy distintos, dependiendo de la altura en que se toma la carga y, por ello, de que se utilicen sólo los brazos o todo el cuerpo (Figura 5).

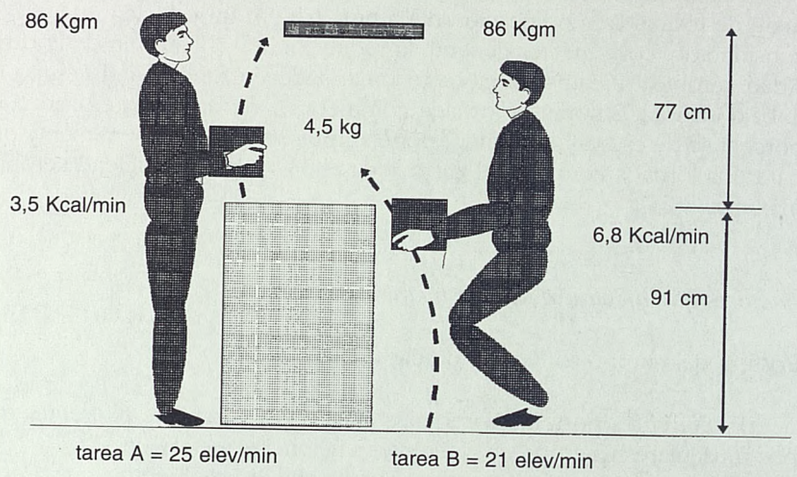


Figura 5

La tarea A corresponde a la elevación de un peso de 4,5 kg desde una altura de 91 cm hasta una altura de 168 cm a un ritmo de 25 elevaciones por minuto.

En la tarea B se elevan 4,5 kg desde el suelo a una altura de 91 cm y con una frecuencia de 21 elevaciones por minuto.

En ambos casos el trabajo mecánico es de 86 Kgm, pero el gasto energético es de 3,56 y 6,77 kcal/min, respectivamente.

En el criterio de NIOSH (1991) se elige un porcentaje, el 70 % del umbral de la capacidad aeróbica máxima, como valor utilizado como límite del gasto de energía para las elevaciones que, en su mayoría, exijan el uso de los brazos en el trabajo (por ejemplo, elevaciones por encima de 75 cm).

Modelo de Garg para predecir la tasa metabólica

Este modelo, que desarrolló Garg en 1978, considera que la tasa metabólica (ET) se puede desglosar en dos partes: la tasa para mantener la postura de pie (EP) = 1,7 kcal/m y la energía necesaria para elevar la carga δE:

$$ET = EP + F\,(\delta E)$$

donde F es la frecuencia de elevación.

δE se desglosa a su vez en dos partes: la energía para mover el cuerpo y la energía para mover el objeto.

Dependiendo de la postura y de la localización vertical:

Para elevaciones de brazo (Kcal/elev):

$$\delta E = 10^{-2}\,[0{,}672 \times BW \times (Fv - 0{,}81) + (3{,}1 \times L - 0{,}52 \times S \times L) \times (V2 - V1)]$$

para $0{,}81 \leq V1 < V2$

Para elevaciones con la espalda encorvada:

$$\delta E = 10^{-2}\,[0{,}325 \times BW \times (0{,}81 - V1) + (1{,}41 \times L + 0{,}76 \times S \times L) \times (V2 - V1)]$$

para $V1 < V2 < 0{,}81$

Para elevaciones doblando las piernas:

$$\delta E = 10^{-2}\,[0{,}514 \times BW \times (0{,}81 - V1) + (2{,}19 \times L + 0{,}62 \times S \times L)]$$

para $V1 < V2 < 0{,}81$

donde:

BW: peso del cuerpo.

V1: altura vertical desde el suelo (m); punto de inicio para la elevación o punto final de descarga.

V2: altura vertical desde el suelo (m); punto final para la elevación o punto de inicio de la descarga.

L: peso de la carga.

S: género (1 para hombres, 0 para mujeres).

La aplicación del modelo para la predicción de la tasa metabólica de 48 trabajos distintos mostró que existe una correlación simple del 0,95, con un error estándar del 10,2 % (Garg y otros 1978).

Simplificando las anteriores ecuaciones, y basándolas en un hombre con un peso de 77 kg, que eleva un peso desde el suelo hasta una altura de 81 cm, y asumiendo una tasa metabólica de 5,2 kcal/h, las relaciones entre carga, frecuencia y postura corporal se pueden estimar para trabajadores sin experiencia, según el gráfico de la Figura 6.

FRECUENCIA MÁXIMA ESTIMADA DE ELEVACIÓN EN DOS POSTURAS
(Garg y Herrin 1979)

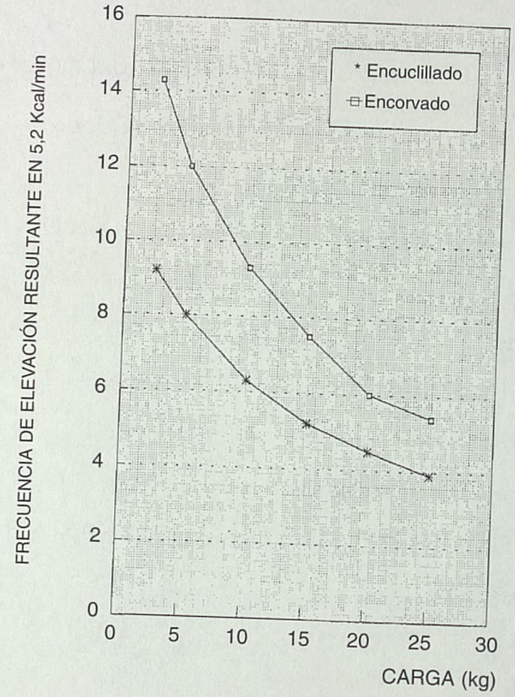


Figura 6

Resumen del criterio fisiológico

Podemos resumir en la Tabla 1 los valores que propone la modificación de la guía NIOSH en lo referente al gasto energético.

Tabla 1. Límites de gasto de energía específicos en la tarea para las elevaciones frecuentes (kcal/min).

Localicación de la elevación (V) cm (in.)	Duración de elevaciones		
	< 1 h	1-2 h	2-8 h
V ≤ 75 (30)	4, 7	3, 7	3, 1
V > 75 (30)	3, 3	2, 7	2, 2

CRITERIOS PSICOFÍSICOS

Concepto

La aproximación psicofísica consiste en que los trabajadores expresen el valor de la carga que creen que son capaces de soportar en trabajos de manipulación, según unas pruebas perfectamente determinadas en cuanto a tiempos, frecuencias, duración de jornadas, etc.

Los individuos, generalmente trabajadores industriales, se instruyen para ajustar los pesos durante la prueba, añadiendo o restando la cantidad de carga que han de mover, hasta alcanzar un valor que ellos consideren que están dispuestos a soportar en un período de tiempo dado. En la literatura especializada este valor, así obtenido, se denomina «peso máximo aceptable» (o mejor aceptado) para elevaciones o MAWL (Maximum Acceptable Weight of Lift).

Precedentes

Los estudios pioneros, según este criterio, fueron dirigidos por Ayoub (1978), Snook (1978) y posteriormente por Mital (1984).

Ayoub (1978) obtuvo datos sobre MAWL basados en trabajadores industriales (73 hombres y 73 mujeres). A cada trabajador se le concedieron 25 minutos para determinar el MAWL para 8 horas al día.

Snook (1978) presentó en tablas (recientemente actualizadas) los resultados de las pruebas efectuadas a 43 hombres y 15 mujeres, también trabajadores industriales.

Mital (1983) cuestionó la validez de las aproximaciones psicofísicas en la determinación del MAWL para 8 horas al día, basadas en períodos de prueba de menos de 1 hora. Se realizaron experiencias para determinar el MAWL para 8 horas y para 12 horas. Participaron 5 hombres y 5 mujeres. A cada sujeto se le concedían 20 minutos para determinar el MAWL para

un trabajo de 8 h/día. En los días siguientes, la carga calculada para 8 horas se hacía cargar en 12 horas y se pedía que se ajustase el nuevo peso. La reducción consecuente resultó ser del 2 % por hora para las mujeres y del 3-4 % por hora para los hombres.

En otro experimento de Mital (1984) participaron 37 hombres y 37 mujeres en un MAWL para jornadas de 8 horas sobre un período de 20-25 minutos.

Guías de Liberty Mutual (Snook)

Liberty Mutual ha estudiado durante más de 25 años el problema de los dolores de espalda producidos por la manipulación manual de cargas. Estos trabajos de investigación fueron dirigidos por S. H. Snook.

Los resultados obtenidos, organizados en tablas, pueden ser utilizados como guía por los diseñadores del puesto de trabajo, siempre con el objetivo de reducir dolores y lesiones.

La obtención de estos valores se basa en la opinión de personas que trabajan tan duramente como pueden, pero sin llegar a estresarse o a un cansancio fuera de lo normal. Se emplean cuatro o cinco días de entrenamiento, en los que se adquiere la experiencia de ajustar las sensaciones del peso que se maneja. La instrucción empieza con trabajos de frecuencias bajas y de duraciones cortas, incrementando progresivamente estos parámetros.

Las tareas experimentales se efectuaron con el criterio de simular lo mejor posible la realidad laboral. Por ejemplo, en tareas de elevación se consideran las cargas dinámicas a una distancia vertical determinada, y no las cargas isométricas. Las pruebas se efectuaban en sesiones de al menos 4 horas, estableciéndose unos tiempos de trabajo y de descanso determinados.

Se dispuso de aparatos adicionales para que la prueba fuera lo más real posible, manteniendo los valores ambientales de temperatura, humedad, etc., controlados.

Las experiencias fueron realizadas utilizando poblaciones experimentales de ambos sexos, consistiendo el trabajo en elevar, descargar, empujar, tirar y transportar. Aparte de la metodología psicofísica, se efectuaron mediciones del gasto de oxígeno y del ritmo cardíaco. Las variables independientes incluyeron frecuencia de la tarea, distancia, altura, duración, tamaño del objeto, existencia de asas, alcance horizontal y combinación de tareas.

Los datos actuales (1991) integran los valores de los 11 estudios realizados desde que se publicaron las tablas originales en 1978.

Tabla 2. Pesos máximos aceptables de elevación de carga para hombres (kg)

Anchura	Distancia	Percentil	Nivel suelo a altura mano, Una elevación cada: 5 min	9 min	14 min	1 h	2 h	5 h	30 h	8 h	Altura mano a altura hombro, Una elevación cada: 5 min	9 min	14 min	1 h	2 h	5 h	30 h	8 h	Altura hombro a alcance, Una elevación cada: 5 s	9 s	14 s	1 h	2 h	5 h	30 h	8 h
75	76	90	6	7	9	11	13	14	14	17	8	10	12	13	14	14	16	17	6	8	9	10	10	11	12	13
		75	9	11	13	16	19	20	21	24	10	14	16	18	18	19	21	23	8	10	12	14	14	14	16	17
		50	12	15	17	22	25	27	28	32	13	17	20	22	23	24	26	29	10	13	15	17	17	18	20	22
		25	15	18	21	28	31	34	35	41	16	21	24	27	27	28	32	35	11	16	18	21	21	22	24	27
		10	18	22	25	33	37	40	41	48	19	24	28	31	32	33	37	40	14	18	21	24	25	25	28	31
	51	90	6	8	9	12	13	15	15	17	8	11	13	15	15	16	18	19	6	8	9	12	12	12	14	15
		75	9	11	13	17	19	21	22	25	11	15	17	20	20	21	23	25	8	11	13	15	16	16	18	20
		50	11	14	16	21	24	26	28	34	14	19	21	25	25	26	29	32	10	14	16	19	20	20	23	25
		25	13	17	20	26	29	32	34	42	17	23	26	30	31	32	36	39	13	17	20	23	24	25	27	30
		10	15	20	23	31	35	38	40	48	20	27	30	35	36	37	41	45	15	19	22	27	27	29	32	35
	25	90	7	9	11	13	15	16	17	20	10	13	15	18	18	19	21	23	7	10	11	14	14	14	16	18
		75	10	13	15	18	22	24	24	28	13	17	20	24	24	25	27	30	10	13	15	18	18	19	21	23
		50	13	17	20	24	29	31	33	38	17	22	25	30	30	31	35	38	12	16	18	23	23	24	27	29
		25	15	20	23	29	34	37	38	46	20	26	30	36	36	37	42	46	15	20	22	28	28	29	32	35
		10	18	23	26	34	39	42	44	53	23	30	35	42	42	44	49	53	17	23	26	32	32	34	37	41
	76	90	7	8	10	13	15	16	17	20	8	10	12	13	14	14	16	17	7	9	10	12	12	13	14	16
		75	8	10	12	16	18	20	21	24	10	13	16	18	18	19	21	23	9	11	13	16	16	17	19	21
		50	10	13	15	20	23	25	26	30	12	17	20	22	23	24	26	29	11	15	17	20	20	21	24	26
		25	12	16	18	24	27	30	31	37	14	20	24	27	27	28	32	35	13	18	20	24	25	26	29	31
		10	14	18	21	27	32	35	37	44	16	23	27	31	32	33	37	40	15	21	23	28	29	30	33	36
	51	90	7	9	11	14	16	18	19	23	11	13	15	16	18	19	21	23	7	9	11	14	14	14	16	18
		75	9	12	14	18	21	23	25	29	13	17	20	21	23	25	27	30	9	12	14	18	18	19	21	23
		50	11	15	18	23	26	29	31	36	16	21	24	26	28	31	33	36	11	15	18	23	23	24	27	29
		25	13	18	21	28	32	35	37	44	19	25	28	31	33	36	39	42	13	18	21	28	28	29	32	35
		10	17	22	25	33	38	41	44	52	22	29	33	37	39	42	46	49	15	21	24	32	32	34	37	41
	25	90	8	10	12	14	16	17	18	21	10	12	14	16	16	17	18	19	8	10	12	14	14	15	16	18
		75	10	13	15	19	21	23	24	28	12	16	19	21	21	22	24	25	10	13	16	18	19	20	22	24
		50	12	16	19	24	27	29	30	35	15	20	23	25	26	27	29	31	13	17	20	23	24	25	27	30
		25	14	19	22	29	33	35	36	42	18	24	28	30	31	32	34	36	16	21	24	28	29	30	32	35
		10	17	23	26	34	39	42	43	50	21	28	32	35	36	37	39	42	18	24	28	33	34	35	37	41
	76	90	8	9	11	13	15	16	17	20	8	11	13	15	15	16	18	19	8	10	11	14	14	15	16	18
		75	9	11	13	16	18	20	21	24	10	14	16	18	18	19	21	23	10	13	15	18	18	19	21	23
		50	11	14	16	20	23	25	26	30	12	17	20	22	23	24	26	29	12	16	18	21	21	22	24	26
		25	13	17	20	26	29	32	33	39	15	21	25	28	28	29	32	35	14	19	21	25	26	27	29	31
		10	15	20	23	31	35	37	39	46	18	25	29	32	33	34	37	41	16	22	25	29	30	31	33	36
	51	90	8	10	12	15	16	18	19	23	10	12	14	16	16	17	18	19	8	10	12	14	14	15	16	18
		75	10	13	15	19	21	23	24	28	12	16	19	21	21	22	24	25	10	13	16	18	19	20	22	24
		50	12	16	19	24	27	29	30	35	15	20	23	25	26	27	29	31	13	17	20	23	24	25	27	30
		25	14	19	22	29	33	35	36	42	18	24	28	30	31	32	34	36	16	21	24	28	29	30	32	35
		10	17	23	26	34	39	42	43	50	21	28	32	35	36	37	39	42	18	24	28	33	34	35	37	41
	34	90	9	10	12	16	18	20	20	24	9	12	14	17	17	18	20	22	8	11	13	16	16	17	18	20
		75	12	15	18	24	26	28	29	34	12	16	18	22	23	23	26	29	11	14	17	21	21	22	24	26
		50	15	20	24	31	35	38	39	46	15	20	23	28	29	30	33	36	14	18	21	27	27	28	31	34
		25	17	23	27	36	40	44	46	54	19	25	29	34	35	36	40	44	17	22	25	32	32	33	37	41
		10	20	27	30	40	46	50	52	61	23	30	36	42	42	44	49	53	19	26	29	37	37	39	43	47
	51	90	10	12	14	18	20	22	23	27	11	14	16	20	20	21	23	26	10	13	15	19	19	19	22	24
		75	14	18	20	26	30	32	33	38	14	18	21	26	27	27	30	34	13	17	20	24	25	26	29	31
		50	16	21	24	31	35	38	40	46	17	23	27	32	33	34	37	41	16	22	25	30	31	31	34	40
		25	18	24	28	35	40	43	44	52	20	28	32	40	41	42	47	52	18	25	28	35	37	38	44	46
		10	20	28	31	41	46	50	52	61	23	32	37	47	47	49	55	60	20	28	32	40	42	44	51	55
	25	90	11	14	16	20	22	24	25	29	12	16	18	22	22	23	26	29	11	15	17	21	22	23	25	27
		75	15	18	21	27	31	33	34	40	16	21	24	29	30	31	34	38	14	19	22	27	28	29	31	34
		50	17	23	26	33	38	41	42	49	19	25	29	35	36	37	41	45	17	23	26	32	33	34	37	41
		25	20	27	31	40	45	48	50	58	23	31	36	43	44	45	50	54	20	27	31	38	39	40	44	48
		10	23	31	35	45	51	54	56	65	26	35	41	49	50	52	57	62	23	31	35	44	45	46	51	56
	51	90	12	15	17	22	25	27	28	33	14	18	21	26	27	28	31	34	13	17	20	25	26	27	29	32
		75	15	20	23	30	34	36	37	44	18	24	28	33	34	35	39	42	17	22	25	31	32	33	36	39
		50	18	24	28	36	41	43	45	53	22	30	34	41	42	43	48	52	20	27	31	38	39	40	44	48
		25	22	29	33	43	49	52	54	63	27	36	41	49	50	52	57	62	24	32	37	45	46	47	52	57
		10	25	34	38	49	56	59	62	72	31	41	47	56	57	59	66	71	27	37	42	51	53	54	60	65
	25	90	14	18	20	26	30	32	33	38	16	20	23	28	29	30	33	37	15	19	22	27	28	29	31	34
		75	18	24	28	35	40	43	44	50	21	27	31	37	38	39	43	48	20	25	29	35	36	37	40	44
		50	21	28	32	40	46	49	50	57	24	32	36	43	44	45	50	55	23	30	34	41	42	43	47	51
		25	24	32	37	46	52	55	57	65	27	37	42	50	51	52	58	63	26	35	39	47	48	49	54	59
		10	26	35	40	50	57	60	63	72	30	40	46	55	56	58	64	70	28	38	43	52	53	54	60	65

Ancho de caja (dimensiones desde el cuerpo) (cm). Distancia vertical de elevación (cm).
Porcentaje de población industrial. Los valores en itálica exceden de los criterios fisiológicos para 8 horas.

Tabla 3. Pesos máximos aceptables de elevación de carga para mujeres (kg)

Anchura	Distancia	Percentil	Nivel suelo a altura mano. Una elevación cada: 5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h	Altura mano a altura hombro. Una elevación cada: 5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h	Altura hombro a alcance. Una elevación cada: 5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	*5*	6	7	7	8	8	9	12	5	6	7	9	9	9	10	12	4	5	5	6	7	7	7	8
		25	*7*	8	9	9	10	10	11	14	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	6	7	8	8	8	10
		50	*8*	10	10	11	12	12	13	17	*7*	8	9	11	12	12	13	16	6	7	7	8	9	9	10	11
		25	*9*	*11*	12	13	14	14	15	21	*8*	9	10	13	14	14	15	18	7	7	8	9	10	10	11	13
		10	*11*	*13*	*14*	14	15	16	17	23	*9*	10	11	14	15	15	17	20	7	8	9	10	11	11	12	14
	51	90	*6*	7	8	8	9	9	10	14	6	7	8	9	10	10	11	13	5	6	7	7	7	7	8	9
		25	*7*	*9*	9	10	11	11	13	17	7	8	9	11	12	12	13	15	6	7	8	8	9	9	9	11
		50	*9*	10	11	12	13	14	15	21	*9*	9	11	13	14	14	15	17	7	8	9	9	10	10	11	13
		25	*10*	*12*	*13*	15	16	16	18	24	*10*	11	12	14	16	16	17	20	8	9	10	10	11	11	12	14
		10	*11*	*14*	*15*	17	18	18	20	27	*11*	12	14	16	17	17	19	22	*9*	10	11	12	13	13	14	16
	25	90	*6*	8	8	9	9	9	11	14	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	7	8	8	8	9	10
		25	*8*	10	11	11	12	12	13	18	7	8	9	12	13	13	14	17	6	7	8	9	9	9	10	12
		50	*10*	*12*	13	13	14	14	16	21	9	10	11	14	15	15	16	19	7	8	9	10	11	11	12	14
		25	*11*	*14*	15	15	16	17	19	25	10	11	12	16	17	17	19	22	8	9	10	12	12	12	14	16
		10	*13*	*16*	*17*	17	19	19	21	29	*11*	12	14	18	19	19	21	24	9	10	11	13	14	14	15	17
49	76	90	5	6	7	8	8	8	9	13	5	6	7	9	9	9	10	12	4	5	5	7	7	7	8	9
		25	*7*	8	9	10	10	10	12	16	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	6	8	8	8	9	11
		50	*8*	10	10	12	12	13	14	19	*7*	8	9	11	12	12	13	16	6	7	7	9	10	10	11	12
		25	*9*	11	12	14	15	15	17	22	*8*	9	10	13	14	14	15	18	7	7	8	10	11	11	12	14
		10	*11*	*13*	14	15	17	17	19	25	*9*	10	11	14	15	15	17	20	7	8	9	11	12	12	13	15
	51	90	*6*	7	8	9	10	10	11	15	6	7	8	9	10	10	11	13	5	6	7	7	8	8	9	10
		25	*7*	9	9	11	12	12	14	18	7	8	9	11	12	12	13	15	6	7	8	9	9	9	10	12
		50	*9*	10	11	13	15	15	16	22	*9*	9	11	13	14	14	15	17	7	8	9	10	11	11	12	14
		25	*10*	*12*	13	16	17	17	19	26	*10*	11	12	14	16	16	17	20	8	9	10	11	12	12	13	15
		10	*11*	*14*	15	18	19	20	22	30	*11*	12	14	16	17	17	19	22	*9*	10	11	13	14	14	15	17
	25	90	6	8	8	9	10	10	11	15	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	7	8	9	9	10	11
		25	*8*	10	11	12	12	13	14	19	7	8	9	12	13	13	14	17	6	7	8	9	10	10	11	13
		50	*10*	12	13	14	15	15	17	23	9	10	11	14	15	15	16	19	7	8	9	11	12	12	13	15
		25	*11*	14	15	16	18	18	20	27	10	11	12	16	17	17	19	22	8	9	10	12	13	13	15	17
		10	*13*	*16*	17	19	20	21	23	31	*11*	12	14	18	19	19	21	24	9	10	11	14	15	15	16	19
34	76	90	*7*	8	9	9	10	10	11	15	6	7	8	9	10	10	11	13	5	6	7	8	9	9	10	11
		25	*8*	10	11	12	13	13	14	19	7	8	9	11	12	12	13	15	6	7	8	9	10	10	11	13
		50	*10*	*12*	13	14	15	16	17	23	*9*	9	11	13	14	14	15	17	7	8	9	11	12	12	13	15
		25	*12*	*14*	15	17	18	18	20	27	*10*	11	12	14	16	16	17	20	8	9	10	12	13	13	15	17
		10	*13*	*16*	*18*	19	20	21	23	31	*11*	12	13	16	17	17	19	22	9	10	11	14	15	15	16	19
	51	90	*7*	9	9	11	12	12	13	18	8	8	9	10	11	11	12	14	7	7	8	9	10	10	11	12
		25	*9*	*11*	12	14	15	15	16	22	9	10	11	12	13	13	14	17	8	8	9	11	11	11	12	14
		50	*11*	*13*	*14*	16	18	18	20	27	*10*	11	13	14	15	15	17	19	*9*	10	11	12	13	13	14	17
		25	*13*	*15*	*17*	19	21	21	24	32	*12*	13	14	16	17	17	19	22	*10*	11	12	14	15	15	16	19
		10	*14*	*18*	*19*	22	24	24	27	36	*13*	14	16	18	19	19	21	24	*11*	*12*	14	15	16	16	18	21
	25	90	*8*	10	11	11	12	12	14	19	8	8	9	12	12	12	14	16	7	7	8	10	11	11	12	14
		25	*10*	12	13	14	15	15	17	23	9	10	11	13	14	14	16	18	8	8	9	12	12	12	14	16
		50	*12*	*15*	16	17	18	19	21	28	10	11	13	16	17	17	18	21	9	10	11	13	14	14	16	18
		25	*14*	*17*	*19*	20	22	22	24	33	12	13	14	18	19	19	21	24	10	11	12	15	16	16	18	21
		10	*16*	*20*	*21*	23	25	25	28	38	*13*	14	16	19	21	21	23	27	*11*	12	14	17	18	18	20	23

Ancho de caja (dimensiones desde el cuerpo) (cm). Distancia vertical de elevación (cm).
Porcentaje de población industrial. Los valores en itálica exceden de los criterios fisiológicos para 8 horas.

Tabla 4. Pesos máximos aceptables de descenso de carga para hombres (kg)

Anchura	Distancia	Percentil	Nivel suelo a altura mano. Una elevación cada: 5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h	Altura mano a altura hombro. Una elevación cada: 5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h	Altura hombro a alcance. Una elevación cada: 5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	7	9	10	12	14	15	16	20	10	11	14	14	15	15	16	19	6	7	9	9	10	10	11	13
		25	10	13	14	18	20	22	22	29	13	16	18	18	21	21	21	26	9	10	12	12	14	14	14	18
		50	*14*	17	19	23	27	29	30	38	18	20	24	24	27	27	28	34	11	13	15	16	18	18	19	23
		25	*17*	*21*	24	29	33	36	37	47	21	25	29	29	34	34	34	42	14	16	19	20	23	23	23	28
		10	*20*	*25*	*28*	34	39	42	44	56	*25*	29	34	34	39	39	39	49	16	19	22	23	26	26	27	33
	51	90	8	10	11	13	15	16	17	21	11	12	14	15	17	17	18	22	7	8	9	10	12	12	12	15
		25	11	14	15	18	21	23	23	30	14	17	20	21	24	24	24	30	9	11	13	14	16	16	16	20
		50	*14*	18	20	24	28	30	31	40	19	21	25	27	31	31	31	38	12	14	16	18	21	21	21	26
		25	*18*	22	25	30	34	37	39	49	23	26	31	33	38	38	38	47	15	17	20	22	25	25	26	32
		10	*21*	*26*	29	36	41	44	46	58	*27*	31	36	38	44	44	44	55	17	20	24	26	30	30	30	37
	25	90	9	11	12	15	17	18	19	24	12	14	17	18	21	21	21	26	8	9	11	12	14	14	14	17
		25	13	16	17	21	24	25	26	34	17	20	23	24	28	28	28	35	11	13	15	16	19	19	19	24
		50	*17*	21	23	27	31	34	35	45	22	25	30	32	36	36	37	45	14	16	19	21	24	24	25	31
		25	*21*	26	29	34	39	42	44	56	27	31	37	39	44	44	45	56	17	20	24	26	30	30	30	38
		10	*24*	*31*	34	40	46	49	51	66	*31*	36	43	45	52	52	52	65	20	23	28	30	35	35	35	44
	76	90	8	10	11	15	17	18	19	24	10	11	14	14	15	15	16	19	7	8	10	11	12	12	12	15
		25	12	15	16	21	24	26	26	34	13	16	18	18	21	21	21	26	10	11	14	15	17	17	17	21
		50	*15*	19	21	27	31	34	35	45	18	20	24	24	27	27	28	34	13	15	17	19	22	22	22	27
		25	*19*	*24*	26	34	39	42	44	56	21	25	29	29	34	34	34	42	16	18	21	23	27	27	27	33
		10	*25*	*28*	*31*	40	46	49	51	65	25	29	34	34	39	39	39	49	18	21	25	27	31	31	31	39
49	51	90	9	11	12	15	17	19	19	25	11	12	14	15	17	17	18	22	8	9	10	12	14	14	14	17
		25	12	15	17	22	25	26	28	35	14	17	20	21	24	24	24	30	10	12	14	16	19	19	19	24
		50	16	20	22	29	33	35	37	47	19	21	25	27	31	31	31	38	14	16	18	21	24	24	25	31
		25	*20*	25	27	36	41	44	46	58	23	26	31	33	38	38	38	47	17	19	23	26	30	30	30	37
		10	*23*	*29*	32	42	48	51	54	68	27	31	36	38	44	44	44	55	19	22	26	30	35	35	35	44
	76	90	10	13	14	17	20	21	22	28	12	14	17	18	21	21	21	26	9	10	12	14	16	16	16	20
		25	14	18	19	24	28	30	31	40	17	20	23	24	28	28	28	35	12	14	17	19	22	22	22	28
		50	*19*	24	26	32	37	40	41	54	22	25	30	32	36	36	37	45	16	18	22	25	29	29	29	36
		25	*23*	29	32	40	46	49	51	65	27	31	37	39	44	44	45	56	20	23	27	31	35	35	36	44
		10	*27*	*34*	38	47	54	58	60	77	31	36	43	45	52	52	52	65	23	26	31	36	41	41	42	52
	25	90	10	12	13	17	19	21	21	27	11	12	14	15	17	17	18	22	9	10	12	12	14	14	14	18
		25	*14*	17	19	24	27	29	30	39	14	17	20	21	24	24	24	30	12	13	16	17	19	19	19	24
		50	*18*	*23*	25	32	36	39	40	51	19	21	25	27	31	31	31	38	15	17	21	22	25	25	25	31
		25	*23*	*29*	31	39	45	48	50	64	23	26	31	33	38	38	38	47	19	21	25	27	31	31	31	38
		10	*27*	*34*	*37*	46	53	57	59	75	27	31	36	38	44	44	44	55	22	25	30	31	36	36	36	45
34	51	90	10	13	14	17	20	22	22	29	11	13	15	17	20	20	20	24	9	10	12	14	16	16	16	20
		25	14	18	20	25	28	30	32	40	15	18	21	23	27	27	27	33	12	14	17	19	22	22	22	27
		50	*19*	24	26	33	37	40	42	53	20	23	27	30	35	35	35	43	16	19	22	24	28	28	28	35
		25	*24*	*30*	33	41	47	50	52	67	24	28	33	37	42	42	43	53	20	23	27	30	34	34	35	43
		10	*28*	*35*	*38*	48	55	59	62	78	28	33	39	43	49	49	50	62	23	27	31	35	40	40	40	50
	76	90	12	15	16	20	23	24	25	32	13	15	18	20	23	23	23	29	11	12	15	16	19	19	19	23
		25	17	21	23	28	32	34	36	46	18	21	25	27	31	31	32	39	15	17	20	22	26	26	26	32
		50	*23*	28	31	37	42	46	47	60	23	27	32	35	41	41	41	51	19	22	26	29	33	33	33	41
		25	*28*	*35*	38	46	53	57	59	75	29	33	39	43	50	50	50	63	23	27	32	35	41	41	41	51
		10	*33*	*41*	*45*	54	62	67	70	89	33	39	46	51	58	58	59	73	27	31	37	41	47	47	48	59

Ancho de caja (dimensiones desde el cuerpo) (cm). Distancia vertical de elevación (cm).
Porcentaje de población industrial. Los valores en itálica exceden de los criterios fisiológicos para 8 horas.

Tabla 5. Pesos máximos aceptables de descenso de carga para mujeres (kg)

Anchura	Distancia	Percentil	Nivel suelo a altura mano. Una elevación cada: 5	9	14	1	2	5	30	8	Altura mano a altura hombro. Una elevación cada: 5	9	14	1	2	5	30	8	Altura hombro a alcance. Una elevación cada: 5	9	14	1	2	5	30	8
				s			min			h		s			min			h		s			min			h
75	76	90	5	6	7	7	8	8	9	12	6	6	7	8	9	10	10	13	5	5	5	6	7	7	7	9
		75	6	8	8	9	10	10	11	14	7	8	8	10	11	12	12	15	5	6	6	7	8	9	9	11
		50	7	9	10	11	12	12	13	17	8	9	10	12	13	15	14	18	6	7	8	8	10	10	10	13
		25	*9*	11	12	14	14	15	15	20	*9*	11	12	13	15	17	17	21	7	8	9	10	11	12	12	15
		10	*10*	13	13	14	15	16	17	23	*11*	12	13	15	17	19	19	24	*9*	10	10	11	12	14	14	17
	51	90	6	7	7	8	9	10	10	14	7	8	8	9	10	11	11	14	5	6	6	6	7	8	8	10
		75	7	8	9	10	11	12	13	17	8	9	9	11	12	13	13	17	7	8	8	8	9	10	10	12
		50	*8*	10	11	12	14	14	15	20	10	11	11	13	15	16	16	20	8	9	9	9	11	12	12	15
		25	*10*	12	13	14	16	17	18	24	11	13	13	15	17	19	19	23	*9*	10	11	11	12	13	13	17
		10	*11*	13	14	16	18	19	20	27	*13*	15	15	17	19	21	21	26	*10*	12	12	12	14	15	15	19
	25	90	6	8	8	9	10	11	11	14	7	8	8	10	11	12	12	15	5	6	6	7	8	9	9	11
		75	8	10	10	11	12	13	14	17	8	9	9	12	13	15	15	19	5	7	8	9	10	12	13	16
		50	9	11	12	13	15	16	17	21	10	11	11	14	16	18	18	22	6	8	9	10	12	13	15	19
		25	*11*	13	14	15	17	19	19	25	11	13	13	16	19	20	20	26	8	9	10	11	13	15	17	21
		10	*12*	15	16	17	19	20	21	28	13	15	15	19	21	23	23	29	10	12	12	13	15	17	17	21
49	76	90	5	6	7	8	9	10	10	13	6	6	7	8	9	10	10	13	5	5	5	6	7	7	8	10
		75	6	8	8	9	10	11	12	16	7	8	8	10	11	12	12	16	5	6	6	8	9	9	10	12
		50	8	9	10	11	13	14	14	19	9	10	10	12	13	15	14	18	7	8	8	9	10	11	12	14
		25	*10*	11	12	13	15	17	17	22	*11*	12	13	15	17	19	17	21	*9*	9	10	11	12	13	13	16
		10	*13*	13	14	15	17	18	19	25	*13*	15	15	17	19	21	21	26	*10*	12	12	13	15	15	16	19
	51	90	6	7	7	9	10	10	11	15	7	8	8	9	10	11	12	14	5	6	6	7	8	8	9	11
		75	7	8	9	11	12	13	14	18	8	9	10	11	12	13	14	17	6	7	8	8	9	10	11	13
		50	9	11	12	13	15	16	16	22	10	11	11	13	15	16	16	20	8	9	10	11	12	13	14	16
		25	*11*	13	14	15	17	18	19	25	11	13	13	15	17	19	19	23	*9*	11	12	13	15	15	16	19
		10	*12*	15	16	17	19	20	22	29	*13*	15	15	17	19	21	21	26	*10*	12	12	13	15	16	16	21
	25	90	6	8	8	9	10	11	12	15	7	8	8	10	11	12	12	15	5	6	6	8	9	9	9	12
		75	8	10	10	11	13	14	14	19	9	10	10	13	13	15	15	19	5	7	8	9	10	11	12	14
		50	9	11	12	14	15	16	17	23	10	11	11	14	16	18	18	22	6	8	9	10	11	13	14	17
		25	*11*	13	14	16	18	19	20	27	11	13	13	16	19	20	20	26	8	9	11	13	15	16	16	20
		10	*12*	15	16	18	20	21	23	30	13	15	15	19	21	23	23	29	10	12	12	15	16	18	18	23
	76	90	6	8	9	9	10	11	12	15	7	8	8	9	10	11	11	14	6	6	7	8	9	9	11	12
		75	8	10	11	11	13	14	15	19	8	9	9	11	12	13	13	17	6	8	8	9	10	11	13	14
		50	10	11	13	14	15	17	17	23	10	11	11	13	15	17	16	20	8	9	10	11	13	14	15	17
		25	*11*	14	15	16	18	20	20	27	12	13	13	15	17	19	19	23	*9*	11	11	13	15	16	16	20
		10	*14*	16	17	18	20	21	23	30	14	15	15	17	19	21	21	26	*11*	13	13	14	16	18	18	23
34	51	90	7	9	9	11	12	13	14	18	8	9	9	10	11	12	12	15	7	8	8	10	11	11	11	13
		75	9	11	11	13	15	16	17	22	9	11	11	12	14	15	15	19	8	9	10	12	13	13	13	16
		50	11	13	14	16	18	19	20	27	11	13	13	14	16	18	18	22	10	11	11	12	14	15	15	19
		25	*13*	15	16	19	21	22	24	31	13	15	15	17	19	21	21	26	*11*	13	13	14	16	18	18	22
		10	*14*	17	18	21	24	25	27	35	16	17	17	19	21	23	23	29	*13*	15	15	16	18	20	20	25
	25	90	8	10	10	11	13	13	14	19	8	9	9	11	12	13	13	17	7	8	8	9	11	12	12	15
		75	10	12	13	14	15	16	17	23	9	11	11	13	15	16	16	21	8	9	10	11	13	14	14	18
		50	12	14	15	17	19	20	21	28	11	13	13	16	18	20	20	25	10	11	11	14	15	17	17	21
		25	*14*	17	18	20	22	23	24	33	13	15	15	18	21	23	23	29	11	13	13	16	18	19	19	24
		10	*15*	19	20	22	25	26	28	37	15	17	17	21	23	26	26	32	*13*	15	15	18	20	22	22	28

Ancho de caja (dimensiones desde el cuerpo) (cm). Distancia vertical de elevación (cm).
Porcentaje de población industrial. Los valores en itálica exceden de los criterios fisiológicos para 8 horas.

Métodos de aplicación

Los métodos de aplicación que vamos a describir en este apartado se basan en los criterios presentados hasta ahora.

Método del ejercicio percibido

El ejercicio percibido es una estimación personal de la intensidad del trabajo que se está realizando. Para registrar esas opiniones se utiliza la denominada escala RPE (Rating Perceived Exertion) de Borg, que consiste en una escala numerada desde el número 6 hasta el 20 y cuyos valores corresponden a las respuestas del trabajador dentro de un intervalo que va desde trabajo muy suave (7) hasta muy fuerte (19). El criterio para elegir esta escala se basa en buscar una correspondencia entre los valores de estimación y la décima parte del ritmo cardíaco (HR). De esta forma, si existiese una correlación perfecta, a un trabajo muy suave = 7 le correspondería, aproximadamente, un ritmo cardíaco de 7 × 10 = 70 latidos por minuto.

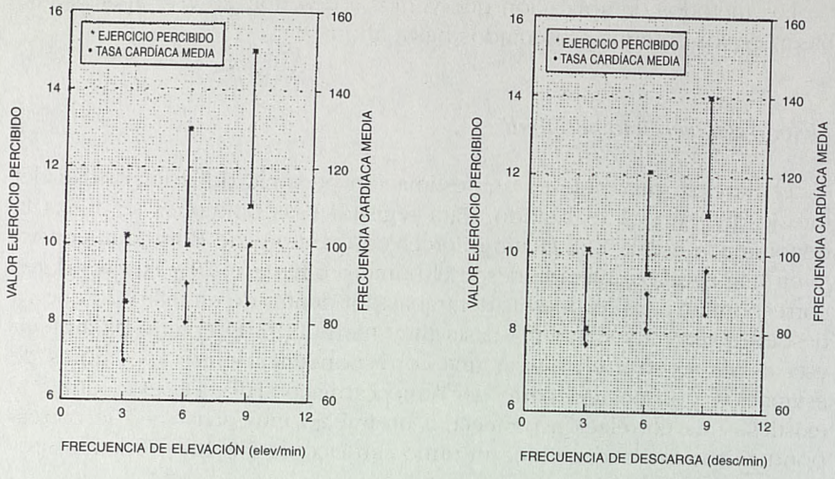
Este método combina criterios fisiológicos con psicofísicos y utiliza un procedimiento simple y fácil de desarrollar.

Con objeto de obtener la valoración del «ejercicio percibido», es conveniente preguntar a las personas seleccionadas sobre la cantidad de sensaciones internas de estrés físico, esfuerzo y fatiga, en vez de hacerlo sobre cualquier otro factor, como dolor de piernas, acortamiento de la respiración o intensidad del trabajo.

Parece que, independientemente del trabajo que se realiza, la correlación entre RPE y HR es aproximadamente lineal, siendo esta linealidad más acusada en trabajos de elevación y descarga. Un estudio en trabajos de elevación y descarga nos proporciona los resultados expresados en la Figura 7, donde se relaciona HR y RPE con la frecuencia de elevación y con el peso de la carga.

Según los gráficos de la página siguiente podemos concluir que, a partir de una frecuencia de elevación de 6 veces por minuto, se sobreestima la carga de trabajo. Lo mismo ocurre cuando se trata de una carga de peso superior de 13,6 kg.

FRECUENCIA CARDÍACA MEDIA Y VALOR DE EJERCICIO PERCIBIDO FRENTE A FRECUENCIA DE MANIPULACIÓN



FRECUENCIA CARDÍACA MEDIA Y VALOR DE EJERCICIO PERCIBIDO FRENTE A CARGA MANIPULADA

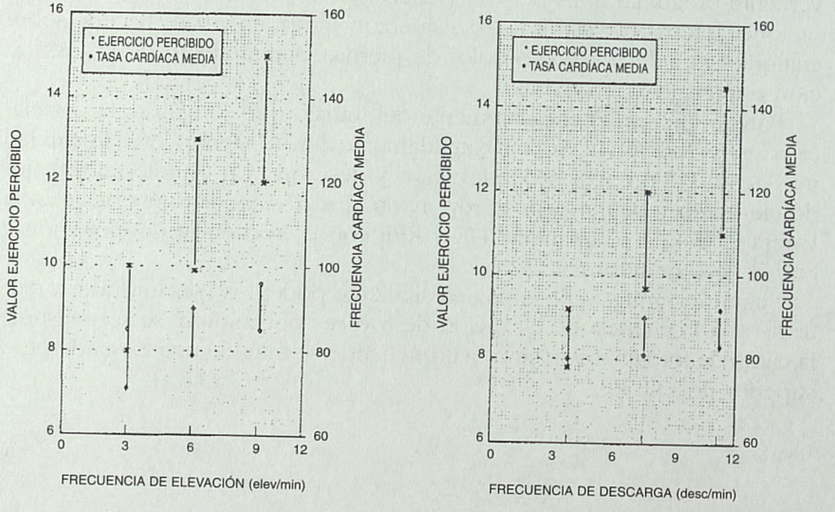


Figura 7

Método analítico para obtener el MAWL

Introducción

Basados en la literatura relacionada, Genaidy y colaboradores (1988) encontraron que la mayoría de los modelos de capacidad psicofísica no tenían en cuenta los efectos de muchos parámetros importantes, tales como la duración de la tarea, actividades de elevación asimétricas, porcentaje de población protegida y acoplamiento con los objetos. Si se quiere que los modelos de capacidad se apliquen a trabajos reales es importante considerar esos parámetros.

En este trabajo, los datos recopilados por Ayoub y otros, Snook y Mital, se integraron para obtener una base para el conocimiento del valor del MAWL. Basados en estos datos se desarrollaron dos modelos de regresión. El método aconsejaba, para mejorar la predicción, separar los valores obtenidos con poblaciones femeninas de los de poblaciones masculinas. Los inputs del modelo son: rango de elevación vertical, frecuencia de elevación, dimensiones de las cajas en el plano sagital, porcentaje de población que se quiere proteger, duración de la tarea, presencia o ausencia de asas y condiciones de posición sagital o asimétrica.

Cada parámetro utilizado se define como sigue:

– Rango de elevación vertical: desplazamiento vertical. En este estudio, el rango de elevación vertical se enuncia como la distancia vertical (en cm) entre el origen y el destino de la carga.

– La frecuencia de las elevaciones es el promedio de las elevaciones por minuto.

– La dimensión del objeto se considera que es el ancho según el corte en el plano sagital.

– Se incluye en este procedimiento el porcentaje de población protegida. Por ejemplo, 90 indica que 90 de cada 100 personas serán capaces de manipular la carga obtenida.

– La duración de la tarea es la cantidad de horas empleadas durante la tarea de elevación de cargas.

– Elevación sagital significa que la carga está situada delante del cuerpo, sin girar el tórax, mientras que la elevación asimétrica incluye elevaciones de cargas por los costados del cuerpo o mientras se gira el tórax.

Se utilizaron un total de 2.760 observaciones en el desarrollo del modelo.

Conceptos utilizados:

– Los valores debidos a los efectos de las distintas duraciones, utilizando las bases de datos mencionadas, se ajustaron según coeficientes desarrollados por Mital (1983).

– Los estudios de referencia asumen que las elevaciones se realizan sujetando la carga mediante asas. Sin embargo, Garg y Saxena (1980) demostraron que la ausencia de asas en un contenedor que debe ser elevado reduce el MAWL en un porcentaje de 7,2 %. En consecuencia, el coeficiente por existir o no las asas reduce también el MAWL en un 7,2 %.

– En los estudios de referencia se asume que las elevaciones se efectúan en el plano sagital sin giros. Estudios efectuados por Asfour y otros (1984), Garg y Badger (1986) y Mital y Fard (1986) demostraron que las elevaciones asimétricas reducen el MAWL del 5 % al 8,5 %. Así, el valor del MAWL para elevaciones asimétricas debe reducirse en un 6,75 %.

– Se asume una distribución normal para el cálculo del MAWL según los porcentajes de la población trabajadora.

– En los casos donde los valores del MAWL se obtienen según diferentes estudios, en condiciones experimentales exactamente iguales, se toma el valor del MAWL más bajo.

– Debido a que el MAWL se determina para proteger a un porcentaje dado de la población, se deben obtener los valores de: altura a las manos, a los hombros y del alcance vertical de las manos, y para ello se utiliza el modelo presentado por Kroemer para predecir tales valores de altura.

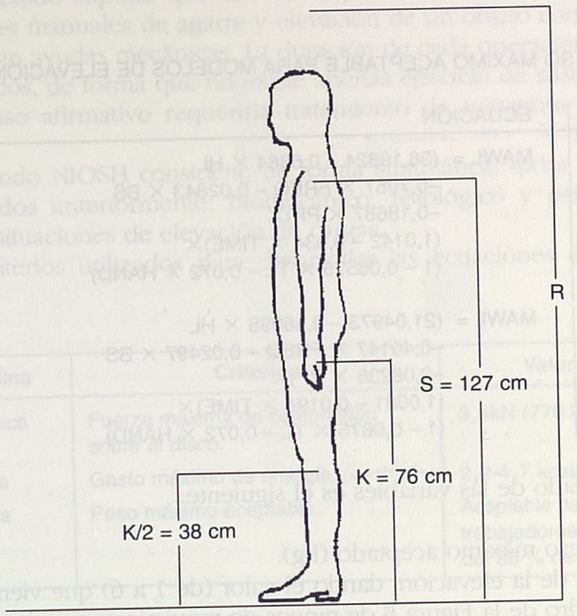
$$(R^2 = 0{,}9964)\quad HV = [35{,}30985 + 64{,}14671 \times HL - 11{,}71 \times SEX - 0{,}18187 \times PP]$$

Donde: HV: valor de altura en cm de la opción elegida mediante HL.
HL: opción de nivel de altura (mano = 1, hombro = 2, alcance = 3).
SEX: sexo (hombre = 1, mujer = 2).
PP: porcentaje de población (ejemplo: 95).

– El rango de alturas de elevación se definió en función del origen y destino de la elevación.

Para ello se definen los rangos que se especifican en la Figura 8.

RANGOS APLICADOS EN EL CÁLCULO DEL MAWL



ORIGEN	DESTINO	RANGO	HL
de 0 a K/2 (38 cm)	DE 0 A (K+S)/2	SUELO A MANOS	1
	(K+S)/2 A (S+R)/2	SUELO A HOMBROS	2
	(S+R)/2 Y SUPERIOR	SUELO A ALCANCE	3
K/2 a K (76 cm)	K/2 A (K+S)/2	SUELO A MANOS	1
	(K+S)/2 A (S+R)/2	MANOS A HOMBROS	4
	(S+R)/2 Y SUPERIOR	MANOS A ALCANCE	5
K a (K+S)/2 (101,5 cm)	K A (S+R)/2	MANOS A HOMBROS	4
	(S+R)/2 Y SUPERIOR	MANOS A ALCANCE	5
(K+S)/2 a S(127 cm)	(K+S)/2 A (S+R)/2	MANOS A HOMBROS	4
	(S+R)/2 Y SUPERIOR	HOMBROS A ALCANCE	6
S Y SUPERIOR	S Y SUPERIOR	HOMBRO A ALCANCE	6

K = 76 cm S = 127

Figura 8

– Las fórmulas que hay que aplicar son las reflejadas en la ecuación siguiente:

PESO MÁXIMO ACEPTABLE PARA MODELOS DE ELEVACIÓN

	ECUACIÓN
VARÓN	MAWL = (36,19824 – 0,6864 × HL –0,7957 × FREQ – 0,02843 × BS –0,18687 × PP)× (1,0142 – 0,034 × TIME)× (1 – 0,06575 × TL – 0,072 × HAND)
MUJER	MAWL = (21,04973 – 0,58098 × HL –0,40147 × FREQ – 0,02497 × BS –0,08236 × PP)× (1,0081 – 0,0194 × TIME)× (1 – 0,0675 × TL – 0,072 × HAND)

El significado de las variables es el siguiente:

MAWL: peso máximo aceptado (kg).
HL: altura de la elevación, dando el valor (de 1 a 6) que viene reflejado en el cuadro de la Figura 8 de rangos de movimientos.
FREQ: frecuencia de elevaciones (elevaciones/min).
BS: dimensión en plano sagital de la caja que se eleva (cm).
PP: porcentaje de población protegida (por ej.: 95).
TIME: tiempo de trabajo (exposición) en horas.
TL: tipo de elevación (0 para elevación sagital y 1 para elevación asimétrica).
HAND: tipo de agarre (0 si no hay agarres y 1 si existen).

Método NIOSH

En 1981 NIOSH publicó una guía práctica para la elevación manual de cargas en la que se establecía un método para determinar los límites recomendados de las cargas a elevar en función de la influencia de factores de tipo geométrico o del propio proceso. Está a punto de editarse una actualización que, presentada en 1991, está concluyendo su período de validación. En lo que sigue nos referiremos fundamentalmente a este documento, ya que deja sin efecto o modifica muchos de los aspectos considerados en el documento original de 1981.

Este método supone que una tarea de elevación es la que conlleva operaciones manuales de agarre y elevación de un objeto con un tamaño definido, sin ayudas mecánicas. La duración de cada operación es inferior a 2 segundos, de forma que no existe apenas ejercicio de sustentación, lo que en caso afirmativo requeriría tratamiento de transporte manual de carga.

El método NIOSH considera, de forma simultánea, todos los criterios mencionados anteriormente: biomecánico, fisiológico y psicofísico, en todas las situaciones de elevación de cargas.

Los criterios utilizados para desarrollar las ecuaciones de elevación son:

Disciplina	Criterios	Valor límite
Biomecánica	Fuerza máxima de compresión sobre el disco.	3,4kN (770 libras)
Fisiológica	Gasto máximo de energía.	2,2-4,7 kcal/min
Psicofísica	Peso máximo aceptable.	Aceptable para el 75 % de trabajadoras y alrededor del 99 % de trabajadores.

El método se concreta en una fórmula de multiplicadores:

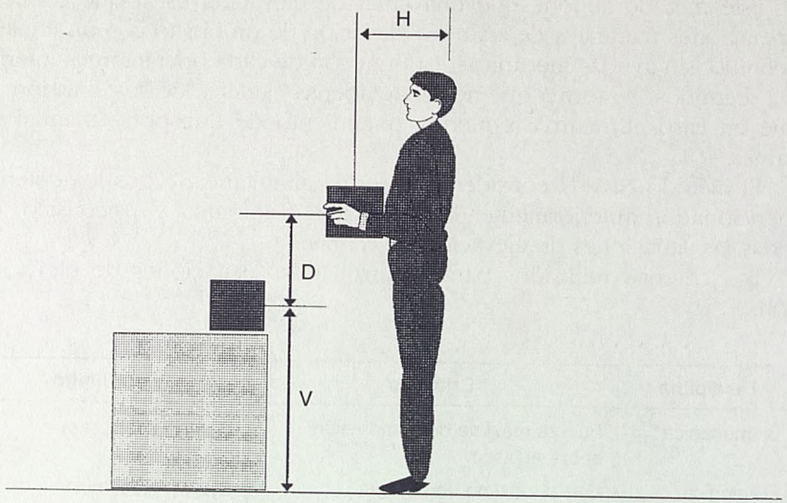
$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

donde el significado de cada uno de ellos es el siguiente:

RWL: límite de peso recomendado en kg.
LC: constante de carga 23 kg.
HM: factor horizontal (25/H).
VM: factor vertical (1 – [0,003 |V – 75|]).
DM: factor desplazamiento (0,82 + [4,5/D]).
AM: factor de asimetría (1 – 0,0032A).
FM: factor de frecuencia.
CM: factor de acoplamiento.

Y el significado de cada variable es el siguiente:

H: distancia horizontal desde las manos a la vertical que pasa por el punto medio de la línea que une los tobillos (este punto se sitúa gráfica-



DISTANCIAS EN EL MÉTODO NIOSH

Figura 9

mente en la vertical que contiene al disco L5/S1), medido en el origen y en el destino de la carga (cm).

V: distancia vertical desde las manos al suelo, medido en el origen y en el destino de la carga (cm).

D: distancia vertical del desplazamiento entre el origen y el destino de la carga (cm).

A: ángulo de asimetría, desplazamiento angular de la carga desde el plano sagital, medido en el origen y el destino de la carga (grados).

F: frecuencia promedio de elevaciones en elevaciones por minuto.

La idea central es que se asigna la carga de 23 kg como límite recomendable (RWL) para la situación más favorable posible desde el punto de vista geométrico y de proceso (frecuencia y tiempo de exposición). Pero esta situación ideal es difícil que ocurra ya que no es probable que todos y cada uno de los factores de los que aquélla depende se mantengan en su situación más favorable. Alguno o varios se desviarán en alguna medida de su propia situación ideal y entonces el límite de carga recomendado (RWL) deberá disminuir para compensar esa desventaja.

La ecuación de multiplicadores que hemos planteado antes es precisamente la herramienta que nos permite conocer la magnitud de esta variación. El valor máximo de cada multiplicador es 1, coincidiendo con la

situación ideal del factor considerado. En cualquier otra situación, el multiplicador tomaría valores inferiores a 1 y su efecto, dentro de la ecuación, sería reducir el valor final del RWL.

Observando la ecuación y sus multiplicadores, podemos deducir:

El valor RWL, obtenido por la ecuación, es el valor máximo recomendado de carga en función de las variables puestas en juego en la situación analizada.

El índice de elevación es el cociente entre la carga elevada y la RWL obtenida por la ecuación. En la medida en que este valor sea inferior a 1, el riesgo de tener problemas de tipo lumbar disminuirá.

El factor horizontal es 1 cuando H < = 25. Es difícil imaginar un valor inferior entre la columna vertebral y la carga, a poco que ésta tenga un mínimo volumen. Por ello este factor casi siempre va a ser inferior a 1. El diseño del volumen de la carga y la posibilidad de poder acercar la carga al cuerpo son los aspectos que pueden mejorar este factor.

El factor vertical es 1 cuando la carga se toma a 75 cm del suelo. Cualquier otro valor de V hará disminuir el factor VM, teniendo en cuenta que la diferencia V – 75 de la expresión está cerrada con barras de valor absoluto y que siempre será positiva.

El factor desplazamiento es 1 cuando la carga se desplaza verticalmente 25 cm (o menos), en caso contrario este factor actuará desfavorablemente.

En el factor asimetría, cualquier valor de A actuará desfavorablemente.

FACTOR DE FRECUENCIA (MF)

Frecuencia elevaciones/minuto	Duración del trabajo					
	≤ 1 h		≤ 2 h		≤ 8 h	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: los valores de V son en cm.

El factor frecuencia se obtiene en una tabla en la que se vincula la frecuencia de elevación con el tiempo de exposición al trabajo de manipulación de cargas y el tipo de movimientos y esfuerzos que se van a realizar (cuerpo entero o dos brazos) por el hecho de tomar la carga a cierta altura:

El valor del factor es 1 cuando las elevaciones se realizan a un ritmo de una vez cada 5 minutos y el tiempo de exposición es igual o menor a 1 hora.

Factor de acoplamiento: las cargas dotadas de buenos acoplamientos o asas facilitan su elevación. Por otra parte, está demostrada la influencia que tiene la altura de recogida V. En la tabla se establece el valor del factor.

FACTOR DE ACOPLAMIENTO

	Factores de acoplamiento	
Acoplamientos	**V < 75 cm (30 pulgadas)**	**V ≥ 75 cm (30 pulgadas)**
Bueno	1,00	1,00
Regular	0,95	1,00
Pobre	0,90	0,90

Límites de aplicación del método

La ecuación de elevación es una herramienta especializada en establecer riesgos, y, como tal, su aplicación se limita a aquellas condiciones para las cuales fue diseñada. La ecuación de elevación se diseñó conjugando conceptos y datos de los criterios biomecánico, fisiológico y psicofísico, ya expuestos anteriormente. Con objeto de que en el análisis de un trabajo determinado de elevación se reflejen cuidadosamente las condiciones y criterios contemplados en el diseño de esta fórmula, la ecuación debe aplicarse correctamente. La siguiente relación identifica una serie de condiciones de trabajo que en la aplicación de la ecuación de elevación podría sobrestimar o infraestimar el riesgo de dolores o lesiones lumbares.

Cada una de las siguientes limitaciones de la tarea requiere una investigación adicional para que se pueda extender la aplicación de la ecuación de elevación a un rango mayor de condiciones, según cómo se nos presentan en el mundo laboral real.

1. La ecuación de elevación asume qué operaciones manuales distintas de la elevación no requieren de un gasto energético importante, especialmente cuando se desarrollan elevaciones repetitivas. Ejemplos de operaciones distintas de la elevación son: sostener cargas, empujar, tirar, transportar, andar, subir, etc. Si estas actividades son comunes en una tarea, es necesario obtener el gasto energético y el ritmo cardíaco para establecer las demandas metabólicas de dicha tarea.

2. La ecuación de elevación de 1991 no incluye factores que consideren condiciones inesperadas, tales como caídas, deslizamientos, etc. Se requieren análisis biomecánicos adicionales para establecer el esfuerzo físico al que va a estar sometida una articulación afectada por un incidente traumático. Por otra parte, cuando las condiciones ambientales son desfavorables (temperatura y humedad que están fuera del rango de 19° a 26° y 35 % a 50 %, respectivamente) sería necesario valorar el efecto de estas variables sobre la tasa cadíaca y el gasto energético.

3. La ecuación de elevación de 1991 no se ha concebido para ciertas tareas de elevación: con una sola mano, en posturas sentadas o arrodilladas, en espacios insuficientes, en manejo de personas, de objetos fríos, calientes o contaminados, etc., que se efectúan a una velocidad de elevación fuera del rango de 2-4 segundos. Para estos tipos de trabajo es necesario establecer estudios biomecánicos, metabólicos y psicofísicos específicos.

4. La ecuación de elevación de 1991 asume que el acoplamiento trabajador/suelo tiene un coeficiente estático de fricción de al menos 0,4 (preferible 0,5) entre la suela del zapato y la superficie de trabajo. Esto es necesario para evitar accidentes por deslizamientos en las tareas de elevación. Este coeficiente de fricción de 0,4 a 0,5 es comparable al que se da cuando se utilizan suelos lisos y secos y suelas de zapatos de cuero, limpias y secas. Se pueden utilizar modelos biomecánicos independientes para estudiar variaciones del coeficiente de fricción.

5. La ecuación de 1991 asume que las tareas de elevación y de descarga tienen el mismo riesgo de lesiones lumbares (por ejemplo, elevar una caja desde el suelo a una mesa es igual de peligroso que descender la misma caja desde la mesa al suelo). Esto puede que no sea cierto si se considera que el trabajador, en la operación de descenso, tira o sólo guía la caja hacia el suelo. Es necesario realizar estudios psicofísicos para establecer la capacidad de los trabajadores en diferentes condiciones de descarga.

Como conclusión, la ecuación de elevación es sólo una herramienta, dentro del esfuerzo para prevenir los dolores y lesiones de la columna lumbar producidos por los trabajos de elevación de cargas. La elevación es una entre las muchas causas que producen estos trastornos; éstas pueden ser: vibración de cuerpo entero, posturas estáticas, postura sentada prolongada, trauma directo de la zona lumbar, etc. Los factores psicosociales, los tratamientos médicos adecuados, las demandas de la tarea, pueden influenciar la transición de un dolor agudo de espalda a un trastorno crónico.

Concepto de «microtraumatismos repetitivos» (MTR)

Como vimos en el capítulo 2, el movimiento corporal está basado en la contracción muscular. Esta acción se transmite por medio de los tendones a los huesos, venciendo o soportando la reacción correspondiente.

La ingente cantidad de movimientos que pueden efectuar los distintos segmentos corporales durante toda una vida demuestra la perfección de la máquina humana. Pero incluso esta máquina, como le ocurre a todas, tiene sus límites y de igual forma que en un automóvil un elevado número de revoluciones por minuto del eje del motor puede suponer riesgos de calentamiento y, en el peor de los casos, del bloqueo del motor, también, según la frecuencia con que se efectúen los distintos movimientos corporales, podría tener efectos nocivos similares.

La fuerza desarrollada por un músculo es proporcional al número de sus fibras puestas en juego, por ello, cuando ejercemos la máxima fuerza posible se contraen en ese preciso momento la mayoría de las fibras musculares, liberando cada una de ellas, de forma casi simultánea con las demás, su energía, agotándose de esta forma. El hecho de que el músculo requiera de cierto tiempo para recuperar su energía, mayor en la medida en que existan más fibras agotadas (paso de ADP a ATP, capítulo 2), determina que para cada tipo de movimiento, cuanto mayor sea la cantidad de fuerza ejercida, tanto más lo será el tiempo necesario para la recuperación.

Por ello, el principio que podemos deducir de lo expuesto hasta ahora es que: «para cada tipo de movimiento, según la entidad de la fuerza ejercida, se requiere un tiempo de recuperación que determina la frecuencia con que se puede efectuar dicho movimiento».

Además de lo expuesto, existen otras circunstancias que refuerzan este principio:

– En la medida en que se ejerce mayor fuerza, la propia compresión muscular dificulta la circulación sanguínea de la zona, produciéndose dos efectos no deseados:

Insuficiencia de oxígeno para completar las reacciones metabólicas que recuperan la energía en la fibra muscular.

Acumulación de los productos de desecho de las reacciones metabólicas: agua, gas carbónico, lactatos, etc., que deben ser evacuados por una adecuada circulación sanguínea.

– Trabajar a niveles próximos a la fuerza máxima o con elementos externos presionando el músculo actuante puede producir pequeñas roturas fibrilares, que pueden afectar tanto a los músculos como a los tendones, produciéndose la inflamación correspondiente. La regeneración de las fibras de los tendones es mediante la aparición de cicatrices que modifican la tersura de su superficie.

– El deslizamiento de los tendones a través de sus vainas sinoviales (en las zonas donde éstas existen) es de una extrema suavidad. No se ha conseguido artificialmente un coeficiente de rozamiento tan bajo como el que existe en el sistema: superficie de tendón, líquido sinovial, superficie de la vaina. Esto es debido a la tersura de los planos de contacto, así como al papel lubrificante del líquido sinovial.

Cuando los movimientos del tendón son muy amplios y frecuentes, el líquido sinovial que se genera puede resultar insuficiente, lo cual incrementa la fricción de las superficies deslizantes. Los primeros síntomas de este fenómeno pueden ser la sensación de calor y, posteriormente, de dolor, todo lo cual puede ser indicio de una inflamación.

La inflamación de una vaina tendinosa suele ser una respuesta de protección del cuerpo, siendo su propósito limitar la invasión bacteriana.

En estas circunstancias el deslizamiento es cada vez más forzado y la repetición de estos movimientos puede causar la inflamación de otros tejidos fibrosos que se deterioran estableciéndose una situación permanente (crónica) de la vaina tendinosa dañada que impide el movimiento del tendón. En general, el término «tenosinovitis» se aplica a la situación que acabamos de describir en que está restringida la libre movilidad de un tendón, generalmente por inflamación del mismo tendón o de su vaina.

En esta enfermedad pueden darse muchas variedades clínicas, tales como la tenosinovitis estenosante, enfermedad de Quervain, síndrome del túnel carpiano, etc.

Es difícil encontrar una denominación que incluya todos los conceptos antes expuestos; los más extendidos son:

– Microtraumatismos repetitivos (MTR): nos da la idea de que se producen pequeños traumas en las tareas que demandan movimientos repetidos. De hecho, existe la teoría, quizá demasiado estricta, de que cada repetición de una actividad física produce alguna lesión, desgarro o deterioro en los tejidos y articulaciones del cuerpo humano.

– Trastornos por traumas acumulados (CTD): sugiere que los traumas se acumulan de forma gradual y que el problema se manifiesta de forma global, cuando al cabo del tiempo (meses e incluso años) los tejidos afectados disminuyen sus cualidades mecánicas y de funcionalidad. El efecto se hace patente en forma de inconfort, daño o dolor persistente en articulaciones, músculos, tendones, y otros tejidos blandos, con o sin manifestaciones físicas.

Las dos denominaciones se utilizan indistintamente y comparten el mismo significado, siendo éste la síntesis de los párrafos anteriormente expuestos.

En España se utiliza más el término de microtraumatismos repetitivos (MTR) y por ello es el que utilizaremos a partir de ahora.

Los MTR se producen por movimientos repetitivos, y también por vibraciones, posturas estáticas, etc. Es necesario considerar que estos factores pueden agravar trastornos que tengan su origen en problemas degenerativos o genéticos y que por ello no son de origen laboral.

Factores que influyen

Como ya se ha mencionado, los factores causantes más importantes de estos trastornos son:

- Repetitividad.
- Fuerza.
- Tipo de movimiento.

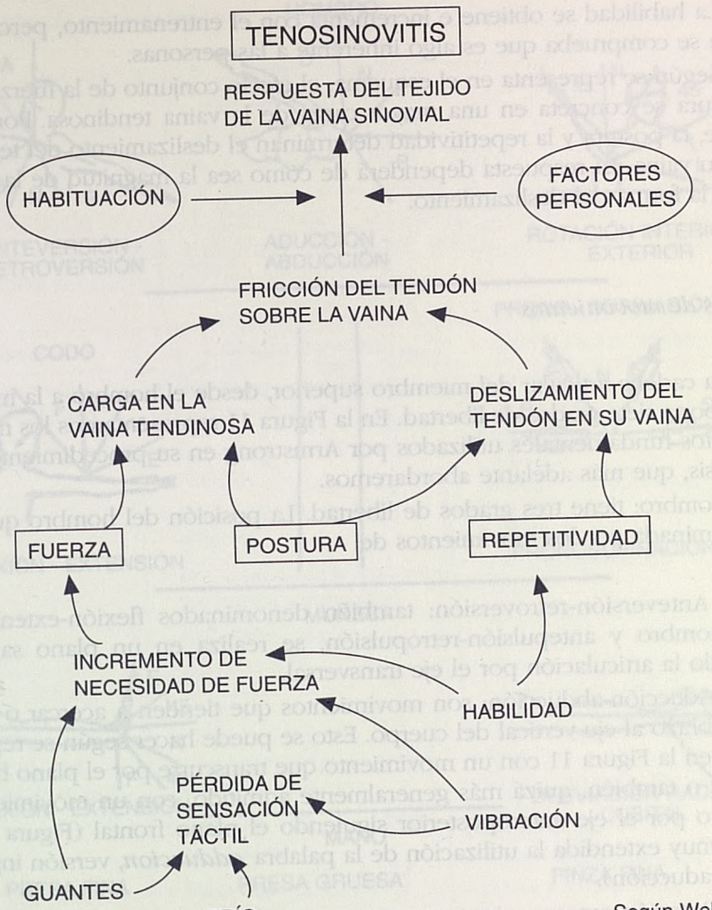
Vern Puzt-Anderson incluyen los factores de falta de descanso y de recuperación entre los primeros a tener en cuenta. Cada uno de estos factores, tomados de forma individual, incrementa la prevalencia de los MTR, pero existe un sinergismo, un efecto multiplicador cuando ellos actúan de forma simultánea.

En la actualidad existen estudios serios para establecer las relaciones que permitan predecir el riesgo de MTR en función de los valores de los parámetros mencionados. Pero todavía no disponemos de la ecuación definitiva que pueda integrarse dentro de los procedimientos de estudio de trabajo.

Un ejemplo de cómo se combinan todos los factores para producir los MTR es el que se presenta en el esquema de Wells en la generación de una tenosinovitis (Figura 10).

En este esquema se representa la relación de los factores actuantes en el origen de una tenosinovitis.

Los factores externos, como la necesidad de utilizar guantes, generan una mayor necesidad de fuerza por parte del trabajador que la demandada por la misma tarea sin guantes. Ello es debido a la pérdida de sensibilidad táctil que descontrola la información que recibe el cerebro desde las manos por medio de los nervios aferentes, respondiendo, como «curándose en salud», con más fuerza de la necesaria. Este efecto se presenta también cuando hace frío o cuando existen vibraciones.



Según Wells

Figura 10

Hemos comprobado que la habilidad en el desarrollo del trabajo manual es importante y que los mismos movimientos se efectúan con diferente soltura según el trabajador que los realiza. Cuando existe armonía de movimientos, éstos se efectúan de forma suave y con menor esfuerzo muscular. En otras ocasiones, los movimientos que efectúan los trabajadores menos hábiles son secuencias de gestos convulsivos que, frecuentemente, resultan ser más dañinos.

La habilidad se obtiene e incrementa con el entrenamiento, pero también se comprueba que es algo inherente a las personas.

Según se representa en el esquema, el efecto conjunto de la fuerza y la postura se concreta en una mayor carga de la vaina tendinosa. Por otra parte, la postura y la repetitividad determinan el deslizamiento del tendón en su vaina. La respuesta dependerá de cómo sea la magnitud de la fuerza y la forma del deslizamiento.

Tipos de movimientos

La cadena articular del miembro superior, desde el hombro a la mano, comporta siete grados de libertad. En la Figura 11 representamos los movimientos fundamentales utilizados por Armstrong en su procedimiento de análisis, que más adelante abordaremos.

Hombro: tiene tres grados de libertad. La posición del hombro queda determinada por los movimientos de:

– Anteversión-retroversión: también denominados flexión-extensión del hombro y antepulsión-retropulsión, se realiza en un plano sagital girando la articulación por el eje transversal.

– Aducción-abducción: son movimientos que tienden a acercar o alejar el brazo al eje vertical del cuerpo. Esto se puede hacer según se representa en la Figura 11 con un movimiento que transcurre por el plano horizontal o también, quizá más generalmente admitido, con un movimiento de giro por el eje anteroposterior siguiendo el plano frontal (Figura 12) (Está muy extendida la utilización de la palabra *adduccion,* versión inglesa de aducción).

– Rotación externa e interna: este movimiento se realiza girando sobre el eje longitudinal del húmero, pudiendo estar situado el hombro en cualquier posición.

Codo: el codo es la articulación que une el segmento brazo con el antebrazo. Sólo presenta un tipo de movimiento, el de flexión-extensión.

Antebrazo: la pronosupinación es un movimiento que implica a dos articulaciones, radiocubital superior y radiocubital inferior, y que consiste en la posibilidad de que el antebrazo pueda rotar en torno a su eje longitudinal. Éste es uno de los movimientos más importantes, ya que es indispensable para controlar la actitud de la mano.

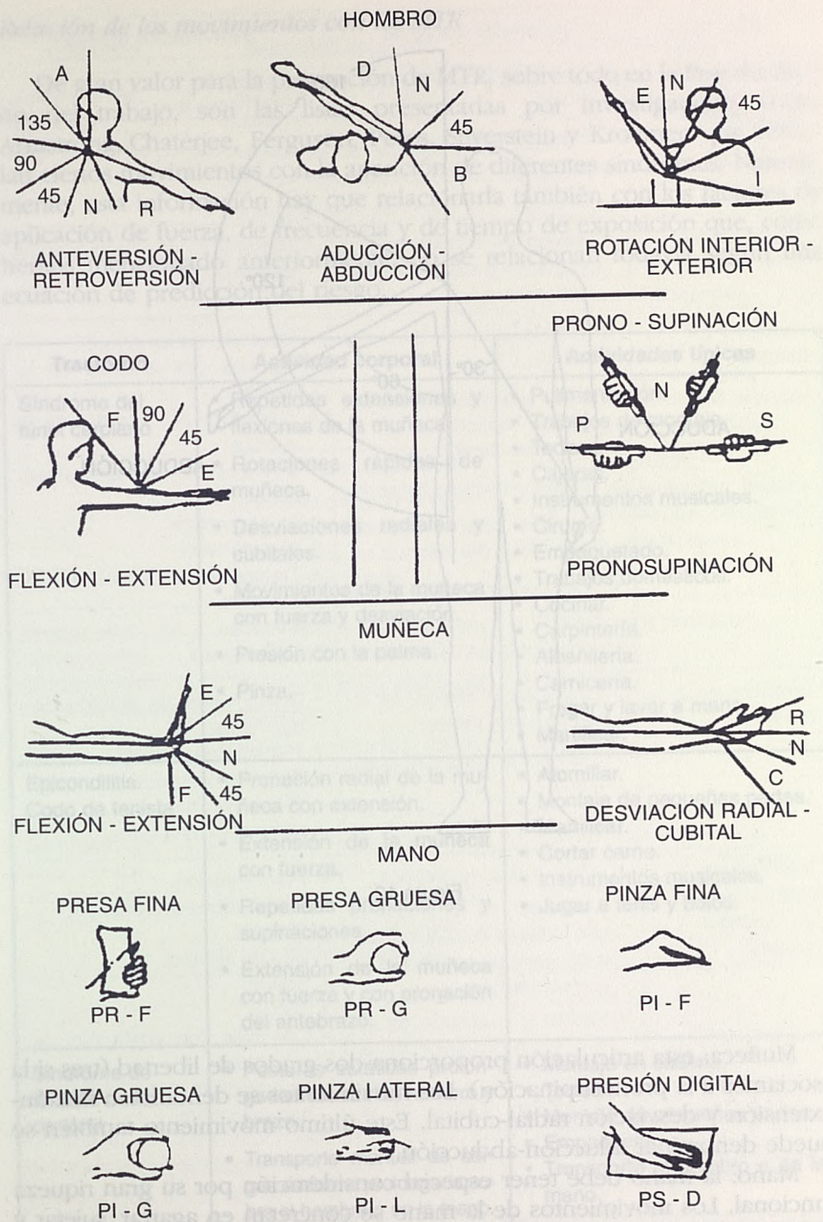


Figura 11

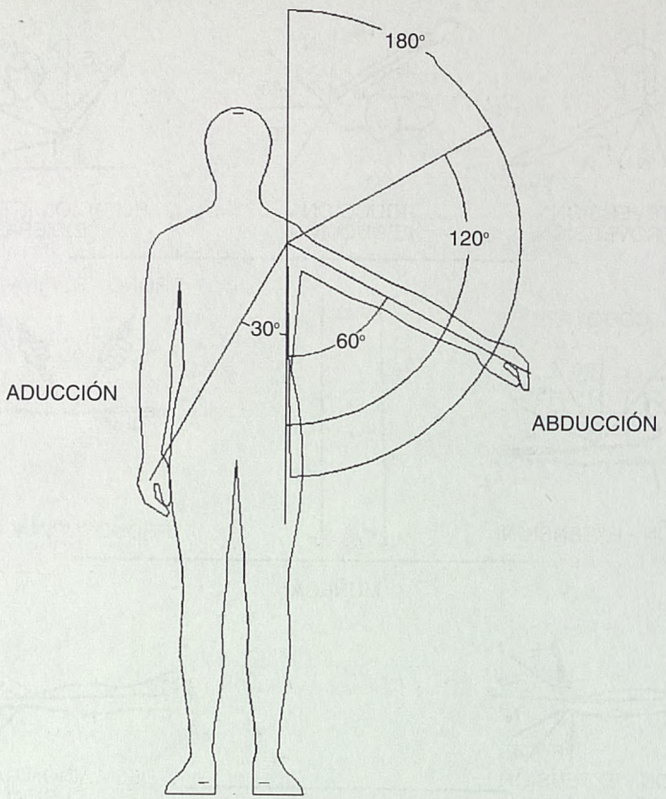


Figura 12

Muñeca: esta articulación proporciona dos grados de libertad (tres si la asociamos a la pronosupinación). Los movimientos se denominan flexión-extensión y desviación radial-cubital. Este último movimiento también se puede denominar aducción-abducción.

Mano: la mano debe tener especial consideración por su gran riqueza funcional. Los movimientos de la mano se concretan en agarrar, sujetar y ejercer presiones.

Relación de los movimientos con los MTR

De gran valor para la prevención de MTR, sobre todo en la fase de diseño del trabajo, son las listas presentadas por investigadores como Armstrong, Chaterjee, Ferguson, Peres, Silverstein y Kroemer, que vinculan ciertos movimientos con la aparición de diferentes síndromes. Naturalmente, esta información hay que relacionarla también con los factores de aplicación de fuerza, de frecuencia y de tiempo de exposición que, como hemos mencionado anteriormente, no se relacionan todavía según una ecuación de predicción del riesgo.

Trastorno	Actividad corporal	Actividades típicas
Síndrome del túnel carpiano	• Repetidas extensiones y flexiones de la muñeca. • Rotaciones rápidas de muñeca. • Desviaciones radiales y cubitales. • Movimientos de la muñeca con fuerza y desviación. • Presión con la palma. • Pinza.	• Pulimentación. • Trabajos de montaje. • Teclear. • Cajeras. • Instrumentos musicales. • Cirugía. • Empaquetado. • Trabajos domésticos. • Cocinar. • Carpintería. • Albañilería. • Carnicería. • Fregar y lavar a mano. • Martillear.
Epicondilitis. Codo de tenista	• Pronación radial de la muñeca con extensión. • Extensión de la muñeca con fuerza. • Repetidas pronaciones y supinaciones. • Extensión de la muñeca con fuerza y con pronación del antebrazo.	• Atornillar. • Montaje de pequeñas partes. • Martillear. • Cortar carne. • Instrumentos musicales. • Jugar a tenis y bolos.
Síndrome de tensión de la cervical	• Posturas estáticas prolongadas del cuello, hombro y brazo. • Transporte manual de cargas de forma prolongada sobre el hombro o en la mano.	• Montaje en cadena. • Teclear. • Montaje de pequeñas partes. • Empaquetar. • Transporte al hombro o en la mano.

(Continuación)

Trastorno	Actividad corporal	Actividades típicas
Síndrome del pronador redondo	• Rápida pronación del antebrazo. • Pronación con fuerza. • Pronación con flexión de la muñeca.	• Soldadura. • Pulimentación.
Síndrome del túnel radial	• Flexión de la muñeca con pronación o supinación del antebrazo.	• Utilización de herramientas manuales.
Tendinitis del hombro	• Abducción y flexión del hombro. • Brazo extendido en abducción o flexionado en el codo más de 60°. • Elevación continua del codo. • Trabajos con las manos por encima del hombro. • Transporte de carga en el hombro. • Lanzar objetos.	• Operaciones de presión. • Montaje por encima de la cabeza. • Soldadura por encima de la cabeza. • Trabajos de montaje en cadena. • Empaquetado. • Almacenado. • Trabajos de construcción. • Carteros. • Alcances. • Elevaciones.
Tendinitis en la muñeca	• Extensión y flexión de la muñeca con fuerza. • Desviación cubital con fuerza.	• Operaciones de presión con las manos. • Trabajos de montaje. • Trabajos con cables. • Empaquetado. • Utilización de alicates.
Tenosinovitis. Síndrome de De Quervain Ganglión	• Movimientos de muñeca. • Extensión de la muñeca con fuerza y desviación cubital mientras se empuja o con supinación. • Flexión y extensión de la muñeca con presión en la base palmar. • Rotaciones rápidas de la muñeca.	• Pulimentación. • Operaciones con presión. • Cirugía. • Uso de alicates. • Serrar. • Cortar. • Controles tipo acelerador de motocicleta. • Operación de exprimir la ropa para escurrirla.

(Continuación)

Trastorno	Actividad corporal	Actividades típicas
Síndrome del conducto torácico	• Transporte de cargas pesadas con las manos. • Transporte de cargas en los hombros. • Hiperextensión del brazo. • Alcances por encima de la cabeza.	• Pulimentación. • Montajes por encima de la cabeza. • Soldadura por encima de la cabeza. • Teclear. • Cajeras. • Enfilado. • Instrumentos musicales. • Cirugía. • Conductor de camión. • Manipulación de cargas. • Transporte de cargas pesadas con los brazos extendidos.
Dedo en gatillo	• Flexión repetida del dedo. • Mantener doblada la falange distal del dedo mientras permanecen rectas las falanges proximales.	• Presionar gatillos. • Utilizar herramientas manuales con mangos demasiado grandes para la mano.
Atrapamiento del nervio cubital. Síndrome del canal de Guyón	• Extensiones y flexiones prolongadas de la muñeca. • Presión sobre la eminencia hipotenar. • Flexión mantenida del codo con presión del encastre cubital.	• Instrumentos musicales. • Carpintería. • Albañilería. • Utilización de alicates. • Soldadura. • Martillo.
Síndrome del dedo blanco. Síndrome de Raynaud	• Agarre de herramientas con vibración. • Utilización de herramientas manuales que dificultan la circulación sanguínea.	• Sierra mecánica manual. • Herramientas con vibración. • Ambientes fríos.

Descripción de algunos síndromes

Aparte de los numerosos tipos de tendinitis, inflamación de los tendones sin estar involucradas vainas tendinosas, describimos, a modo ilustrativo, los tres tipos de MTR más comunes en la práctica laboral.

– Síndrome del túnel carpiano: los huesos carpianos forman en la parte palmar una concavidad o canal que se cierra, formando un túnel,

mediante un ligamento. Por esta abertura pasan, todos los tendones flexores de la mano que proceden de músculos que están situados en el antebrazo y los vasos sanguíneos. En caso de inflamación o de posición de la muñeca distinta de la neutra, la superficie de paso de la abertura se hace insuficiente y como consecuencia se genera una compresión del nervio mediano. Por ello, síntomas de dolor, entumecimiento y hormigueo de la mano son característicos de esta situación.

– Epicondilitis: de las tres prominencias que existen en el codo, la externa corresponde al epicóndilo. Los tendones unidos a este punto, exentos de vainas tendinosas, pueden irritarse por sobreesfuerzos o sobretensiones. La epicondilitis se presenta tras reiterados movimientos de pronosupinación combinados con flexoextensión del codo.

Consideramos interesante un estudio de Tichauer sobre la influencia del ángulo de flexión del codo cuando se efectúan operaciones de atornillado (pronosupinación).

Como vemos en el esquema (Figura 13), cuando el brazo está más extendido (a partir de 120° de ángulo relativo, no anatómico) se producen más casos de dolor de codo.

– Bursitis: una cápsula sinovial es una pequeña glándula llena de líquido, revestida con membrana sinovial. Previene la fricción entre tendones ya que proporciona una suave amortiguación. Un tendón utilizado frecuentemente, sobre todo si ya está rugoso, puede irritar su cápsula sinovial adyacente, ocasionando una reacción inflamatoria llamada bursitis, que es similar a la inflamación de las vainas tendinosas. La bursitis inhibe el movimiento libre del tendón, y por ello reduce la movilidad de la articulación.

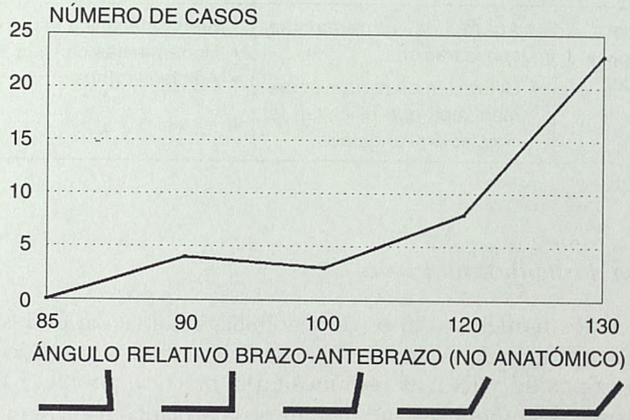


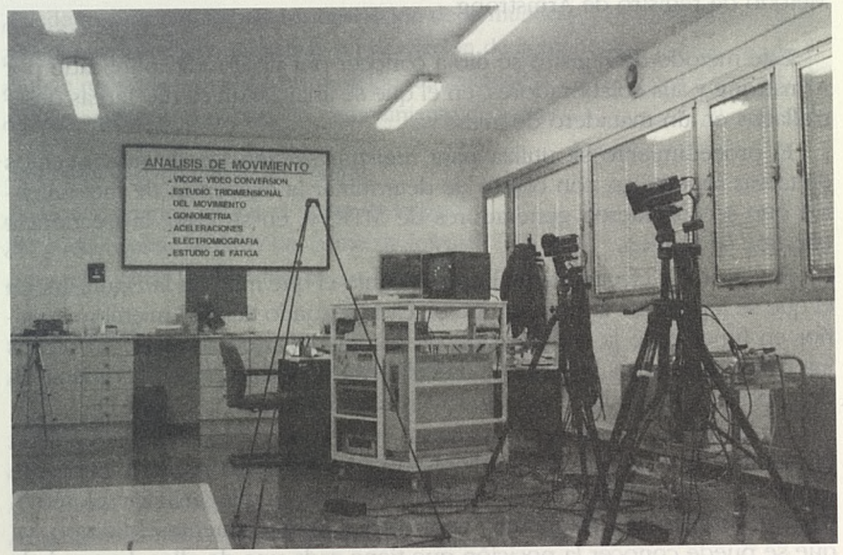
Figura 13

Métodos de análisis

Los métodos de análisis del trabajo varían dependiendo de los medios de que se disponga, desde listas de chequeo, conteniendo todos los factores posibles, y que son procedimientos asequibles a cualquier responsable de la salud laboral de una empresa, a métodos sofisticados de análisis de movimientos (infrarrojos, ultrasonidos, etc.).

El Instituto de Ergonomía MAPFRE utiliza el sistema VICON (Vídeo Conversión) que, mediante técnicas de infrarrojo y un avanzado sistema informático, permite obtener información tridimensional del movimiento (posiciones, trayectorias de segmentos corporales, velocidades, aceleraciones, etc.). El sistema se completa con un electromiógrafo de superficie de diez canales para analizar, en tiempo real, la actividad muscular asociada a cada movimiento o postura de trabajo. Este sistema tiene una gran aplicación en el análisis y diseño de puestos de trabajo y también en la valoración de la capacidad funcional de un individuo para desarrollar un esfuerzo concreto.

Una tendencia cada vez más extendida y que proporciona buenos resultados es analizar los movimientos partiendo de los análisis efectuados por los ingenieros de métodos y tiempos.



Equipo VICON para el estudio tridimensional del movimiento. INERMAP (Instituto de Ergonomía MAPFRE).

Test de Michigan

Este cuestionario ha sido desarrollado y aplicado por el equipo del Centro de Ergonomía de la Universidad de Michigan.

Este test presenta una lista de preguntas a las que hay que contestar afirmativa o negativamente. En función de las respuestas negativas existirá mayor número de factores de riesgo.

Cuestionario de Keyserling

El cuestionario de Keyserling, también diseñado por el equipo del Centro de Ergonomía de la Universidad de Michigan, se ha concebido para ser utilizado por personas no especialmente expertas, y sirve para descartar puestos, por carencia de riesgos, cuando en su cumplimentación sólo se tachan los signos «o». Cuando se tachan signos √ o *, hay que analizar el puesto más profundamente.

Método de registro de Armstrong

Este método de registro se dio a conocer por un estudio publicado por Armstrong y sus colaboradores, en el que se analizaban ciertas tareas desarrolladas en un matadero de aves.

El procedimiento se utiliza para registrar secuencias de movimientos de tareas repetitivas, con objeto de determinar la existencia de movimientos que se consideren generadores de MTR, y, en su caso, la frecuencia con que se repiten.

El registro se efectúa en un impreso como el que muestra la Figura 14, en el que se representa la postura que en cada segundo tiene el miembro superior en función de la combinación de los ángulos que adoptan, en dichos intervalos de tiempo, las distintas articulaciones que componen la cadena. La descripción y los códigos representados se muestran en la Figura 11.

Las imágenes deben ser tomadas en el mismo puesto de trabajo por un ergónomo, con un medio audiovisual adecuado. El registro mediante cámara cinematográfica es adecuado, pues se puede analizar el movimiento, fotograma a fotograma, controlando perfectamente el tiempo, ya que se puede conocer la posición que tiene cada una de ellas dentro de la secuencia general. Pero, en la actualidad, el vídeo es de utilización más inmediata y es el procedimiento más empleado para estudios de campo.

TEST DE MICHIGAN

Factores de riesgo	**(Sí)**	**(No)**
Estrés físico:	( )	( )
¿Puede hacerse el trabajo sin que la mano o la muñeca entre en contacto con bordes agudos?	( )	( )
¿Operan sin vibraciones las herramientas?	( )	( )
¿Están las manos expuestas a temperaturas > 21° C?	( )	( )
¿Se puede realizar el trabajo sin guantes?	( )	( )
Fuerza:		
¿Exige el trabajo esfuerzos menores a 4-5 kg?	( )	( )
¿Puede hacerse sin pinzar los dedos?	( )	( )
Postura:		
¿Puede hacerse el trabajo sin flexión/extensión de la muñeca?	( )	( )
¿Pueden usarse las herramientas sin flexión/extensión de la muñeca?	( )	( )
¿Puede realizarse el trabajo sin desviación de la muñeca?	( )	( )
¿Pueden usarse las herramientas sin desviación de la muñeca?	( )	( )
¿Puede realizarse el trabajo en posición de sentado?	( )	( )
¿Puede realizarse el trabajo sin «retorcimiento de ropa»?	( )	( )
Equipamiento del puesto de trabajo:		
¿Se puede orientar/ajustar el plano de trabajo?	( )	( )
¿Se puede ajustar la altura del plano de trabajo?	( )	( )
¿Se puede variar la ubicación de las herramientas?	( )	( )
Repetitividad:		
¿El ciclo de trabajo es superior a 30 segundos?	( )	( )
Diseño de herramientas:		
¿Se solapan en el agarre el pulgar y el índice?	( )	( )
¿El tamaño del mango de agarre está entre 5 y 7 cm?	( )	( )
¿El peso de la herramienta es menor a 4 kg?	( )	( )
¿Está la herramienta suspendida?	( )	( )

(Todas estas condiciones indican una condición asociada con el riesgo de CTD'S.)

CUESTIONARIO DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES (Keyserling)

Información sobre el trabajador

¿Cuál es la mano dominante del operario? (rodear con un círculo) **Mano izquierda** **Mano derecha** **Ambas Manos**

Rodear con círculo a *, √ o «o» para responder a cada pregunta que sigue…

Repetitividad no sí

1. ¿Supone el trabajo el uso de las manos y las muñecas? o *

   Responde con un «sí», si cualquiera de las siguientes preguntas es verdad:

   a. El ciclo de trabajo tiene una duración inferior a 30 segundos.

   b. Las manos repiten los mismos movimientos/esfuerzos durante más de la mitad del ciclo de trabajo.

Presión mecánica	**Mano izquierda**		**Mano derecha**		
2. ¿Objetos o herramientas duros o agudos o partes del puesto de trabajo suponen una presión localizada en:	no	sí	no	sí	elementos
a. ¿El dorso o bordes de los dedos?	o	√	o	√	_____
b. ¿La palma o la base de la mano?	o	√	o	√	_____
c. ¿El antebrazo o el codo?	o	√	o	√	_____
d. ¿La axila?	o	√	o	√	_____
3. ¿Se utiliza la palma o la base de la mano como herramienta de choque (como martillo)?	o	√	o	√	_____
Fuerza					
4. ¿El trabajador levanta, transporta, empuja o tira de objetos que pesen más de 4,5 kg (10 libras)?	o	√	o	√	_____
5. ¿El operario agarra objetos o herramientas que tengan una superficie lisa o resbaladiza (sin textura o agarres de mano para reducir el deslizamiento)?	o	√	o	√	_____
6. ¿Se utiliza la yema del dedo o el pulgar como herramienta para apretar o empujar?	o	√	o	√	_____
7. Si no se utilizan guantes, marque la casilla y omita esta pregunta. ☐					
Si el operario usa guantes, ¿impiden éstos la acción de sujeción?	o	√	o	√	_____

	Mano izquierda			**Mano derecha**			
	no	habitualmente	más de 1/3 del ciclo	no	habitualmente	más de 1/3 del ciclo	elementos
8. ¿Agarra o sujeta el operario piezas o herramientas que pesen más de 2,7 kg (6 libras) por cada mano?	o	√	*	o	√	*	_____
Postura							
9. ¿Se utilizan agarres de pinzas?	o	√	*	o	√	*	_____
10. ¿Existe una desviación de la muñeca?	o	√	*	o	√	*	_____
11. ¿Existen movimientos de torsión o rotación del antebrazo?	o	√	*	o	√	*	_____
12. ¿Existen posiciones del brazo hacia abajo y por detrás del tronco?	o	√	*	o	√	*	_____
13. ¿Está situado el codo del brazo que actúa en, o por debajo, del punto medio de la altura del tronco?	o	√	*	o	√	*	_____
Herramientas, objetos sostenidos con la mano y equipos							
14. ¿Se transmiten vibraciones desde las herramientas u objetos a las manos del operario?	o	√	*	o	√	*	_____
15. ¿Incide aire frío de escape en la mano o muñeca?	o	√	*	o	√	*	_____
16. ¿Se utiliza el dedo en movimientos rápidos, como de disparo?	o	√	*	o	√	*	_____

	no	sí	no	sí	
17. ¿Está desequilibrada la herramienta u objeto?	o	√	o	√	_____
18. ¿La herramienta u objeto da sacudidas a la mano?	o	√	o	√	_____

Proporcionar una lista de todas las herramientas, objetos y equipos utilizados para contestar las preguntas 14-18.

Puntuación total = _____ (n.º de *) _____ (n.º de √)

Comentarios:

NOTAS ADICIONALES PARA EL CUESTIONARIO DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES

La mano dominante del trabajador es la que él/ella utilizaría para ajustar una herramienta (cuchillo, tijeras, destornillador, etc.). Pregúnteselo al trabajador.

Preguntas

1. Ciclo de trabajo: el tiempo necesario para finalizar una unidad de trabajo. En el caso de un trabajo en cadena de montaje de ritmo establecido, un ciclo está determinado habitualmente por la velocidad de la línea. Puede ser difícil definir las operaciones fuera de línea. Si existe un trabajo estandarizado, dé como tiempo el tiempo estándar. En cuanto a tareas de movimiento de materiales, un ciclo típico consiste en el procesamiento de un pallet, estante o cesta completa de piezas. Un ciclo completo puede incluir tareas como pueden ser la retirada de materiales de embalaje o la retirada de *stock* sobrante.

2. Una presión localizada sucede cuando un objeto se apoya sobre una pequeña zona del cuerpo; por ejemplo, mangos de tijeras presionando los dedos.

4. También se responde de forma afirmativa (**sí**) si se observa que el trabajador efectúa la acción de: tirar con fuerza, torsionar o tirar de los equipos de tal forma que parece que se requiere una fuerza importante (ej.: carretillas, herramientas, objetos o instrumentos suspendidos de izadas).

6. La yema del dedo es la parte que incluye la huella dactilar y la punta de la uña. Responde de forma afirmativa si:

a. Se utiliza el dedo o el pulgar para apretar vigorosamente una tapa, clip...

b. Se utiliza el dedo o el pulgar para apretar un botón que necesita más de 2 libras de fuerza para ponerlo en marcha.

No responda de forma afirmativa para las tareas que implican fuerzas ligeras, como puede ser la operación de alisar una etiqueta.

7. Los guantes pueden obstaculizar la acción de agarrar, si éstos son demasiado gruesos o ajustados, o limitar el sentido del tacto. Pregunte al operario si los guantes le causan problemas o no.

8 -15.

no: si no se realiza la actividad o se realiza con poca frecuencia.

habitualmente: se realiza la actividad habitualmente, pero el tiempo total gastado realizándola suma menos de 1/3 del tiempo total del ciclo.

más de 1/3 del ciclo: el tiempo total gastado realizando la actividad suma más de 1/3 del tiempo del ciclo.

8. Agarrando o sujetando una pieza o herramienta que pese más de 2,7 kg (6 libras) por cada mano; ello equivale a que un objeto que pesa 5,4 kg (12 libras) o más se sujete con las dos manos. Si se apoya el objeto con un contrapeso, la respuesta es negativa (**no**).

9. Agarres de pinza se refieren a la sujeción de objetos entre el pulgar y las yemas del dedo.

10. Se deben considerar las desviaciones de muñeca importantes en lugar de las ligeras.

11. Ejemplos: utilizando un destornillador manual; haciendo movimientos parecidos a los que se hacen para escurrir ropa mojada.

12. Se refiere a posición del brazo hacia abajo y por detrás del cuerpo.

17. Una herramienta está desequilibrada cuando tiene la tendencia a caer o desviarse de la posición deseada de utilización. Las herramientas con «contrapesos» pueden desequilibrarse si se producen momentos de reacción.

Pregúnteselo al operario.

La fracción de tiempo de cada registro, que en el gráfico lo hemos representado como de un segundo, se elegirá en función del propio ciclo y de los medios de que dispongamos. Existen programas informáticos que facilitan la introducción de registros y que pueden adoptar intervalos de fracción de segundo.

Un ejemplo real de aplicación es el representado en el gráfico de la Figura 15.

El gráfico indica 20 segundos que son representativos del 71 % de un ciclo de trabajo de una tarea repetitiva.

Observamos que, aparte de movimientos de hombros y codos, existen movimientos muy frecuentes de flexión y de extensión de la muñeca que coinciden con agarres de pinza finos en los que se ejerce una ligera fuerza.

Si tomamos como referencia la relación que figura en los cuadros que relacionan actividad corporal y trastornos, podemos concluir que en este trabajo se está expuesto, entre otros, al riesgo de síndrome del túnel carpiano.

Medidas ergonómicas para evitar los MTR

Una vez expuesta la etiología de este tipo de problemas, las medidas preventivas que hay que adoptar deben tender a minimizar la influencia de cada uno de los factores que intervienen: frecuencia del movimiento, fuerza aplicada en el movimiento, tipo de posturas adoptadas durante el movimiento y tiempo de exposición.

Frecuencia del movimiento

Este factor está directamente relacionado con la productividad. En la medida en que un trabajador efectúe más piezas en un tiempo determinado, el rendimiento es aparentemente mayor y por ello la empresa puede tratar de incentivar esta situación.

Afortunadamente, las empresas afectadas por este problema tienen, cada vez más, mayor conciencia de que esta circunstancia puede tener consecuencias muy negativas y que de forma progresiva se puede desencadenar:

- Incremento del absentismo.
- Menor rendimiento por la frecuente sustitución del personal de baja.

PUESTO DE TRABAJO

Tiempo (seg)	HOMBRO															CODO				PR - SU			MUÑECA						MANO							FUERZA	
	Anteversión-Retroversión						Abducción-Aducción				Rotación					Flexión-Extensión				Pr - Su			Flexión - Extensión				Desviación			Posición							+	−
	ANTEV.	135	90	45	NEUTRA	RETROV.	ADUCCIÓN	NEUTRA	45	ABDUCCIÓN	EXTENSIÓN	NEUTRA	45	INT.		FLEXIÓN	90	45	EXTENSIÓN	PRON.	NEUTRA	SUPINACIÓN	EXTENSIÓN	45	NEUTRA	45	FLEXIÓN	RAD.	NEUTRA	CUB.	PRESA F	PRESA G	PINZA F	PINZA G	PINZA L	PRESIÓN D	OTRA		
1	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
2	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
3	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
4	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
5	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
6	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
7	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
8	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
9	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
10	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
11	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
12	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
13	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
14	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
15	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
16	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
17	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
18	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
19	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
20	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		

Figura 14

PUESTO DE TRABAJO

Tiempo (seg)	HOMBRO															CODO				PR - SU			MUÑECA						MANO							FUERZA	
	Anteversión-Retroversión						Abducción-Aducción				Rotación					Flexión-Extensión				Pr - Su			Flexión - Extensión				Desviación			Posición							+	−
	ANTEV.	135	90	45	NEUTRA	RETROV	ADUCCIÓN	NEUTRA	45	ABDUCCIÓN	EXTENSIÓN	NEUTRA	45	INT.		FLEXIÓN	90	45	EXTENSIÓN	PRON.	NEUTRA	SUPINACIÓN	EXTENSIÓN	45	NEUTRA	45	FLEXIÓN	RAD.	NEUTRA	CUB.	PRESA F	PRESA G	PINZA F	PINZA G	PINZA L	PRESIÓN D	OTRA		
1	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
2	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
3	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		X
4	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
5	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
6	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		X
7	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
8	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
9	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		X
10	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
11	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
12	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
13	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		X
14	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
15	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
16	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		X
17	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
18	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		
19	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		X
20	A	\	–	/	N	R	D	N	/	B	E	N	/	I		F	I	/	E	P	N	S	E	/	N	\	F	R	N	C	F	G	f	g	I	D	O		

Figura 15

- Problema de recolocación, en la propia empresa, de trabajadores con incapacidad permanente para el trabajo que estaban desarrollando.
- Despido.
- Mal ambiente social, etc.

Por todo ello es normal que las empresas que tienen cierto nivel de organización eviten primas de producción en secciones con este tipo de riesgos y que efectúen estudios de trabajo utilizando criterios preventivos.

En el diseño del trabajo manual, se debe considerar la naturaleza de cada uno de los movimientos efectuados en un ciclo, con objeto de establecer tanto los tiempos de su ejecución como los de su recuperación, obteniendo, al integrar toda la secuencia, el tiempo total que debe durar el ciclo analizado, y, a partir de él, el ritmo de trabajo.

Se deben establecer ritmos inferiores para personas en período de aprendizaje y de adaptación, así como para personas que, aunque expertas, retornan a sus trabajos repetitivos después de ausencias prolongadas.

Fuerza aplicada en el movimiento

Silverstein propuso que movimientos que requieran un ejercicio repetitivo o mantenido, en el que se apliquen fuerzas de más del 30 % de las fuerzas musculares máximas establecidas para las cadenas cinéticas puestas en juego en cada movimiento, suponen riesgo de MTR.

La postura influye en la fuerza máxima. Una operación de punzonado, adoptando la muñeca una posición neutra, admite la aplicación de más fuerza que cuando está en postura flexionada.

La propia naturaleza de los materiales que se van a manipular, peso, grosor, forma, estado, idoneidad, etc., determina las fuerzas que exige la tarea. Un tornillo adecuado y en buen estado requiere menos esfuerzo en la operación de atornillar que otro que no cumpla estas características.

La función de las herramientas, aparte de facilitar la asequibilidad del movimiento, es la de disminuir la cantidad de la fuerza que se debe aplicar. Por ello en el estudio de trabajo se debe analizar la herramienta adecuada para cada operación.

Tipo de posturas adoptadas durante el movimiento

El diseño del trabajo debe evitar movimientos extremos, alejados de las posturas neutras (mostradas en la Figura 11). Muchas veces esto se logra

utilizando herramientas estudiadas a tal efecto. Por otra parte, también hemos observado que la utilización de herramientas inadecuadas puede ser el origen de problemas.

La altura del plano de trabajo determina la postura del brazo y con ello las distintas capacidades de que se dispone para ejercer fuerza con las manos. Como ya señalamos, en trabajos en que se debe ejercer fuerza el plano de trabajo se debe situar por debajo del calculado para un trabajo normal.

Los principios mencionados para evitar cargas estáticas, mediante sujeciones o soportes de brazos, son aplicables al diseño de este tipo de trabajos.

Tiempo de exposición

Una de las soluciones que generalmente hemos aplicado con éxito en este tipo de problemas es limitar el tiempo de exposición (a 2 o 4 horas), desarrollando el resto del tiempo trabajos en tareas que, aunque pueden ser también repetitivas, utilicen distintas secuencias de movimientos.

La aplicación de este principio, denominado enriquecimiento de tareas, supone, en muchas ocasiones, un cambio importante en la organización del trabajo que debe ser aceptado tanto por la dirección como por los trabajadores. Para conseguir esto, es fundamental un estudio profundo que ponga de manifiesto el problema y que justifique este tipo de solución.

En otras ocasiones, se presenta como mejor procedimiento para abordar el problema la automatización de los movimientos repetitivos. Esta solución es cara, pero puede resultar muy rentable si el número de piezas que hay que fabricar es lo suficientemente importante para que se justifique.

Psicosomática ocupacional (factores psicológicos de la patología biomecánica y su prevención)

Como se ha indicado al principio, la biomecánica es la ciencia para el estudio del cuerpo humano desde el punto de vista de la actividad física. De ahí que la biomecánica tenga mucho de «fisiomecánica», e incluso de «quimiomecánica», y muy poco de «psicomecánica», y aún menos de «sociomecánica».

O dicho de otro modo, se analizan escasamente los procesos de interiorización y las vivencias personales relacionadas con la percepción de los esfuerzos y de los riesgos biomecánicos, así como de las reacciones psicológicas ante los mismos.

Son varios los problemas de partida relacionados con las lesiones biomecánicas, tales como los sobreesfuerzos y, especialmente, los microtraumatismos repetitivos. Consideramos como principales los siguientes:

1. Las dificultades diagnósticas, incluido el papel de las recaídas, que pueden facilitar algunos efectos secundarios relacionados con las sinestrosis o las ganancias secundarias.
2. Las dificultades técnicas clasificatorias, entre los factores etiopatogénicos laborales y los extralaborales, o de éstos con los basados en una vulnerabilidad personal de origen endógeno.
3. Las dificultades de evaluación clínica, entre accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de muchas de estas lesiones; ya que, en gran medida, las lesiones biomecánicas comparten con las enfermedades profesionales las características de irreversibilidad, proceso acumulativo, largas latencias entre la exposición y la aparición de los síntomas, etc. Todo ello es escasamente aplicado, pero legalmente está reconocido en la Lista Española de Enfermedades Profesionales con las Relaciones de las Principales Actividades Capaces de Producirlas (Anexo al Real Decreto 1995/1978, de 12 de mayo, BOE de 25 de agosto).

Toda esta accidentabilidad, aun sin incluir los factores psicosociológicos, plantea una elevada complejidad y es frontera con muchos ámbitos técnicos, jurídicos y sociales.

Por todo ello, se van a concretar y limitar los aspectos psicológicos relacionados con el tema a los siguientes puntos:

1. La vulnerabilidad psicosomática.
2. La sinestrosis y las ganancias secundarias de las lesiones biomecánicas.
3. La percepción y representación mental de los riesgos biomecánicos.
4. Las bases para la prevención de las lesiones biomecánicas.

- Los análisis de los accidentes biomecánicos y sus efectos directos e indirectos.
- Los compromisos gerenciales y el contrato psicológico en la empresa.
- El papel de la ergonomía en la prevención de los riesgos biomecánicos.

La vulnerabilidad psicosomática

La percepción escindida acerca de las personas, formada por un cuerpo y un psiquismo separados, a modo de un *hardware* y un *software* sin

relación o emparentados a voleo, es cada vez más insostenible. Pero, a su vez, si bien son evidentes y admitidas muchas interacciones, entre el cuerpo y el psiquismo, queda mucho por descubrir en este campo.

Actualmente las interpretaciones psicosomáticas y somatopsíquicas, que tuvieron en Willheim Reich uno de los principales valedores, establecen que en el cuerpo se van grabando las experiencias vitales. Las reacciones corporales a los diferentes estados emocionales se estructuran y cronifican formándose «corazas musculares» a nivel corporal y estructuras caracteriales a nivel psíquico. El cuerpo se va convirtiendo en una callada autobiografía de las emociones.

Desde esta óptica, las somatizaciones son las transformaciones de los conflictos y tensiones psicológicas en alteraciones o enfermedades orgánicas. Estas transferencias hacia el cuerpo son, como en muchas otras afecciones, autoalimentadas. Esto es, partiendo de pequeños desajustes iniciales, un efecto patológico alimenta un síntoma y ambos se van mutuamente reforzando y amplificando.

La única precaución del diagnóstico psicosomático es la derivada del principio de parsimonia en ciencia: si dos planteamientos pueden explicar igualmente un mismo fenómeno, se debe optar por el menos rebuscado o indemostrable.

Las somatizaciones, además de los desarrollos patológicos, pueden ser observadas e interpretadas preclínicamente mediante la expresión del cuerpo y la conducta.

Los intentos de lectura corporal, esto es, la posibilidad de inferir determinados caracteres o rasgos psicológicos a partir de la anatomía, han sido múltiples y, en el siguiente cuadro, se resumen los principales intentos.

Considerando ahora los aspectos más patológicos, se comprueba que el sistema cardiovascular y el sistema digestivo son especialmente vulnerables y receptivos a las somatizaciones, si bien es el sistema oseomuscular el más amplio compartimento de los mismos.

Se puede comprobar, y no debe ser casual, que las zonas más críticas, tanto desde el punto de vista biomecánico como psicosomático, son las zonas altas del cuello-espalda y la zona pelviana-lumbar. Constituyen los dos polos de expresión y de lectura corporal más significativos de lo que se ha denominado el eje del «yo», esto es, la columna vertebral.

Así, los dolores del cuello y de la espalda superior se asocian con la cronificación de las tensiones producidas por las excesivas responsabilidades asumidas, así como por las necesidades de autocontrol de la expresión de ira bloqueada e inhibida por una excesiva rectitud y rigidez personal.

Para Reich, una hiperlordosis en la zona lumbar era un claro síntoma de rigidez y contención de los impulsos sexuales.

En general, la actitud recta y rigurosa de estas personas, respecto a sus problemas con la espalda, se ve agudizada con su actitud ante las posibles terapias; porque, como indica la doctora Olbricht, médico jefe del departamento de psicosomática de la clínica Wickerlebad Wildungen de Alemania, llama la atención que son precisamente estas personas con molestias de espalda las que más tienden a sabotear las terapias blandas, y tienden a reclamar las terapias más duras, incluidas las intervenciones quirúrgicas. Esta actitud resistente ante las terapias blandas, como el reposo, la hidroterapia, la relajación inducida, etc., resulta doblemente difícil, dada la necesidad de estas personas a renunciar a su principal vía de autoestima personal, como es el rendimiento, y dada la tendencia de estas personas a dar, más que a recibir, ayuda.

De aquí que, desde el enfoque psicosomático, los problemas de simulación de las dolencias biomecánicas se vuelve muy complicado, ya que el dolor se puede escenificar con mayor o menor credibilidad, pero una personalidad no se improvisa fácilmente.

PSICOSOMATOTIPOS

AUTORES	BIOTIPOS BÁSICOS	PRINCIPALES ORIENTACIONES
Hipócrates/ Pavlov	– Sanguíneos – Flemáticos – Coléricos – Melancólicos	(Aspectos temperamentales)
E. Kretschmer	– Leptosomático – Atlético – Pícnico	(Aspectos morfológicos)
W. H. Sheldon	– Endomórfico – Mesomórfico – Ectomórfico	(Aspectos morfogénicos)
Sigaud	– Respiratorio – Digestivo – Muscular – Cerebral	(Aspectos morfológicos)
A. Lowen	– Oral – Masoquista – Histérico – Fálico-narcisista – Pasivo-femenino – Esquizoide	(Aspectos caracteriales y economía energética)

En términos generales, aunque es difícil demostrar rigurosamente el alcance de estas interferencias, fuera de los mapas de las intuiciones y contraintuiciones formadas en la práctica clínica, muchos autores asumen relaciones muy claras, como las expuestas resumidamente en los siguientes ejemplos:

Artrosis: relación con la inhibición de los impulsos agresivos, lo que supone autocontrol en estado de resistencia permanente.

Infarto: relación con la cronificación de la inspiración respiratoria, a su vez asociado a sentimientos de haber sido herido y/o relacionado con pánicos inconscientes.

Jaquecas: derivadas de dificultades y bloqueos de la expresión corporal y emocional.

Asma: relacionado con fuertes conflictos de independencia y protección.

Respecto al cáncer, se trae aquí a colación porque, a pesar de ser una de las enfermedades más inequívocamente somáticas, también es uno de los casos donde la etiología hunde sus raíces en todos los campos de la medicina y la psicología. Ya Galeno, con la clasificación hipocrática señalada, hizo observaciones respecto al cáncer de mama y los temperamentos. Reich daba una interpretación «psicológica» del comportamiento celular y se refería a que mientras, por ejemplo, una alergia equivalía a una respuesta bioquímica neurótica del organismo, en cuanto respuesta desproporcionada a la amenaza real de un estímulo extraño, el cáncer lo interpretaba como una respuesta «psicótica» celular, en cuanto a la pérdida del sentido de la realidad para la supervivencia biológica.

En el ámbito laboral, las interpretaciones de las posibles afecciones psicosomáticas van a estar muy relacionadas con las condiciones de trabajo. Unas responsabilidades excesivas o una elevada incertidumbre sobre las funciones o las decisiones a tomar van a repercutir necesariamente en el cuerpo.

Torës Theorell, del Instituto de Medicina Ambiental de Suecia, afirma que, por ejemplo, el trabajo repetitivo afecta a todo el organismo y no solamente a los músculos, y que el aburrimiento que supone el trabajo repetitivo incrementa el estrés a través del cortisol, la irritación, la frustración, etc.

Es conocido que la estimación del tiempo se alarga considerablemente en tareas tediosas, en la medida en que la apreciación se efectúa, en parte, mediante la interpretación del estado corporal, que sin duda se percibe como más cansado.

La fatiga física y el estrés psicológico van íntimamente ligados y van a modificar desde las percepciones los estados emocionales.

Donde exista monotonía o estrés, existirá falta de motivación y, junto con un clima laboral deficiente, no solamente van a aparecer ineficacias, sino también será el caldo de cultivo de las llamadas lesiones biomecánicas. Este autor sueco considera que el trabajo repetitivo produce un tipo de incapacidad que lo denomina incapacidad condicionada, esto es, producida por la situación psicosomática.

Sinestrosis y las ganancias secundarias de los accidentes

En un sistema complejo, como en una sociedad o una empresa, se pueden observar fenómenos emergentes de difícil explicación, especialmente aquellos relacionados con los que tienen una base de interpretación probabilística, como los accidentes.

El análisis psicosociológico de los accidentes estudia fenómenos tales como el denominado «contagio social», o la existencia de «vasos comunicantes» entre aspectos próximos y posiblemente relacionados, como puede ser todo el absentismo de difícil justificación y la accidentabilidad difusa, señalada al principio.

La Ley de Wilde de la compensación del riesgo, dentro de la teoría homeostática del riesgo –que se considera verificada, especialmente en la accidentabilidad automovilística– viene a decir que, en un sistema, como por ejemplo una sociedad, se produce el número de accidentes que dicha sociedad está dispuesta a aceptar para ese riesgo; y que, mientras no se «enciendan las alarmas», no se darán las condiciones para producir un cambio de actitudes y de resultados favorables.

O expresado textualmente: «la única variable independiente verdadera en el proceso circular de la producción de accidentes es la cantidad de riesgo que la gente está dispuesta a aceptar», esto es, «el arte de dirigir una seguridad efectiva es el arte de limitar la cantidad de riesgo aceptado por las personas» (Gerald J. N. Wilde, del Departamento de Psicosociología, Queen's University de Kinston, Ontario, Canadá).

Esto significa que, combinando las leyes de los grandes números y la de la tendencia a la medida que se producen a nivel macroscópico o social, con la de los «pequeños números», que nos informa del carácter irregular de la distribución de los sucesos raros, como los accidentes –estadísticamente hablando–, y especialmente a nivel «micro», como en una empresa, es posible deducir un espacio para las conductas irregulares.

La sinestrosis es el término que se emplea cuando se presume una agudización inconsciente de unos síntomas normalmente físicos con posterioridad a un accidente, y que tienden a remitir solamente cuando se ha obtenido un determinado beneficio, que fundamentalmente es económico.

Es evidente que este cuadro, que a veces se denomina «neurosis de renta o de pensión», puede mezclarse con otros síntomas, como los de una «neurosis de expectativa» sobre la curación o con los efectos postraumáticos del propio accidente.

A esto hay que añadir que, en el medio laboral, los móviles o expectativas de beneficio pueden ser otras que las económicas, como puede ser la retirada temporal o definitiva de unas condiciones de trabajo adversas, penosas o conflictivas, los cambios sobre la calificación de una incapacidad, o simplemente el cambio de puesto por otro más interesante. Todo junto, los posibles efectos postraumáticos (somatizados) y los de una posible sinestrosis (inconsciente), junto con la búsqueda deliberada de unas ganancias secundarias, puede presentar un cuadro inexcrutable, incluso para el propio interesado.

Las ganancias secundarias derivan de una actitud de buscar el lado positivo de las cosas, incluso de aquellas que se consideran totalmente negativas, como son los accidentes.

Evidentemente, en el caso de los accidentes graves o serios, es prácticamente imposible encontrar la más mínima brizna de lo «bueno de lo malo», salvo el «podría haber sido peor» y otras compensaciones psicológicas parecidas.

Dicho esto, es posible que los accidentes, como las crisis, prácticamente nadie los busque deliberadamente, pero cuando se producen, y no son muy amenazantes a la salud o a la integridad física, como puede suceder con muchos de los «tirones», contracturas, dolores musculares, etc., si se producen en un medio laboral o con unas condiciones de trabajo indeseables, cabe esperar que se mezclen con actitudes secundarias ganancias. Esto aparte de lo que se pueda añadir de las somatizaciones y de la sinestrosis. Todos estos elementos combinados son los que pueden constituir las bases de lo que se denominó incapacidad condicionada.

De este tipo de incapacidad condicionada, inflacionaria o absentista, no se conoce exactamente su incidencia, pero hay muchas razones para pensar que no es tan elevada como muchas veces se conjetura. Hay que considerar, por un lado, la fuerte tendencia al estereotipo dada la sencilla representación mental que se suele tener de la actitud absentista (y se sabe que, cuando sobre un suceso se puede elaborar una representación mental, automáticamente se le atribuye mayor probabilidad que si no se puede imaginar un escenario mental para el caso); y, por otro lado, y principalmente, entre la actitud ganancial y la actitud fraudulenta de la si-

4 Criterios biomecánicos para el diseño

Diseño de la postura sentada

Introducción

Como ya apuntábamos en el capítulo 3, casi la mitad del mundo industrializado está sufriendo alguna forma de dolor de espalda. Cada año subsidios de enfermedad, tratamientos médicos, rehabilitación y pensiones de incapacidad suponen una enorme cantidad de dinero. En general, el tratamiento no se establece en una etapa precoz de la enfermedad, sino que se realiza cuando el trabajador no es capaz de realizar su tarea. A menudo esto es demasiado tarde para curar al paciente.

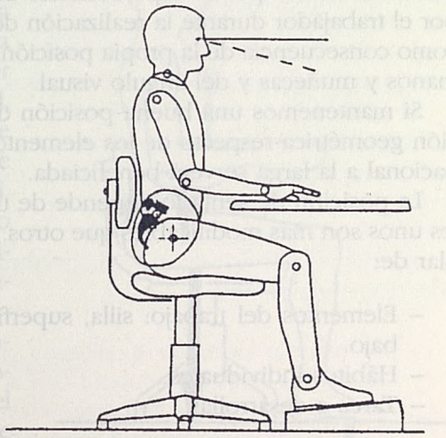


Figura 1

En los últimos años ha habido un mayor esfuerzo en el empleo de técnicas preventivas y dentro de éstas, el enfoque postural que considera la biomecánica.

Como ya sabemos, las lesiones del sistema musculoesquelético son el resultado de muchos factores diferentes, alguno de los cuales están relacionados con el diseño de los puestos de trabajo. La complejidad de la producción de este tipo de lesiones (etiopatogenia) es de tal magnitud que los métodos prevencionistas que consideran un factor único son la mayoría de las veces poco efectivos. Los diseñadores e ingenieros conocedores de los aspectos físicos del puesto de trabajo y, por ello, del control de su configuración, están muy pocas veces lo suficientemente instruidos en las ciencias de la vida y del comportamiento como para poder anticipar las consecuencias adversas para el hombre del sistema tabajador-puesto de trabajo. Esto último ocurre en parte porque el conocimiento necesario para humanizar el diseño del puesto de trabajo no se ha estructurado y pensado lo suficientemente bien como para influenciar al ingeniero que diseña.

Para mejorar el diseño del puesto de trabajo con objeto de reducir el trauma musculoesquelético existe un conjunto de conocimientos aptos para ser utilizados, procedentes de la investigación y de experiencias que sobre estos temas se han realizado. La biomecánica es la disciplina dedicada al estudio del cuerpo humano como una estructura que puede funcionar adecuadamente sólo dentro de los confines de las leyes de Newton y de las leyes biológicas de la vida.

En los puestos de trabajo en posición de sedentación (sentado), la biomecánica contempla las repercusiones derivadas de la posición adoptada por el trabajador durante la realización de su tarea. Los problemas surgen como consecuencia de la propia posición del cuerpo, de la posición de las manos y muñecas y del ángulo visual.

Si mantenemos una buena posición de sentado y una buena distribución geométrica respecto de los elementos del trabajo, nuestra salud ocupacional a la larga se verá beneficiada.

La posición de sentado depende de una serie de factores, de los cuales unos son más modificables que otros. Fundamentalmente vamos a hablar de:

- Elementos del trabajo: silla, superficie de trabajo y espacio de trabajo.
- Hábitos individuales.
- Tarea a desarrollar.

Si tomamos por caso la selección de una silla para un determinado puesto de trabajo, en un primer momento no nos deberíamos basar en criterios de economía y calidad. La silla más cara no tiene por qué ser la más adecuada. Una forma adecuada de seleccionarla sería teniendo en cuenta, en primer lugar, criterios de funcionalidad, es decir, buscar la que se adapte de la mejor forma a las tareas que se van a desarrollar, eso sí, teniendo en cuenta en todo momento unos mínimos de calidad que garanticen un funcionamiento adecuado.

Teóricamente podemos hablar de una serie de posturas ideales, pero por otro lado se da el hecho de la imposibilidad de mantener una postura fija indefinidamente. Esto nos lleva a otro



Figura 2

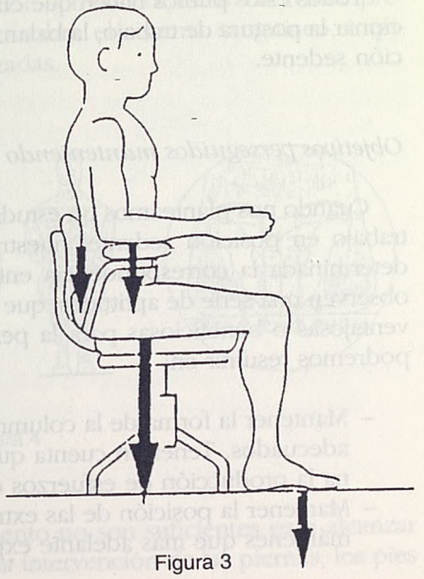


Figura 3

requerimiento que debe cumplir la silla: que posibilite los cambios de posición a lo largo de la jornada.

Ventajas de la posición de sedentación frente a la de bipedestación

A pesar de algunos inconvenientes que presenta la posición sedente, y, más aún, cuando se trata de permanecer en ella durante largos períodos de tiempo, existen una serie de ventajas que hacen que ésta sea la postura recomendada, siempre que las características del puesto lo permitan. Éstas son las siguientes:

- Permite una gran estabilidad en tareas donde se realiza un control visual y motor importante (Figura 1).
- Se consume menos energía sentado que de pie.
- Se produce un esfuerzo menor en las articulaciones distales de las extremidades inferiores.
- Disminuye la presión hidrostática en la circulación de las extremidades inferiores.
- El peso del cuerpo se transfiere a través de distintas partes del mismo (Figura 3).

Todos estos puntos hacen que en muchas ocasiones, a la hora de seleccionar la postura de trabajo, la balanza se incline hacia los puestos en posición sedente.

Objetivos perseguidos manteniendo una posición de sentado correcta

Cuando nos planteamos un estudio y posterior análisis de un puesto de trabajo en posición sedente, nuestro interés se centra en que, una vez determinada la correspondencia entre los elementos que lo integran, se observen una serie de aptitudes, que se puedan considerar al menos como ventajosas o beneficiosas para la persona que ocupa el puesto. Éstas las podremos resumir en:

- Mantener la forma de la columna vertebral dentro de unos márgenes adecuados. Tener en cuenta que la alteración en la forma condiciona la producción de esfuerzos elevados.
- Mantener la posición de las extremidades superiores dentro de unos márgenes que más adelante expondremos. Con ello evitaremos que los músculos que mantienen dicha posición estén sometidos a una contracción isométrica prolongada.
- Mantener una posición correcta de las extremidades inferiores. De esta forma conseguimos que los muslos y pies apoyen uniformemente, no aumentando así la presión de apoyo resultante del peso del cuerpo en ninguna zona localizada.

Los puntos descritos nos van a servir de guía para saber que existe una buena adaptación del puesto de trabajo, en la que, como hemos comentado anteriormente, entran en juego una serie de elementos multifactoriales.

Biomecánica de la posición de sentado

En contra de lo que normalmente se piensa, la posición de sentado se debe considerar como una situación dinámica y no estática del organismo. En la posición sedente el 75 % aproximadamente del peso se transmite a través de las tuberosidades isquiáticas hasta el asiento. Las presiones alcanzadas son de unos 6-7 kg/cm^2 al nivel de esta zona y de 2-4 kg/cm^2 en la superficie de la piel. Estas cifras de presión son lo suficientemente importantes para causar situaciones de fatiga e incomodidad, y obligan a cambios continuos de postura para aliviar las molestias.

La permanencia en la misma posición sometido a estos valores de presión produce isquemias por el efecto sobre el sistema sanguíneo, impidiendo la circulación en zonas localizadas.

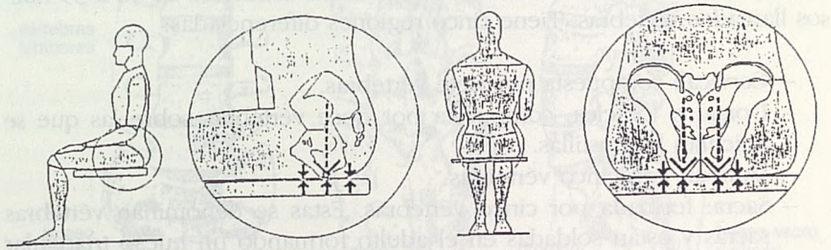


Figura 4

La anchura y profundidad del asiento no son suficientes para alcanzar una buena estabilidad; es necesario la intervención de las piernas, los pies

y la espalda, es decir, para que el sistema permanezca estable es imprescindible la intervención de una serie de fuerzas activas provenientes del sistema muscular.

Es interesante hacer notar la cantidad de posturas que se observan cuando las personas están sentadas, y la actividad muscular que en todas ellas se registra, incluso cuando la persona parece estar en reposo. Esto nos puede orientar en el sentido de demostrar que la posición de sentado no es estática como se reconoce comúnmente. Normalmente se realizan continuos cambios en la postura del cuerpo de forma inconsciente, en los que el cuerpo busca un equilibrio que alivie su sistema muscular y a su vez aumente la comodidad.

La columna vertebral en la posición de sentado

Durante el curso de la evolución de la raza humana, a partir de los prehomínidos, el paso de la posición cuadrúpedo a la bipedestación indujo al enderezamiento y después a la inversión de la curvatura lumbar, inicialmente cóncava hacia delante; así es como apareció la lordosis lumbar cóncava hacia atrás. El ángulo de enderezamiento del tronco ha sido enteramente absorbido por esta retroversión de la pelvis persistiendo cierto ángulo que debe ser anulado por el raquis lumbar.

La biomecánica de la columna es crucial en los fenómenos que se producen al sentarnos. Es la propia geometría de los elementos que forman el sistema musculoesquelético la que determina las transformaciones producidas al pasar de una posición «de pie» a una posición «de sentado».

La columna vertebral está formada por una estructura de 32 a 35 huesos llamados vértebras. Tiene cinco regiones diferenciadas:

- Cervical: compuesta por siete vértebras.
- Dorsal o torácica: compuesta por doce vértebras sobre las que se articulan las costillas.
- Lumbar: con cinco vértebras.
- Sacra: formada por cinco vértebras. Éstas se denominan vértebras sacras y están soldadas en el adulto formando un hueso triangular denominado sacro, que junto con los huesos de la cadera forma la pelvis.
- Coxígea: compuesta por tres, cuatro o cinco vértebras atrofiadas.

Vista de frente la columna vertebral es recta, pero vista de perfil cada una de sus regiones tiene una curvatura diferente. Éstas son las tres

curvas anatómicas normales: lordosis cervical, cifosis torácica, lordosis lumbar.

Al adoptar la posición de sentado dichas curvas normales o fisiológicas tienden a modificarse y, como consecuencia de esto, pueden sobrevenir sobrecargas en las estructuras de esta parte del cuerpo.

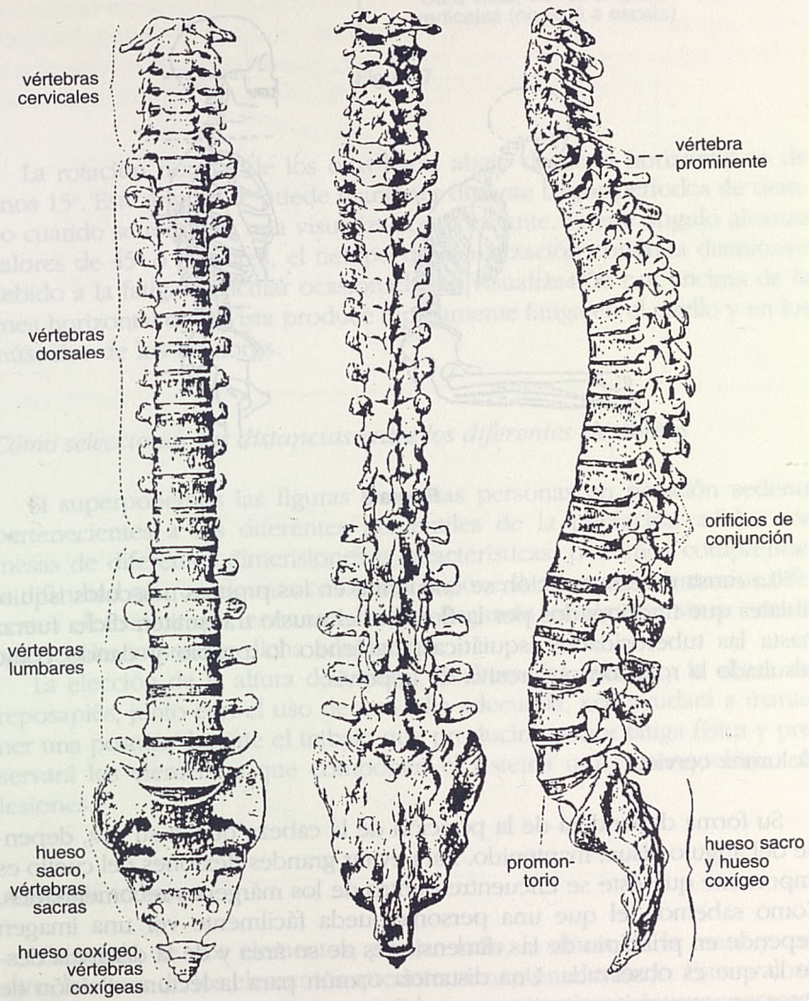


Figura 5

Columna lumbar

Conforme los muslos se flexionan a partir de un ángulo, se va produciendo una rotación de la pelvis hacia atrás. Como consecuencia de esto la columna lumbar tiende a aplanarse y pierde su curva lordótica normal.

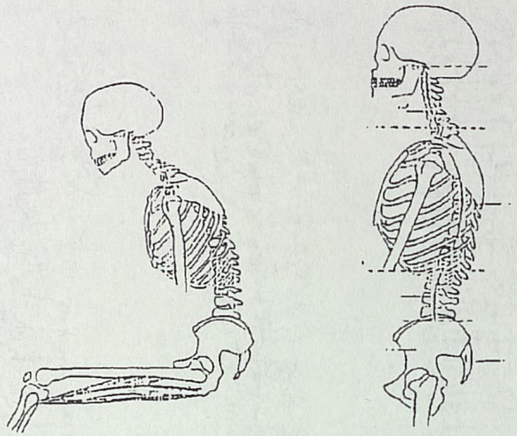


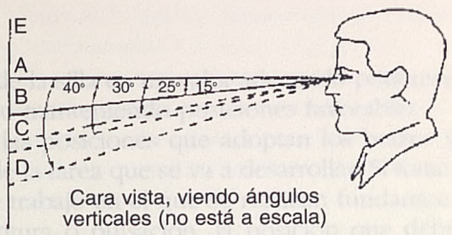
Figura 6

La causa de esta rotación se encuentra en los propios músculos isquiotibiales que traccionados por la flexión del muslo transmiten dicha fuerza hasta las tuberosidades isquiáticas, haciendo lo propio y dando como resultado la rotación progresiva de la pelvis.

Columna cervical

Su forma dependerá de la posición de la cabeza que, a su vez, depende del ángulo visual mantenido. Para evitar grandes flexiones del cuello es importante que éste se encuentre dentro de los márgenes recomendados. Como sabemos, el que una persona pueda fácilmente ver una imagen depende en principio de las dimensiones de su área y de la distancia desde la que es observada. Una distancia común para la lectura o visión de datos en un monitor estaría en torno a los 36-46 cm. Las distancias variarán, como es lógico, en función del tamaño de los objetos visualizados.

E Display
A Línea horizontal de visión
B Posición de descanso de los ojos
C Posición de lectura sentado y posición de trabajo de pie
D Posición de trabajo sentado



Cara vista, viendo ángulos verticales (no está a escala)

Figura 7

La rotación normal de los ojos hacia abajo desde la horizontal es de unos 15°. Este ángulo se puede mantener durante largos períodos de tiempo cuando se requiere una visualización constante. Si este ángulo alcanza valores de 45° o mayores, el tiempo de visualización continua disminuye debido a la fatiga muscular ocasionada. La visualización por encima de la línea horizontal de la vista produce rápidamente fatiga en el cuello y en los músculos de los hombros.

Cómo seleccionar las distancias entre los diferentes elementos

Si superponemos las figuras de varias personas en posición sedente pertenecientes a los diferentes percentiles de la población adulta con mesas de diferentes dimensiones y características, podemos comprender la dificultad que en algunas ocasiones supone la adaptación entre los diferentes elementos que entran en juego, llegando en algunas situaciones a que resulte imposible dicha adaptación.

La elección de la altura de trabajo, la altura del asiento y la altura del reposapiés, junto con el uso de una silla adecuada, nos ayudará a mantener una postura durante el trabajo que producirá menor fatiga física y preservará los elementos que componen el sistema musculoesquelético de lesiones.

Altura de trabajo

Depende de dos elementos; por un lado, la altura de la mesa y, por otro, la altura de los elementos que intervienen en el trabajo. Estos valores normalmente varían en menor medida ya que partimos de una mesa con altura generalmente fija y de elementos de trabajo con los que vamos a

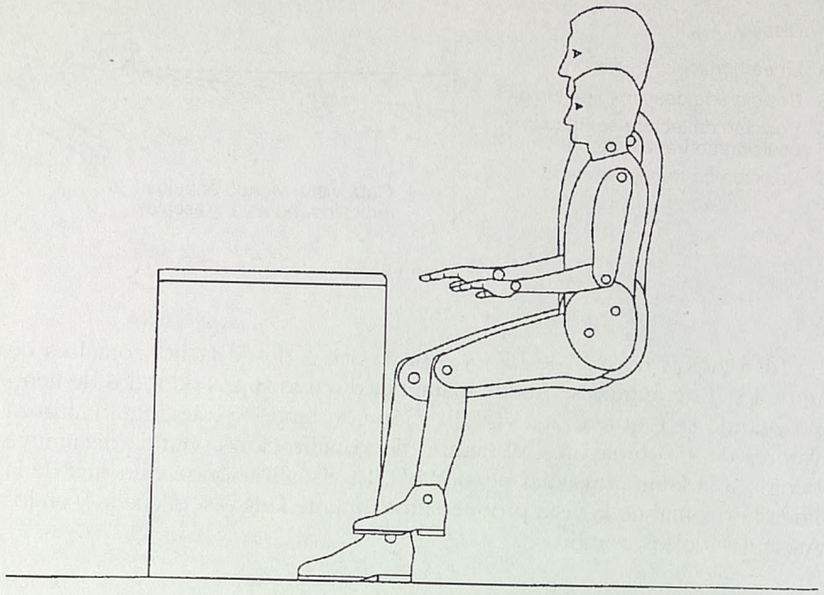


Figura 8

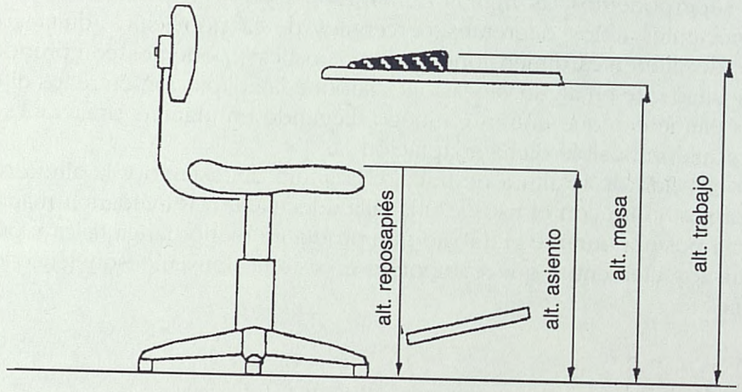


Figura 9

actuar. A partir de estos datos tendremos que ajustar la altura del asiento y el reposapiés.

Altura de asiento

Situando la altura del asiento de la silla en un valor adecuado podemos conseguir que se realice el trabajo manteniendo posiciones favorables.

Debe quedar muy claro que las posiciones que adoptan los brazos y antebrazos varían dependiendo de la tarea que se va a desarrollar. Si tomamos como ejemplo un puesto de trabajo en el que se realizan fundamentalmente tareas de montaje, escritura o pulsación, la posición que debe adoptarse y que normalmente tomaremos como referencia es la descrita a continuación:

- Ángulo brazo-antebrazo 85º-90º.
- Abducción de los brazos 15º-20º.
- Flexión anterior de los brazos < 25º.
- Muslos en posición horizontal siguiendo el contorno de la silla.
- Ángulo muslo-pierna ligeramente superior a 90º.

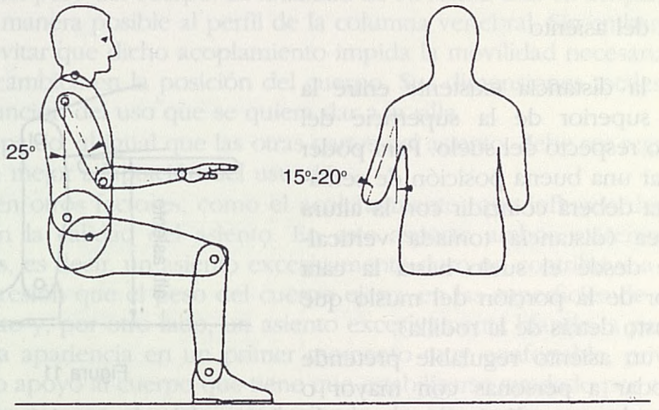


Figura 10

El objetivo perseguido al regular la altura de la silla es que la medida seleccionada nos permita mantener un posición como la descrita. Hemos de tener en cuenta que si, por ejemplo, se selecciona una altura por debajo de la altura teórica ideal, sería necesario un ángulo de abducción de los brazos para situarlos encima de la mesa mucho mayor que el que sería de esperar.

Altura de reposapiés

Una vez conseguidos los anteriores puntos, y en función de las medidas antropométricas, será necesario ajustar la altura del reposapiés para poder conseguir un adecuado apoyo de muslos y pies. Es el elemento que completa el ajuste de alturas.

Dimensiones fundamentales de los asientos

Las dimensiones que reciben una mayor atención en el diseño del asiento son:

- Altura del asiento respecto del suelo.
- Profundidad del asiento.
- Respaldo.

Altura del asiento

Es la distancia existente entre la parte superior de la superficie del asiento respecto del suelo. Para poder adoptar una buena posición de sentado ésta deberá coincidir con la altura poplítea (distancia tomada verticalmente desde el suelo hasta la cara inferior de la porción del muslo que está justo detrás de la rodilla).

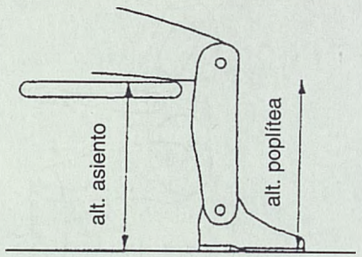


Figura 11

Si un asiento regulable pretende acomodar a personas con mayor o menor altura poplítea, el margen de alturas deberá estar comprendido entre el percentil 5 para mujeres (el más bajo) y el percentil 95 para hombres (el más alto).

Profundidad del asiento

Es otro punto fundamental en el diseño de las sillas. La profundidad ideal del asiento para una persona es aquella que es ligeramente inferior a su longitud nalga-poplítea. Si la profundidad es excesiva, el borde anterior del asiento puede comprimir la zona poplítea interrumpiendo la circulación sanguínea.

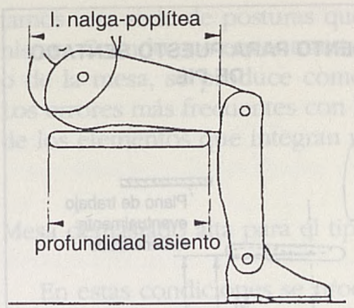


Figura 12

Para evitar esta situación, la tendencia es desplazar las nalgas hacia delante con lo cual la espalda queda sin el apoyo debido.

Si la profundidad es escasa, además de prestar una superficie de apoyo insuficiente, provoca una sensación de inestabilidad por la tendencia del cuerpo de ir hacia delante.

Respaldo

El cometido del respaldo es dotar a la espalda de un soporte que recoja parte del peso del cuerpo. La finalidad de su forma está en acoplarse de la mejor manera posible al perfil de la columna vertebral. Sin embargo, se deberá evitar que dicho acoplamiento impida la movilidad necesaria para realizar cambios en la posición del cuerpo. Sus dimensiones totales estarán en función del uso que se quiera dar a la silla.

El respaldo, al igual que las otras partes del asiento, debe ser regulable para una mejor adaptación del usuario.

Existen otros factores, como el acolchamiento, que influyen decisivamente en la calidad del asiento. En este aspecto ambos extremos son negativos, es decir, un asiento excesivamente duro no contribuye a distribuir la presión que el peso del cuerpo ejerce en las superficies de apoyo del asiento y, por otro lado, un asiento excesivamente blando, a pesar de crear una apariencia en un primer momento muy confortable, priva del necesario apoyo al cuerpo que tiene que estabilizarse ayudado por el apoyo de los pies en el suelo, produciendo de esta forma un innecesario incremento de la actividad muscular.

A continuación damos una tabla que nos puede orientar sobre los márgenes de las diferentes dimensiones de los asientos.

Repercusión de la posición de sentado sobre el organismo

En muchas ocasiones por descuido, por los malos hábitos aprendidos o porque los elementos empleados en sentarnos no son adecuados, adop-

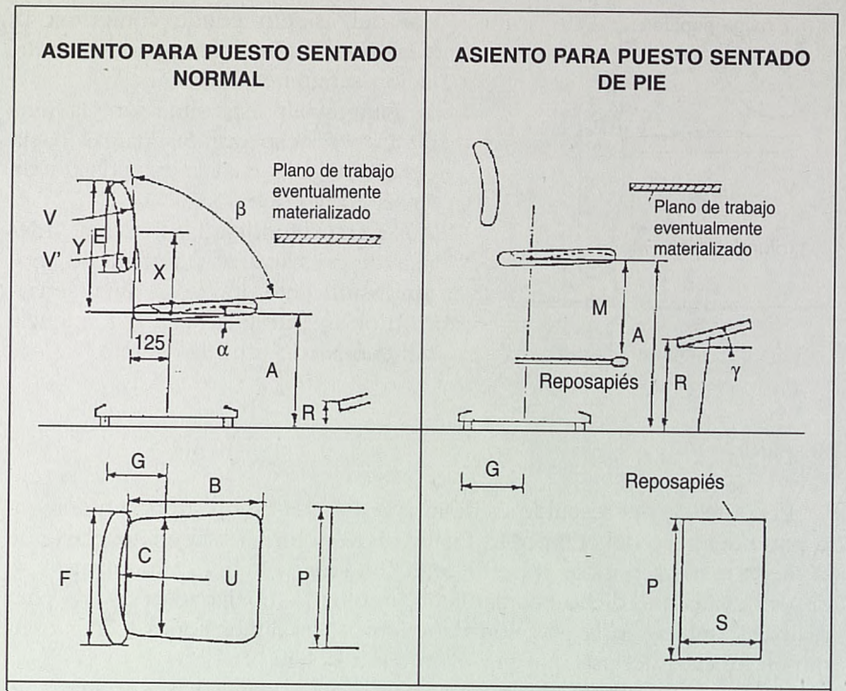


Figura 13

ASIENTO	A	Altura del punto de hundimiento máximo del asiento:		V	Radio de curvatura del respaldo (convexidad) V	>700
		Asiento sentado-normal reglable	400 a 560		V'	30 a 70
		Asiento sentado-normal fijo	430	X	Altura del punto más saliente del respaldo con respecto al asiento	170 a 220
		Asiento sentado-de pie reglable	750 a 850	Y	Altura del punto más alto del respaldo con respecto al asiento	320 a 420
		Asiento apoya-muslos regl.	600 a 750			
	B	Profundidad de delante-atrás del asiento	350 a 400	α	Inclinación hacia atrás del asiento	3 ± 2
	C	Anchura del asiento	400 a 450			
	E	Altura del respaldo	200 a 250	β	Inclinación del respaldo con respecto al asiento	100 a 105°
	F	Anchura del respaldo	350 a 400			
	G	Radio del soporte	300 a 325	M	Distancia asiento reposapiés reglable	400 a 560
	U	Radio de la curva del respaldo	300 a 800			
REPOSAPIÉS	R	Altura del reposapiés:		P	Anchura del reposapiés	450 a 550
		Asiento sentado-normal (para personas de pequeña talla)		S	Profundidad del reposapiés	300 a 350
		Reglable	40 a 100	y	Inclinación del reposapiés:	
		Fijo	70		Reglable	0 a 15°
		Asiento sentado-de pie regl.	300 a 450		Fijo	10°

tamos una serie de posturas que a la larga son perjudiciales para el organismo. Cuando nos encontramos con una mala posición o ajuste de la silla o de la mesa, se produce como consecuencia una serie de alteraciones. Los errores más frecuentes con los que nos encontramos en la disposición de los elementos que integran un puesto de trabajo son los siguientes:

Mesa demasiado alta para el tipo de trabajo

En estas condiciones se produce una abducción de los brazos y elevación de los hombros. A partir de aquí se produce un aumento de la fatiga de la musculatura de los hombros y el cuello.

Mesa demasiado baja para el tipo de trabajo

Con esta disposición hay una tendencia a flexionar el tronco hacia delante, perdiendo la curva lordótica normal y tendiendo a producirse una cifosis lumbar. Esto produce una sobrecarga de los discos intervertebrales.

Silla demasiado alta respecto del suelo

Se produce un aumento de la presión en el hueco poplíteo, así como una tendencia a sentarse en el borde de la misma. Como consecuencia de

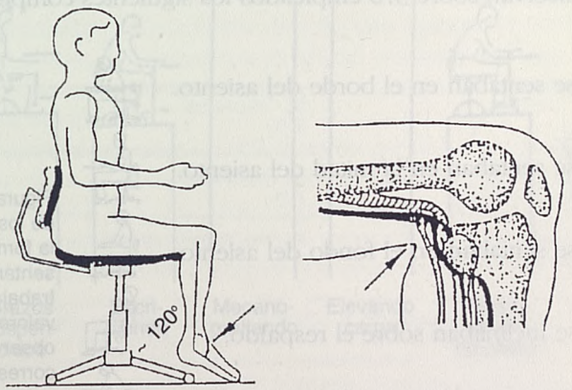


Figura 14

esto se producen alteraciones en la circulación de las piernas, así como dolor e hinchamiento de las mismas. Se requiere reposapiés.

Silla demasiado baja respecto del suelo

Existe una concentración elevada del peso del cuerpo localizada en las tuberosidades isquiáticas que puede originar dolor en dicha parte del cuerpo.

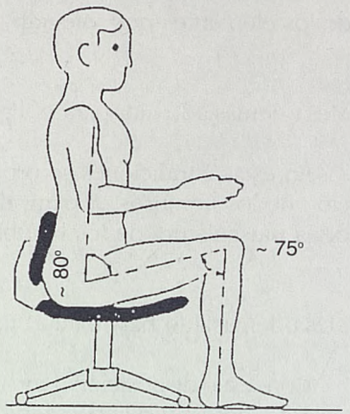


Figura 15

Hábitos individuales

A pesar de lo expuesto existen una serie de costumbres individuales que hacen que las personas adopten posturas muy diferentes cuando están sentadas. En un estudio realizado por Etiene Grandjean y Wilhem Huting se observan sobre 378 empleados los siguientes comportamientos:

- 15 % se sentaban en el borde del asiento.
- 52 % se sentaban en la mitad del asiento.
- 33 % se sentaban en el fondo del asiento.
- 42 % se inclinaban sobre el respaldo.
- 40 % apoyaban los brazos.



Figura 16. Estudio de los hábitos en la forma de sentarse de 378 trabajadores. Los valores observados corresponden al porcentaje de observación.

El haber definido una serie de posiciones como más idóneas o beneficiosas no es óbice para que se adopte un gran número de posturas que, de alguna forma, quedan objetivadas en el estudio anterior. Todos estos hechos confirman la importancia que los hábitos individuales tienen, al igual que en el resto de los comportamientos, al adoptar una posición determinada en las personas que trabajan en posición sentada.

Revisión de diferentes posiciones mantenidas

Las diferentes posturas de sentado son determinantes en el valor de la presión de los discos intervertebrales, así como en la actividad de los músculos de diversas partes del cuerpo. Los valores que más nos orientarán sobre las sobrecargas que se producen en el mantenimiento de determinadas posturas son la presión existente en los discos intervertebrales, así como la actividad de determinados músculos que intervendrán de forma

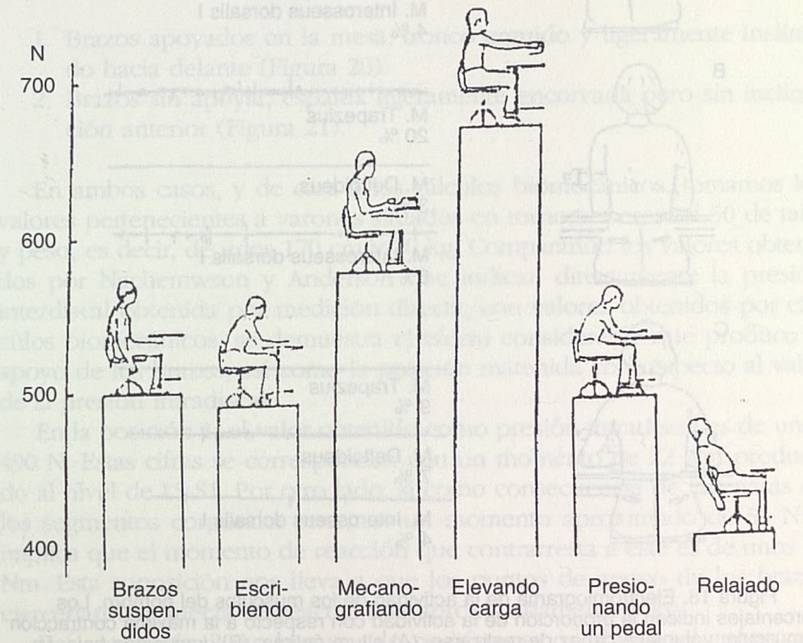


Figura 17. Presión discal medida durante la simulación de diferentes trabajos realizados en una silla de oficina.

decisiva en el mantenimiento de la postura. En la Figura 17 vemos una serie de valores dados por Anderson y colaboradores en 1974.

Si observamos la actividad de los músculos elevadores y rotadores del hombro en un trabajo como el de escribir a máquina, vemos cómo varía su actividad cuando comparamos los datos obtenidos variando exclusivamente la altura del asiento (Figura 18). Si introdujéramos otros factores, como altura del teclado, distancia del borde de éste a la mesa, inclinación, etc., veríamos cómo nuevamente influyen en la actividad electromiográfica antes comentada.

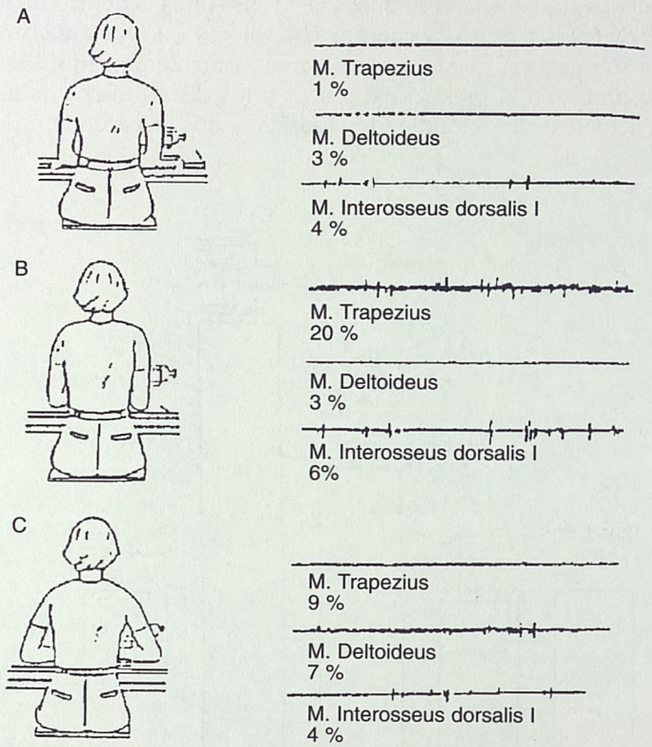


Figura 18. Electromiograma de la actividad de los músculos del hombro. Los porcentajes indican la proporción de la actividad con respecto a la máxima contracción muscular voluntaria capaz de realizarse: (A) altura óptima; (B) demasiado bajo. La compensación se realiza mediante elevación de los hombros: (C) demasiado alto. La compensación se realiza mediante la abducción de los brazos (adaptado por Harberg, 1982).

A modo de análisis y como ejemplo nos puede servir comparar las diferencias existentes entre múltiples formas de sentarse frecuentemente mantenidas. En la figura se observan algunos ejemplos de posturas en las que vemos que existen notables diferencias.

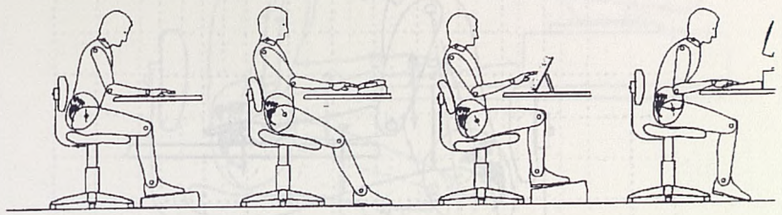


Figura 19

Si escogemos dos de ellas para realizar un posterior análisis:

1. Brazos apoyados en la mesa, tronco erguido y ligeramente inclinado hacia delante (Figura 20).
2. Brazos sin apoyar, espalda ligeramente encorvada pero sin inclinación anterior (Figura 21).

En ambos casos, y de cara a los cálculos biomecánicos, tomamos los valores pertenecientes a varones situados en torno al percentil 50 de talla y peso, es decir, de unos 170 cm y 70 kg. Comparando los valores obtenidos por Nachemwson y Anderson que indican directamente la presión interdiscal obtenida por medición directa, con valores obtenidos por cálculos biomecánicos, se demuestra el efecto considerable que produce el apoyo de los brazos, así como la posición matenida con respecto al valor de la presión intradiscal.

En la posición 1, el valor obtenido como presión intradiscal es de unos 490 N. Estas cifras se corresponden con un momento de 22 Nm producido al nivel de L5-S1. Por otro lado, si como consecuencia de las masas de los segmentos corporales tenemos un momento aproximado de 55 Nm, implica que el momento de reacción que contrarresta a éste es de unos 33 Nm. Esta suposición nos lleva a que los puntos de apoyo de los brazos ejercerían una fuerza de reacción de aproximadamente 6 kg.

En la posición 2, en la que sólo podríamos contabilizar el apoyo que se realizaría al pulsar las teclas, y que naturalmente despreciaremos por su pequeño valor, todos los momentos debidos a las masas de los distin-

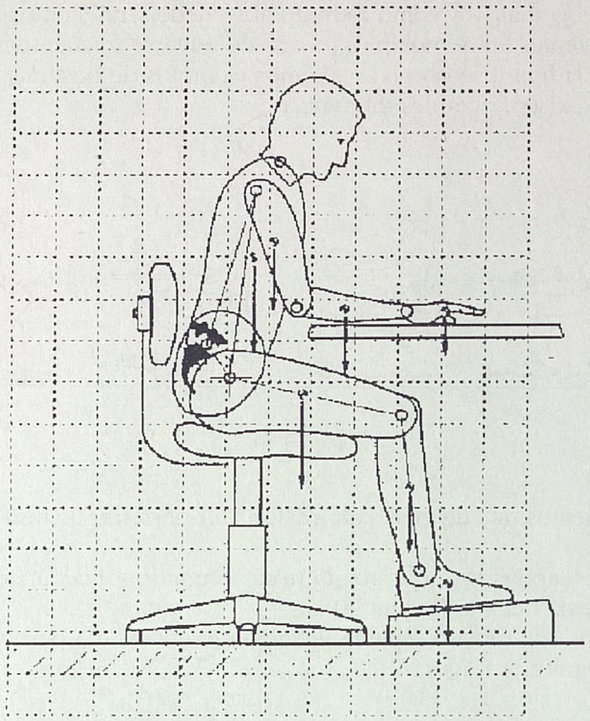


Figura 20

tos segmentos son contrarrestados por la contracción de los músculos dorsales, que junto con la acción vertical de las masas originan el valor final de presión intradiscal. El momento resultante, obtenido por cálculos biomecánicos, sobre L5-S1 es de unos 62 Nm a lo que corresponde una fuerza de compresión a este mismo nivel de 638 N. Esto se corresponde con la medida directa de la que se obtiene un valor de presión de unos 630 N.

Vemos cómo variaciones que en principio no son muy significativas producen cambios considerables en los esfuerzos producidos en dichas posturas. En los casos que hemos tomado como ejemplo, estos cambios han repercutido en un aumento de casi el 30 % en el valor de la presión intervertebral al nivel L5-S1. Todo esto nos sirve para demostrar la importancia que tienen los temas posturales en situaciones que, como la posición sedente, se consideran equivocadamente estáticas o de reposo.

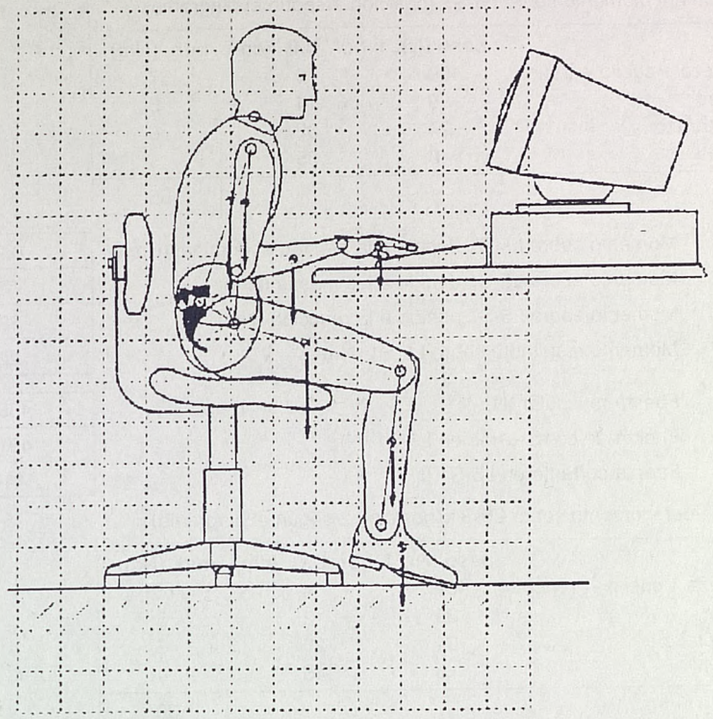


Figura 21

Los datos antropométricos que han servido para la obtención de estos cálculos, empleando un modelo biomecánico de seis eslabones son:

Datos antropométricos:

Talla (cm)	170
Peso (N)	700

	peso (N)
cabeza-cuello-tronco	409
brazo	20
antebrazo	12
mano	4
muslo	70
pierna	30
pie	10

	l. eslabón (cm)	c. masas (cm)
l. mano	18	9
l. brazo	25	11
l. antebrazo	32	14
l. muslo	42	18
l. pierna	42	18
l. pie	7	3
l. cabeza-cadera	80	48

Cálculo del momento sobre L5-S1 (posición 1 según el diagrama)

	peso (N)	l. hor. C.G. (cm)	mto. (Nm)
cabeza + cuello + tronco	409	9	37
brazo	39	14	5
antebrazo	24	32	8
mano	8	55	5
			55

Momento sobre L5-S1 debido a la presión abdominal (Nm):	-0,2
Momento sobre L5-S1 debido a las masas (Nm):	55
Momento sobre L5-S1 debido a la reacción (Nm):	-33
Momento resultante sobre L5-S1 (Nm):	22

Fuerza muscular (N):	**436**
Fuerza de compresión en L5-S1 (N):	**491**
Fuerza cortante en L5-S1 (N):	**44**

Cálculo del momento sobre L5-S1 (posición 2 según el diagrama)

	peso (N)	l. hor. C.G. (cm)	mto. (Nm)
cabeza + cuello + tronco	409	4	16
brazo	39	12	5
antebrazo	24	20	5
mano	8	45	4
			30

Momento sobre L5-S1 debido a la presión abdominal (Nm):	-0,4
Momento sobre L5-S1 debido a las masas (Nm):	30
Momento resultante sobre L5-S1 (Nm):	29

Fuerza muscular (N):	**585**
Fuerza de compresión en L5-S1 (N):	**638**
Fuerza cortante en L5-S1 (N):	**44**

En todos estos apartados hemos querido reflejar que el estudio de la posición sedente resulta sumamente complejo por el gran número de factores que entran en juego. Por un lado, la complejidad de todas las estructuras que forman parte del cuerpo, teniendo en cuenta que en principio en la evolución natural no se produjeron modificaciones suficientes para poder adoptar esta posición durante períodos de tiempo tan prolongados, y, por otro, el gran número de variables con las que nos encontramos en todos los elementos que aquí se implican (sillas, mesas, etc.).

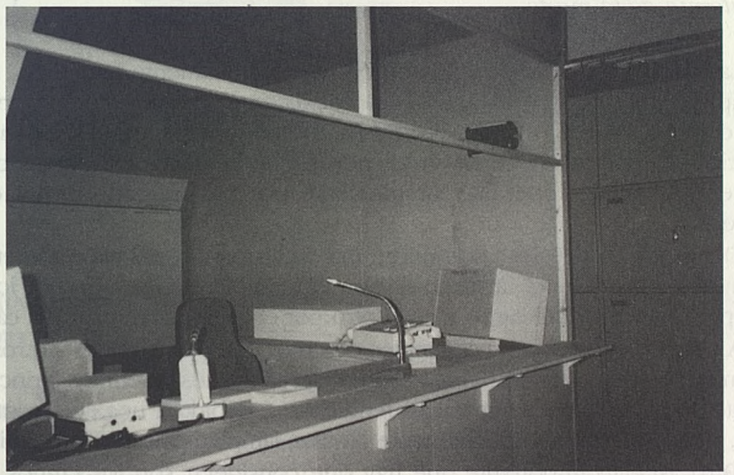
No obstante, la mejora en los puestos de trabajo en posición sedente empieza por el conocimiento por parte de los diseñadores, técnicos en factores humanos, ingenieros de diseño, médicos, etc., de toda la problemática que integra el mantener esta posición, y fundamentalmente cuando se trata de períodos de permanencia prolongados.

En ocasiones, previo al diseño final de un puesto de trabajo, es aconsejable construir un modelo del mismo y simular allí las tareas que van a desarrollarse en ese puesto. En el Instituto de Ergonomía MAPFRE se han desarrollado varios proyectos en los que, para analizar todas las variables involucradas (movimientos, áreas de alcance, altimetrías, esfuerzos, etc.) y comprobar la efectividad de los criterios adoptados, se ha recurrido a la modelización del diseño a escala 1:1. Éste es el caso, por ejemplo, de cabinas de mando y control o de varios puestos de trabajo de montaje industrial.

Diseño de herramientas y criterios de selección

Introducción

Las herramientas juegan un papel esencial, ya que son el nexo de unión entre el trabajador y el proceso productivo realizado. Son muchos



Modelo a escala 1:1 de un diseño de cabinas para gestión de estación de metro y ferrocarril (Instituto de Ergonomía MAPFRE).

los factores que entran en juego, pero el resultado cuando no se realiza una adecuada adaptación al trabajador puede ser la producción de lesiones de diversa índole y, en el peor de los casos, de elevada gravedad.

A pesar de la continua automatización de los procesos productivos, las herramientas siguen siendo utilizadas mayoritariamente por todas las personas que realizan cualquier tipo de trabajo. Por otro lado, el que muchas herramientas estén diseñadas de una determinada manera desde hace muchos años, no implica necesariamente que no puedan mejorarse, hablando incluso de las más sencillas. En el desarrollo de la tecnología de herramientas manuales se deben realizar aún muchas mejoras para asegurar que el interface entre éstas y el usuario sea óptimo, lo que repercutirá en la mejora de las condiciones de trabajo.

Al igual que en otro tipo de estudios ergonómicos, cuestiones como la antropometría, las fuerzas máximas, los movimientos repetitivos, vibraciones, ruido, etc., se deberán tener en cuenta en el diseño y selección de las herramientas.

Cuando se utiliza una herramienta manual participan pequeños grupos musculares que pueden sufrir fatiga en poco tiempo; esto no se percibe fácilmente por lo que pueden resultar sobreexpuestos. Junto con éstos, otras estructuras como tendones, vainas tendinosas, inserciones, etc., también pueden verse afectadas.

Anatomía de la mano

La mano es una parte del cuerpo, biomecánicamente hablando, muy compleja. En dicha región anatómica coexisten elementos, como nervios, músculos, tendones, vainas tendinosas, arterias, venas, etc., íntimamente relacionadas las unas con las otras, por lo que la afectación de cualquiera de ellas puede repercutir simplemente por proximidad en otra diferente.

Dentro de esta región anatómica, una de las partes más comprometidas es la denominada túnel carpiano (Figura 22). Está limitado en uno de los lados por los huesos del carpo y en el otro por el ligamento anular del carpo.

A través de él pasan los elementos descritos, muy juntos unos a otros, de tal manera que la afectación de alguno de ellos (nos referimos principalmente a los tendones y sus vainas tendinosas), debido a una acción mecánica, puede afectar secundariamente a otros, simplemente por proximidad.

Otro aspecto importante que hay que considerar son los rangos normales de movimiento del antebrazo y la muñeca. Éstos son los siguientes (Figura 23):

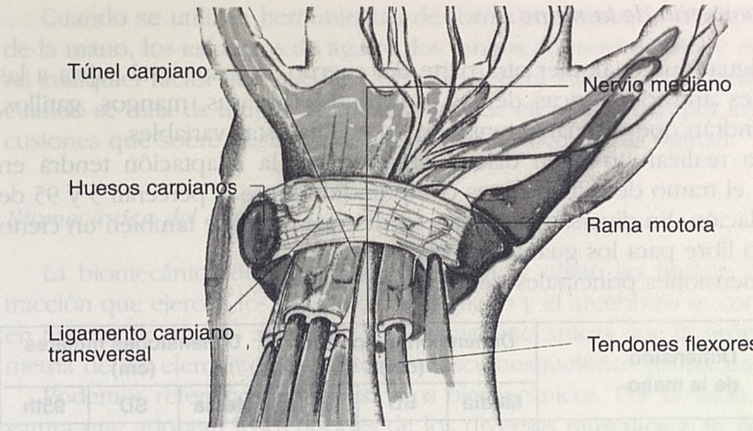


Figura 22. El túnel carpiano normal

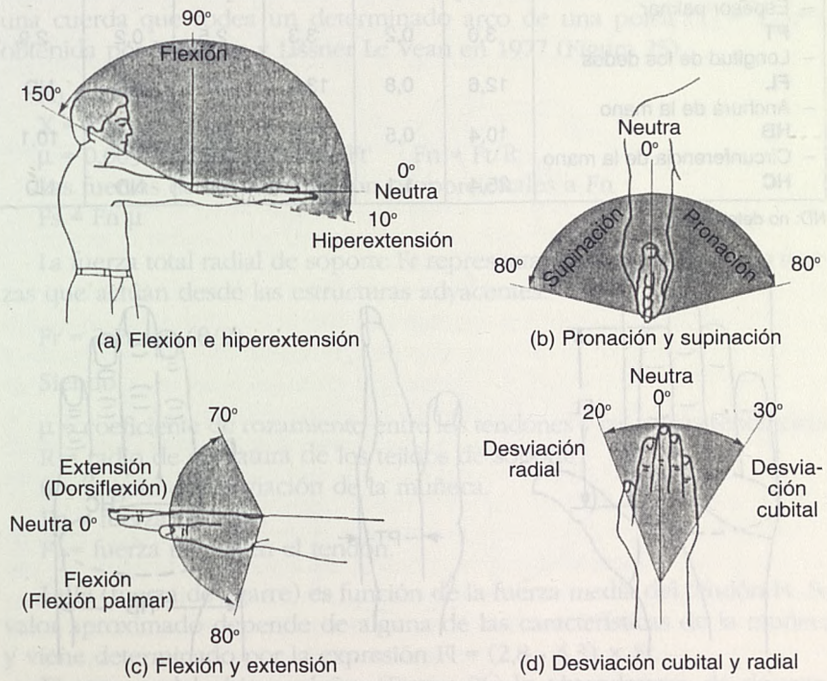


Figura 23

Antropometría de la mano

Al igual que cualquier otra parte del cuerpo, la mano está sujeta a las variables antropométricas de los individuos. Las asas, mangos, gatillos, etc., tendrán que diseñarse teniendo en cuenta estas variables.

Para realizar un buen diseño ergonómico, la adaptación tendrá en cuenta el tramo de dimensiones comprendido entre el percentil 5 y 95 de la población. En diversas máquinas tendrá que añadirse también un cierto espacio libre para los guantes protectores.

Dimensiones principales de la mano:

Dimensión de la mano	Dimensiones hombres (cm)			Dimensiones mujeres (cm)		
	Media	SD	95th	Media	SD	95th
– Anchura palmar **PB**	8,7	0,4	9,5	7,6	0,4	8,4
– Circunferencia palmar **PC**	21,5	1,1	23,2	18,3	0,9	19,8
– Espesor palmar **PT**	3,0	0,2	3,3	2,5	0,2	2,9
– Longitud de los dedos **FL**	12,6	0,8	13,9	ND	ND	ND
– Anchura de la mano **HB**	10,4	0,5	11,2	9,2	0,6	10,1
– Circunferencia de la mano **HC**	25,4	1,1	27,4	ND	ND	ND

ND: no determinado.

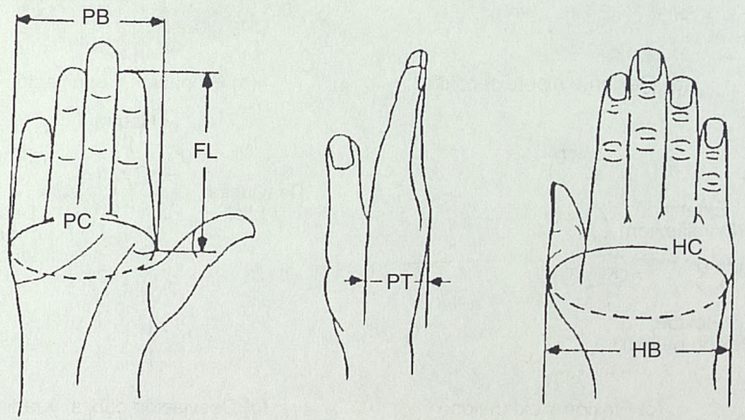


Figura 24

Cuando se utilizan herramientas de forma repetitiva, la antropometría de la mano, los esfuerzos de agarre, los rangos de movimiento, y en general cualquier factor que pueda intervenir, deberá valorarse (especialmente cuando se trata de mujeres y trabajadores de elevada edad) por las repercusiones que sobre el sistema musculoesquelético pueda ejercer.

Biomecánica del agarre

La biomecánica del agarre intenta explicar cómo las fuerzas de contracción que ejercen los músculos de la mano y el antebrazo se convierten en fuerzas de agarre, así como las ventajas mecánicas que la propia geometría de los elementos del sistema musculoesquelético producen.

Podemos referirnos a dos modelos biomecánicos. Por un lado, la curvatura que adoptan los tendones de los diversos músculos a su paso por la muñeca produce diferentes fuerzas de rozamiento en función del radio de curvatura de ésta. La fuerza de rozamiento la obtendremos de una fórmula similar a la empleada en mecánica para el cálculo del rozamiento de una cuerda que rodea un determinado arco de una polea ($T_2 = T_1 e^{\mu\theta}$), obtenida por Williams y Lissner Le Vean en 1977 (Figura 25).

$Fn = Ft\ e^{\mu\theta}/R$
$X = R\ \theta$
$\mu = 0{,}003 \quad 0{,}004 \Rightarrow Ft = Ft' \quad Fn = Ft/R$
Las fuerzas de rozamiento son proporcionales a Fn
$Fs = Fn\ \mu$

La fuerza total radial de soporte Fr representa la suma de todas las fuerzas que actúan desde las estructuras adyacentes.

$Fr = 2\ Ft\ \text{sen}\ (\theta/2)$

Siendo:

μ = coeficiente de rozamiento entre los tendones y las vainas tendinosas.
R = radio de curvatura de los tejidos de soporte.
θ = ángulo de desviación de la muñeca.
Fn = fuerza normal.
Ft = fuerza media en el tendón.

La Fl (fuerza de agarre) es función de la fuerza media del tendón Ft. Su valor aproximado depende de alguna de las características de la muñeca y viene determinado por la expresión $Fl = (2{,}8 \cdot 4{,}3) \times Ft$.

El otro modelo biomecánico (Figura 26) lo obtendremos de descomponer los esfuerzos existentes en el punto de inserción del ligamento,

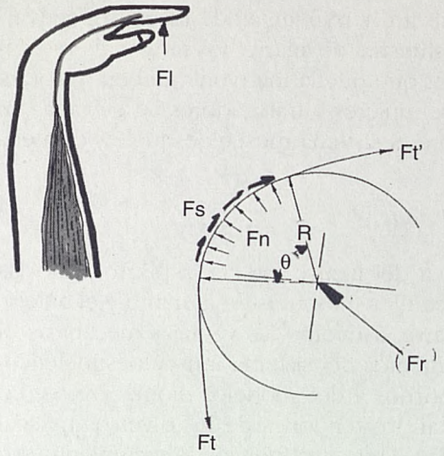


Figura 25

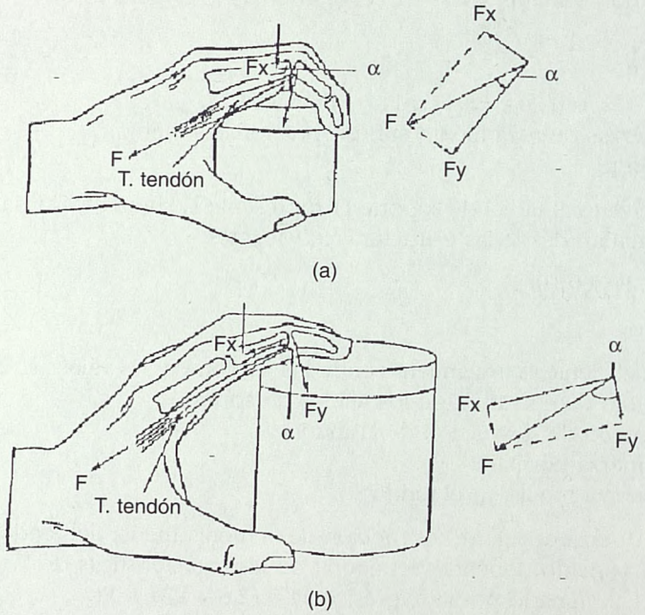


Figura 26

según el ángulo (α) que forman los tendones de los músculos actuantes respecto de las falanges donde se insertan. Esto nos determinará la fuerza de agarre.

Con el análisis de las fórmulas expresadas podemos sacar conclusiones interesantes para el agarre. Por ejemplo, un ángulo elevado de desviación de la muñeca (θ) produce un aumento en la fuerza de rozamiento, por lo que habrá una disminución proporcional en la fuerza de agarre de los dedos, o, dicho de otra manera, para una misma fuerza de agarre será necesario una mayor tensión en los tendones. Esta desventaja mecánica, surgida cuando la muñeca se desvía de su posición neutra, revela, además de otros factores, la necesidad de diseñar herramientas y puestos de trabajo que permitan mantener la muñeca en una posición óptima.

Si, debido al rozamiento de los tendones sobre las vainas tendinosas, éstos se inflaman (realización de sobreesfuerzos o de movimientos repetitivos), los valores dados para el coeficiente de rozamiento en condiciones normales pueden aumentar, llevándonos a un círculo vicioso que empeore la situación, pues a mayor movimiento mayor rozamiento, mayor inflamación y mayor valor del coeficiente de rozamiento. Una vez llegada esta situación, será necesario el reposo de la articulación para su curación; al disminuir el roce y los esfuerzos la inflamación tenderá a ceder.

Fuerzas máximas a realizar con la mano

Nos vamos a referir en este apartado a la fuerza máxima que, sin tener en cuenta el tiempo o la frecuencia, se puede realizar con las manos.

Fuerza de aprehensión. Ésta es una de las más importantes. Aparte del grupo de individuos al que nos estemos refiriendo, es fundamental en el desarrollo de esta fuerza el grado de abertura de la mano. En la Figura 27 se expresa en el eje horizontal el valor de la abertura de la mano y en la vertical la fuerza máxima ejercida. La pérdida significativa en el valor de dicha fuerza demuestra la necesidad de diseñar herramientas que se ajusten a las dimensiones en las que se puedan desarrollar mayores fuerzas.

En la Figura 28 se observa cómo la fuerza máxima de la remachadora se ejerce cuando la distancia entre los mangos es de aproximadamente 6 cm. La capacidad máxima de juntarlos se produce a una distancia comprendida entre los 7,5-8,5 cm aproximadamente. Cuanto más se acerquen estos valores mayor rendimiento se obtendrá de los esfuerzos realizados.

Fuerza de torsión. Las fuerzas de torsión en la mano, siguiendo el eje del antebrazo, se deben a músculos del mismo. Su estudio es muy importante ya que muchas herramientas funcionan tanto por la acción como por

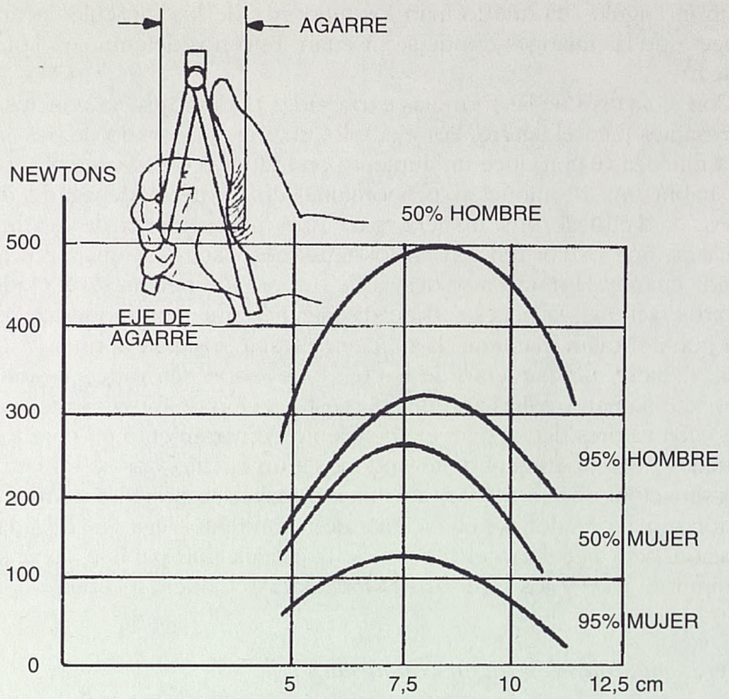


Figura 27

la reacción de estos pares de fuerza. Los valores de éstas varían según el grupo de población estudiado. También es diferente si nos referimos a torsiones en las que interviene toda la mano en el agarre o cuando la fuerza se ejerce exclusivamente con la punta de los dedos. Los datos obtenidos en diferentes investigaciones son los siguientes:

Pronación			
Tipo de agarre	**Población**	**Pr (Nm)**	
toda la mano	hombres	14,1 ± 3,1 (1)	19,3 ± 5,5 (2)
toda la mano	mujeres	8,6 ± 1,6 (1)	8,9 ± 3,3 (2)
punta de los dedos	hombres	4,1 ± 0,6 (1)	
punta de los dedos	mujeres	3,2 ± 0,5 (1)	

(1) Asmussen y Heebo-Nielsen, 1961.
(2) Instituto de Ergonomía MAPFRE, 1993.

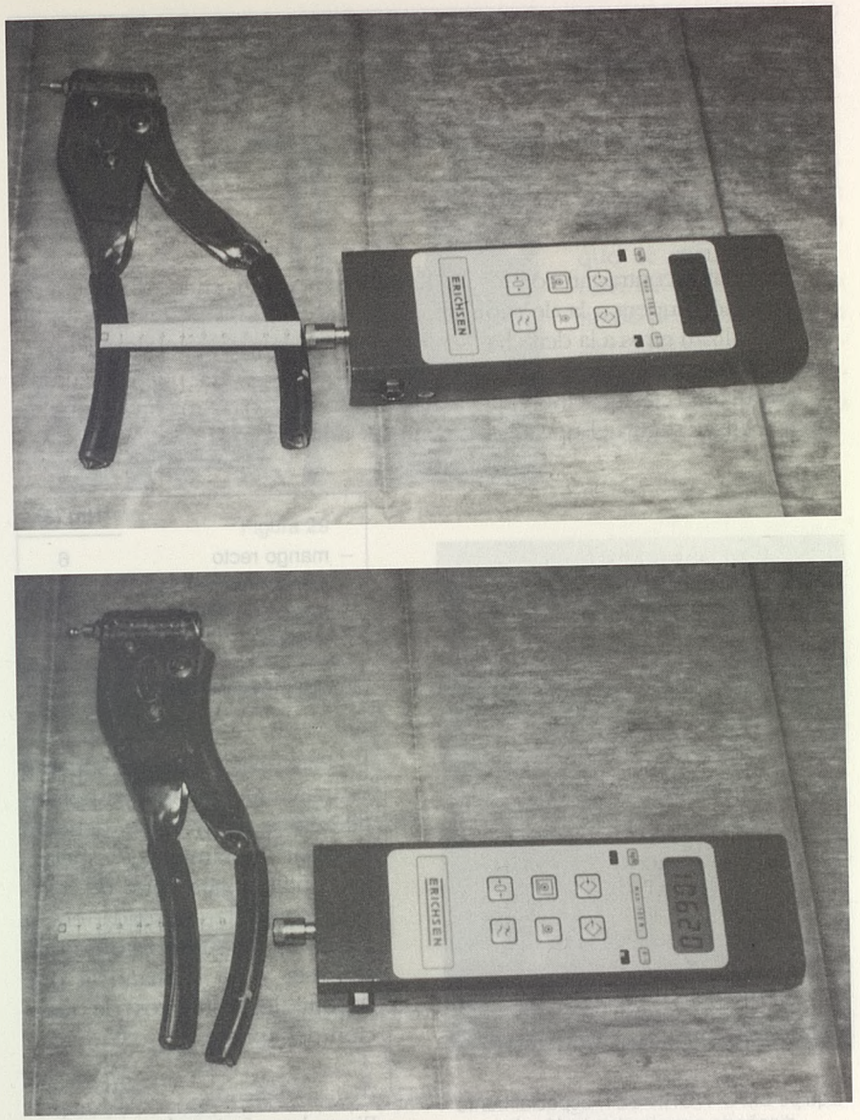


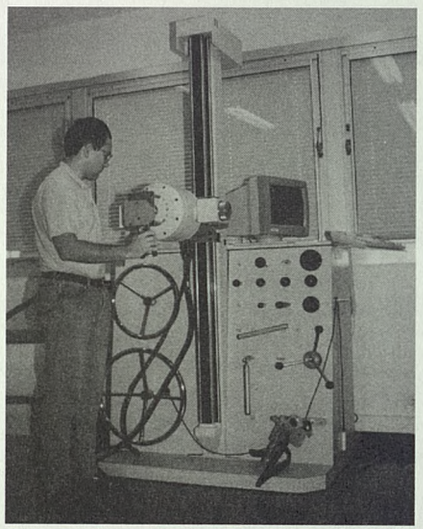
Figura 28

Supinación		
Tipo de agarre	**Población**	**Pr (Nm)**
toda la mano	hombres	15,0 ± 2,7 (1)
toda la mano	mujeres	8,6 ± 1,5 (1)
punta de los dedos	hombres	4,2 ± 0,7 (1)
punta de los dedos	mujeres	3,3 ± 0,5 (1)

(1) Asmussen y Heebo-Nielsen, 1961.

Estos datos contrastan con los de T. M. Fraser (1989), en los que la fuerza de pronación supera a la de supinación. De este modo, los esfuerzos en los que se realizan giros a la derecha (sentido de las agujas del reloj) pueden realizarse con mayor fuerza por las personas diestras que por las zurdas.

Existe otra clasificación que relaciona los esfuerzos máximos que se van a realizar según el tipo de herramienta empleada.



Equipo LIDO WORK SET, especialmente diseñado para la simulación de movimientos en extremidades superiores y la medida de fuerzas, momentos y fatiga en ejercicios isométricos, isotónicos o isocinéticos. INERMAP (Instituto de Ergonomía MAPFRE).

	Nm (3)
– mango recto	6
– mango tipo pistola	12
– mango de apriete angular	50

(3) Mital y Kilboom, 1992.

Para evitar que se superen los pares recomendados por los diferentes autores, se deberán emplear herramientas especiales o utilizar una barra de reacción como la mostrada en la Figura 29, con el objeto de que sea ésta y no la mano la que soporte los esfuerzos de reacción del apriete.

Ejemplo práctico de disminución de los esfuerzos

Podemos diseñar herramientas en las que no sólo las

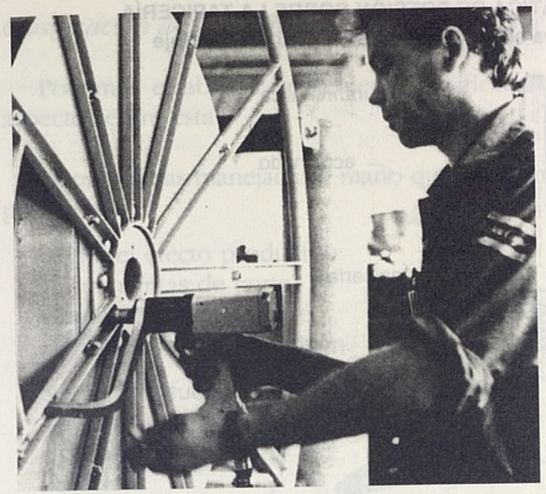


Figura 29

fuerzas derivadas de los momentos sean contrarrestadas, sino también las fuerzas de acción y reacción longitudinales.

En el ejemplo siguiente se expone una solución práctica en la que se sustituye la acción de empujar con la mano por la de dirigir la herramienta prácticamente sin realizar esfuerzos y accionar un gatillo.

La herramienta original es la siguiente:

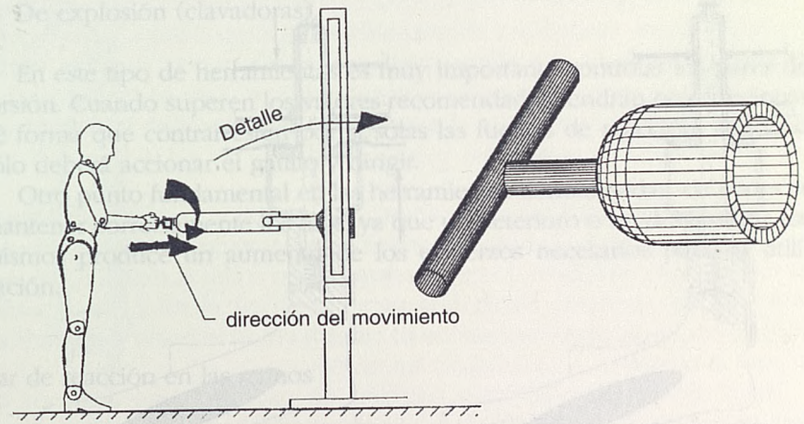


Figura 30

Las soluciones aportadas se presentan en los dos esquemas adjuntos:

PISTOLA AUTOMÁTICA DE PRESIÓN SOBRE LA TAPICERÍA
Posición relativa en el momento del inicio del montaje

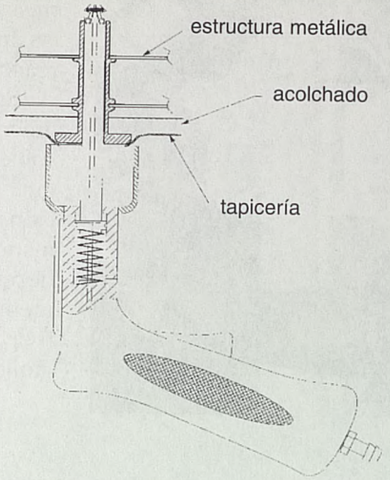


Figura 31. Diseño F. Farrer, FREMAP.

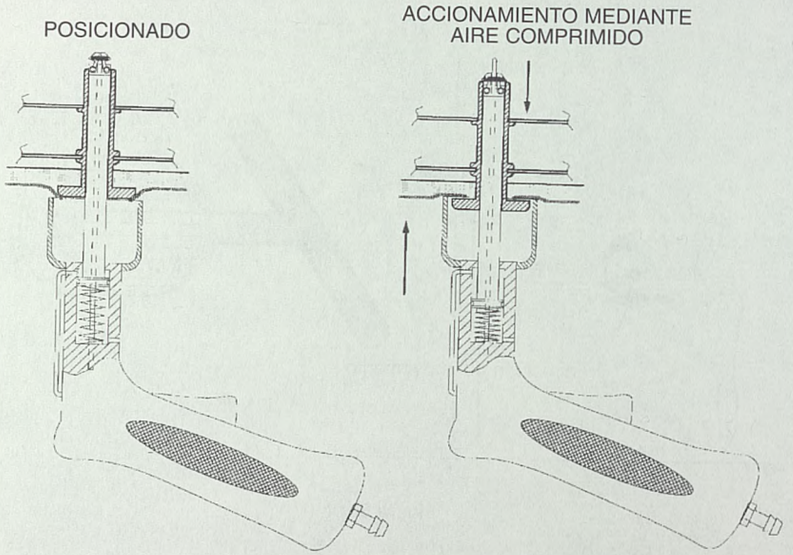


Figura 32

Clasificación de las herramientas manejadas a mano

Podemos establecer la siguiente clasificación, para diferenciar ciertos aspectos entre éstas:

Herramientas manejadas a mano que realizan su tarea mediante la propia fuerza:

Según el efecto producido:
Herramientas de corte.
Herramientas de apriete.
Herramientas de percusión.

Según el esfuerzo de acción de la mano:
Torsión.
Aprehensión.
Tracción.
Empuje.

Herramientas manuales motrices:

Eléctricas.
De aire comprimido.
De combustión interna (motores de gasolina, etc.).
De explosión (clavadoras).

En este tipo de herramientas es muy importante controlar los pares de torsión. Cuando superen los valores recomendados tendrán que funcionar de forma que contrarresten por sí solas las fuerzas de reacción. La mano sólo deberá accionar el gatillo y dirigir.

Otro punto fundamental en las herramientas denominadas «de corte» es mantener correctamente los filos, ya que un deterioro o un desgaste de los mismos produce un aumento de los esfuerzos necesarios para su utilización.

Par de reacción en las manos

Las herramientas de apriete motrices producen un par de reacción en la mano en función del par producido. El par de apriete debe generarse poco a poco para que los músculos de la mano tengan tiempo suficiente para contraerse y así no realizar un esfuerzo brusco. Cuando estos pares son de elevada magnitud, la herramienta tendrá que disponer de un

embrague de desconexión automática para que una vez alcanzado el par deseado se desconecte la fuerza.

Así, el impulso total que recibe la mano dependerá de la velocidad de la herramienta, del par fijado y de la rapidez con que se desconecte el embrague. El impulso total absorbido es la suma de los sectores A + B.

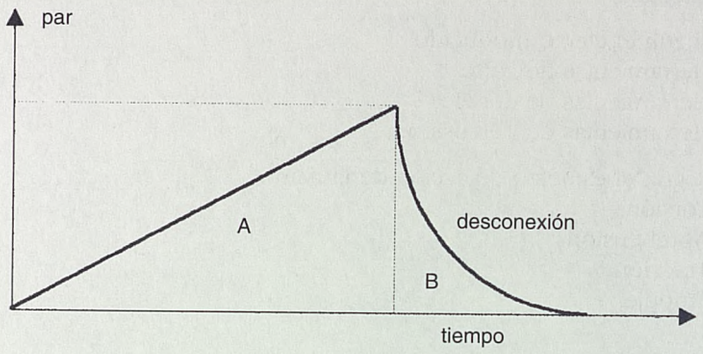


Figura 33

La fuerza de giro que se requiere para apretar un tornillo, fijar una tuerca, etc., es igual y opuesta a la generada en la empuñadura de la herramienta. No obstante, hay dispositivos que hacen que la reacción en la empuñadura sea menor que la del par de apriete. Esto se consigue con la conjunción de una serie de masas internas que absorben la diferencia.

Existen varias modalidades:

Herramientas de ahogo: todo el par que se aplica en el tornillo reacciona en la mano del operario que sujeta la herramienta. Se puede colocar un embrague de trinquete, lo que no tiene efecto sobre la reacción del par pero sirve de elemento de medida para cuantificar el valor. Se deberán emplear barras de reacción cuando el par supere el máximo recomendado para la muñeca.

Llaves de impacto: la única reacción de par que tiene lugar en la empuñadura es la que se produce por el martillo hasta que coge velocidad. Se pueden aplicar pares de apriete muy elevados (> 5.000 Nm sin el empleo de barras de reacción).

Herramientas de impulso: se pueden aplicar pares de apriete de hasta 500 Nm sin el empleo de barras de reacción.

Herramientas de corte de aire: estas herramientas tienen un mecanismo de embrague que corta el suministro de aire cuando se alcanza el par preajustado. Por tratarse de un embrague de acción muy rápida, la inercia inherente de la máquina absorbe un gran porcentaje de la fuerza de reacción.

Peso de herramientas

Según B. Chaffin, no es posible especificar un límite concreto en el peso de las herramientas para todas las situaciones. Si una herramienta de mano tiene que manejarse durante largos períodos de tiempo se debe aplicar un límite. Si la herramienta se utiliza con el brazo flexionado o el hombro en abducción se requerirá un valor más bajo. En caso de que el uso sea ocasional se podrán emplear herramientas de mayor peso.

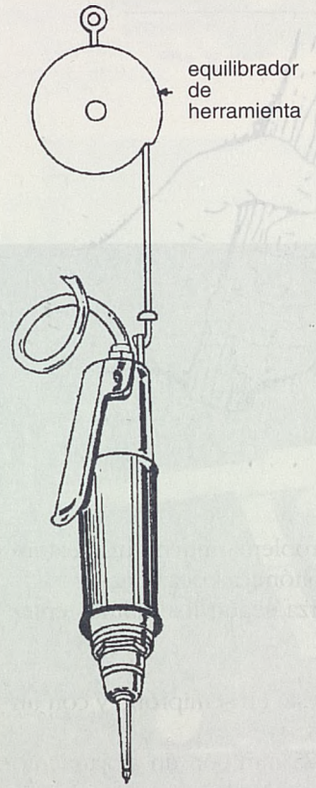


Figura 34

Siempre que sea posible las herramientas se suspenderán para eliminar el esfuerzo innecesario debido a su peso. Con este objetivo se emplean unos dispositivos denominados equilibradores. Hay dos tipos:

– Equilibrador estándar de muelle: en este sistema existe un muelle que retrae la herramienta hasta la posición de espera. El inconveniente está en que el trabajador debe vencer la carga cuando quiere variar esta posición.

– Equilibrador de tensión constante: la herramienta queda suspendida independientemente de la longitud del cable. El inconveniente puede estar en que la herramienta ha de ser movida hasta la posición de espera manualmente.

Otro aspecto de gran importancia es el punto de suspensión, que estará situado en función de la dirección del uso de la herramienta, así como de la distribución de las masas de la misma.

Consideraciones básicas de los mangos de las herramientas

En primer lugar, hay que diferenciar dos tipos de agarres que condicionan la forma y dimensiones de los mangos. Existen básicamente dos:

– Agarre de fuerza. Los dedos y el pulgar se ciñen alrededor del objeto para proporcionar la máxima superficie de contacto entre la palma de la mano y el objeto. El pulgar está flexionado y las articulaciones de los nudillos están normalmente menos dobladas que las de los dedos. Este agarre sirve para aplicar momentos o evitar que los objetos roten.
– Agarre de precisión. Utiliza los pequeños músculos de la mano que tienen un mayor control nervioso, pero son más delicados y se fatigan antes.

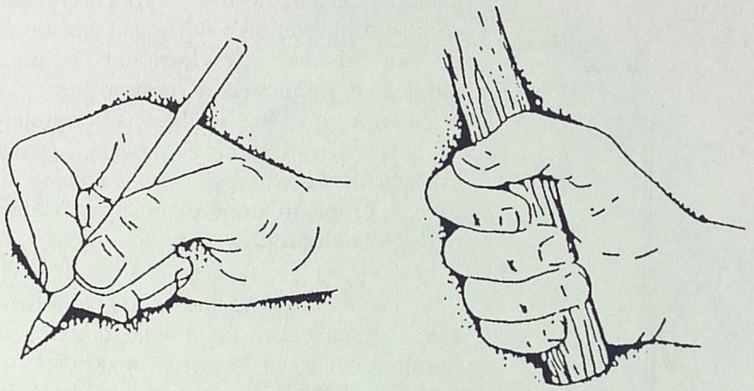


Figura 35

Nos vamos a referir al primero por ser un problema mucho más extendido y por ser el que mayores dificultades ergonómicas ocasiona.

Los mangos diseñados para agarres de fuerza según los últimos criterios deben asegurar (Figura 36):

– Una posición donde el plano de la mano esté en semiprono y con un ángulo de agarre próximo a los 70 grados.
– Un ancho de mango de un mínimo de 125 mm con un alojamiento de 70 mm por encima de los dedos.
– Diámetro de alrededor de 40 mm y de forma cilíndrica o elíptica.
– Presión en la mano < 200 Kpa (2 atmósferas técnicas).

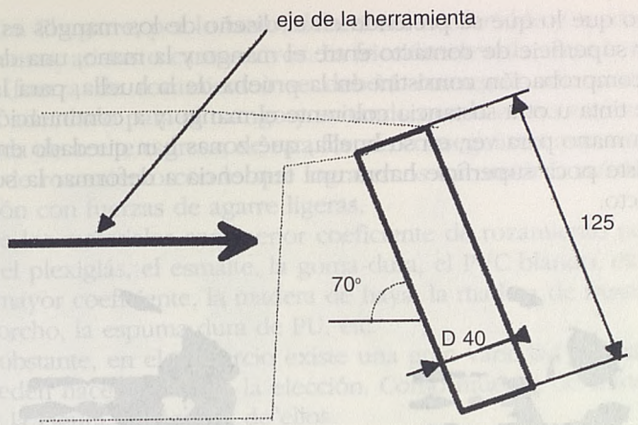


Figura 36

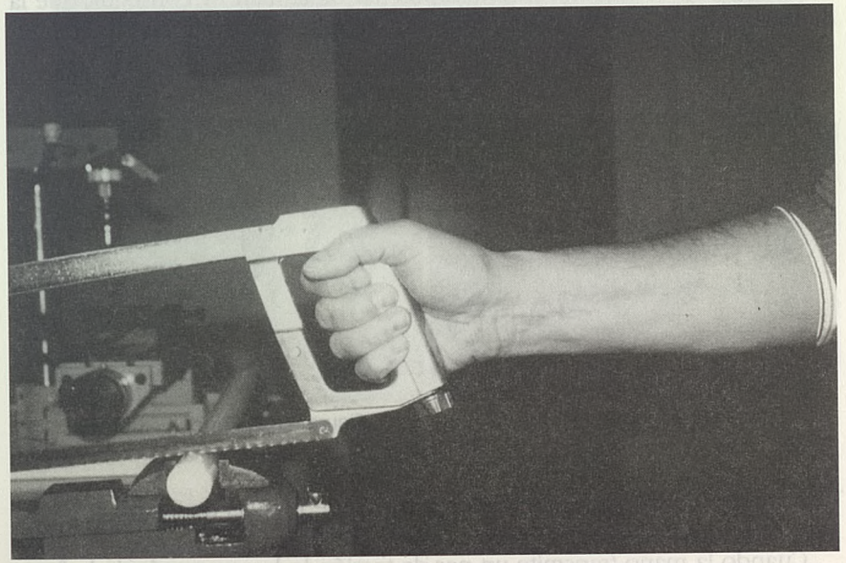


Figura 37

Puesto que lo que se pretende en el diseño de los mangos es proveer la mayor superficie de contacto entre el mango y la mano, una de las formas de comprobación consistirá en la prueba de la huella, para la que se cubre de tinta u otra sustancia colorante el mango y a continuación se coge con la mano para ver, en su huella, qué zonas han quedado en contacto. Si existe poca superficie habrá una tendencia a deformar la superficie de contacto.

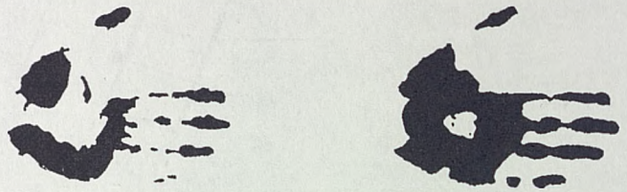


Figura 38

En la siguiente imagen se muestra un mango experimental, que pretende adaptarse a la zona tenar e hipotenar de la mano y conseguir que la dirección del esfuerzo coincida con la del antebrazo y la muñeca (Figuras 39 y 40).

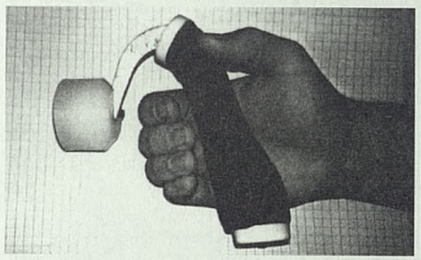


Figura 39 (F. Farrer, FREMAP).

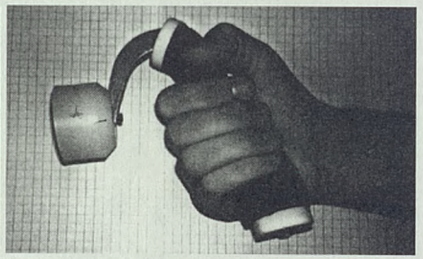


Figura 40 (F. Farrer, FREMAP).

Transmisión de los pares de torsión a través de fuerzas de agarre

Cuando la mano transmite un par de torsión lo hace a través de la fuerza de rozamiento que existe entre la piel y el material del mango sobre el

que actúa. El agarre, por lo tanto, deberá ser confortable y no dañarla por acanaladuras, aristas o cantos vivos. La fricción elevada entre la mano y el mango (fuerza de rozamiento) se deberá conseguir seleccionando un material adecuado para el mango y evitando que la mano esté sudorosa o manchada de aceite o grasa; de esta forma, conseguimos aumentar el coeficiente de rozamiento con lo que lograremos transmitir la máxima fuerza de torsión con fuerzas de agarre ligeras.

Entre los materiales con menor coeficiente de rozamiento nos encontramos el plexiglás, el esmalte, la goma dura, el PVC blando, etc., y entre los de mayor coeficiente, la madera de haya, la madera de fresno, el cuero, el corcho, la espuma dura de PU, etc.

No obstante, en el comercio existe una gran variedad de mangos que nos pueden hacer dudar en la elección. Como muestra de éstos exponemos en la Figura 41 algunos de ellos.

La selección la realizaremos teniendo en cuenta los criterios ergonómicos expuestos.

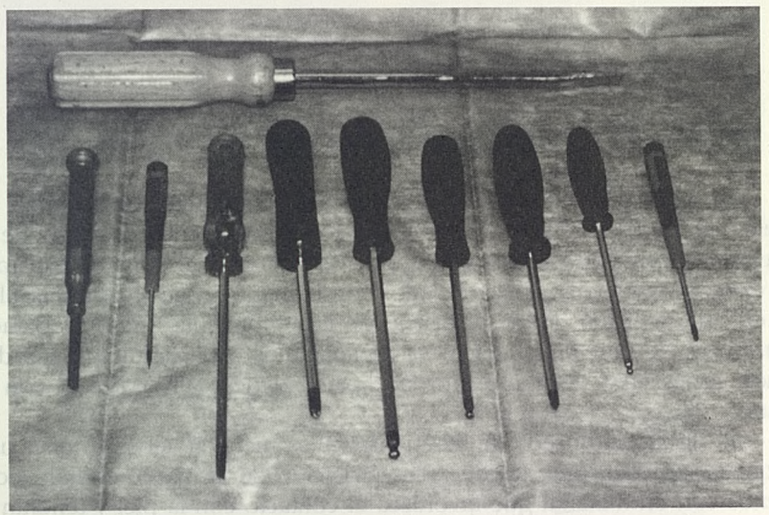


Figura 41

Herramientas de dos mangos

Nos referimos a un tipo de herramientas, como alicates, tijeras, etc., cuyo uso está muy extendido en todos los centros de trabajo. En este caso,

la ejecución principal de la fuerza coincide con la acción de acercar los dos mangos, aunque también se puede realizar conjuntamente otro tipo de esfuerzos.

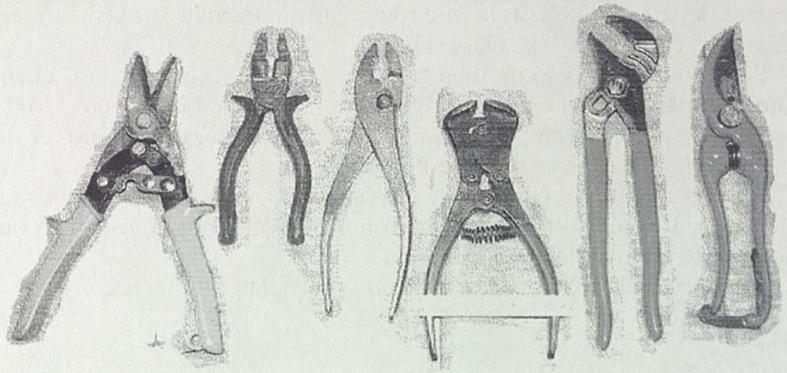


Figura 42

En este tipo de herramientas son importantes dos aspectos:

– La distancia entre las asas cuando se ejecuta el máximo esfuerzo. La fuerza de aprehensión, como hemos visto anteriormente, depende de la abertura de las manos. Existe una posición para la cual la mano es capaz de ejercer los esfuerzos más elevados con la menor contracción muscular. Es en esta posición donde el diseño de la herramienta estará preparado para hacer su función principal. Si aumentamos o disminuimos esta distancia repercutirá disminuyendo la capacidad de realizar fuerza con la mano.

– El diseño intrínseco de los mangos. Los mangos deberán tener una pequeña curvatura que ayude a la adaptación de la mano, estarán recubiertos con un material que favorezca el contacto con la piel y tendrán la longitud suficiente para que apoye toda la mano. Evitar siempre que existan aristas o bordes agudos que a la larga originarán lesiones en la piel y en estructuras adyacentes. En el caso de la mano, por su especial anatomía, podrían resultar dañados tendones o nervios.

Es conveniente que posean un muelle de retroceso que mantenga la herramienta abierta.

Teniendo en cuenta la gráfica correspondiente a la Figura 27 y con un correcto diseño, podremos obtener ventajas mecánicas cuando usemos determinadas herramientas. En el ejemplo siguiente nos referimos a herramientas de corte para utilizar con una sola mano, cuyas ventajas mecánicas varían considerablemente debido a los diferentes diseños empleados.

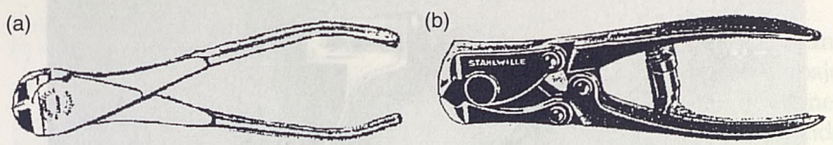


Figura 43. (a) Alicates de corte frontal potente. (b) Cizallas de palanca de corte frontal.

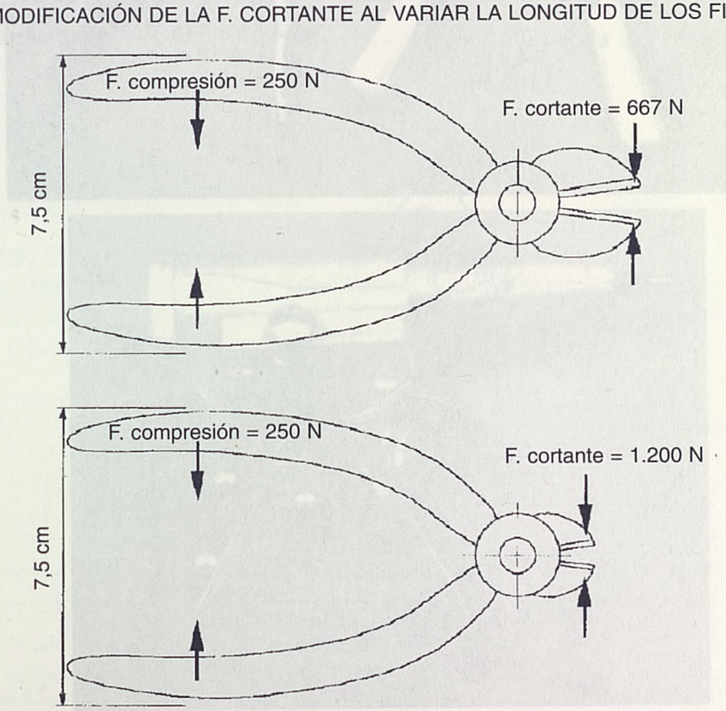
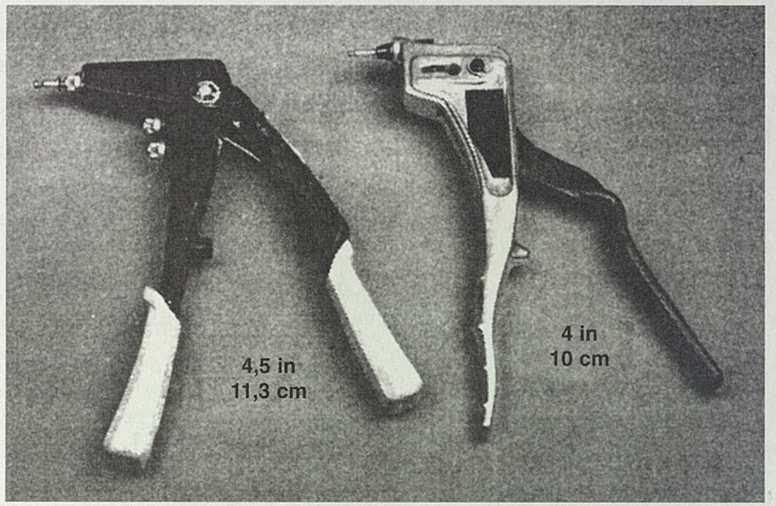


Figura 44

Si tomamos como ejemplo una remachadora de mano, deberemos tener en cuenta que el esfuerzo máximo que se va a realizar coincida con la abertura de la misma, en la que hay una mayor capacidad para realizar los esfuerzos de aprehensión.



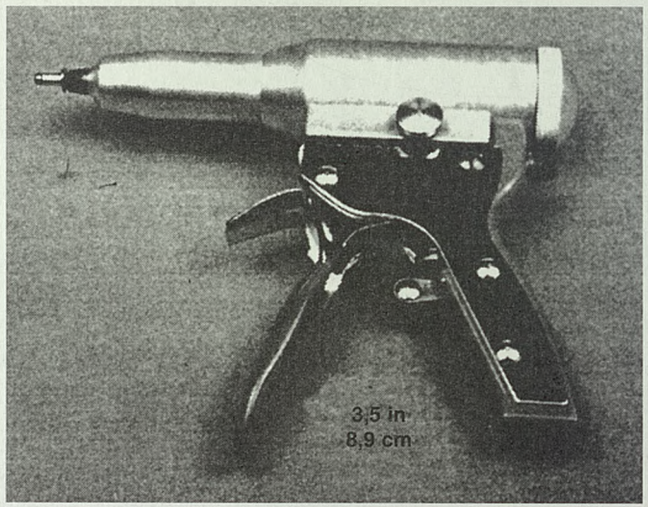


Figura 45

Es conveniente, de cara a la seguridad, colocar algún tope en las herramientas con las que se realizan esfuerzos elevados, de forma que se eviten los pinzamientos de la mano al cerrar los mangos.

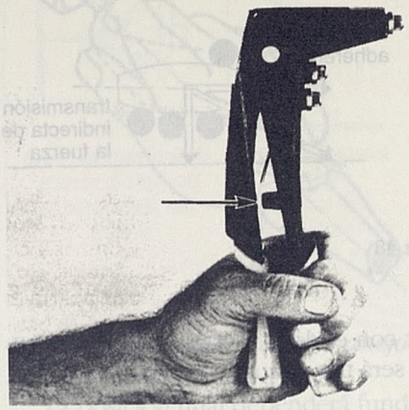


Figura 46

Dirección de los esfuerzos

Los esfuerzos realizados cuando se ejecuta cualquier trabajo con una máquina tienen que tener una línea de acción que coincida con el eje del antebrazo, mano y muñeca en posición neutra. Cuando esto no se cumple, se generan esfuerzos y momentos de fuerza accesorios que producen mayor demanda de contracción muscular.

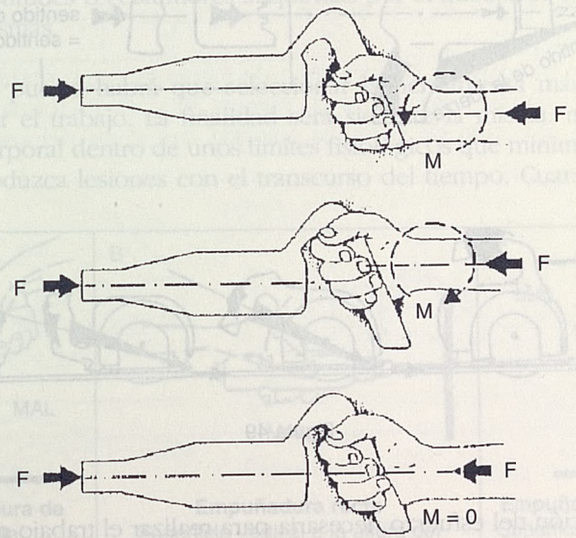


Figura 47

La transmisión de la fuerza puede ser por arrastre de forma o por rozamiento. Si es de forma se puede transmitir más fuerza que en el arrastre por rozamiento.

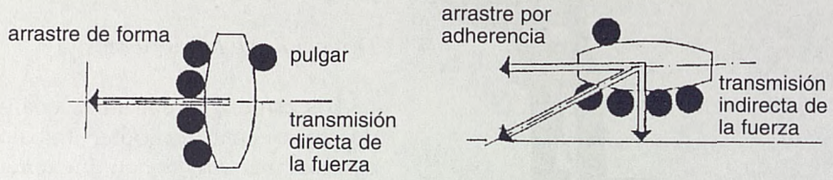


Figura 48

El sentido de trabajo debe coincidir con el de la fuerza, o, si es técnicamente imposible, el ángulo de desfase será tan pequeño como sea posible.

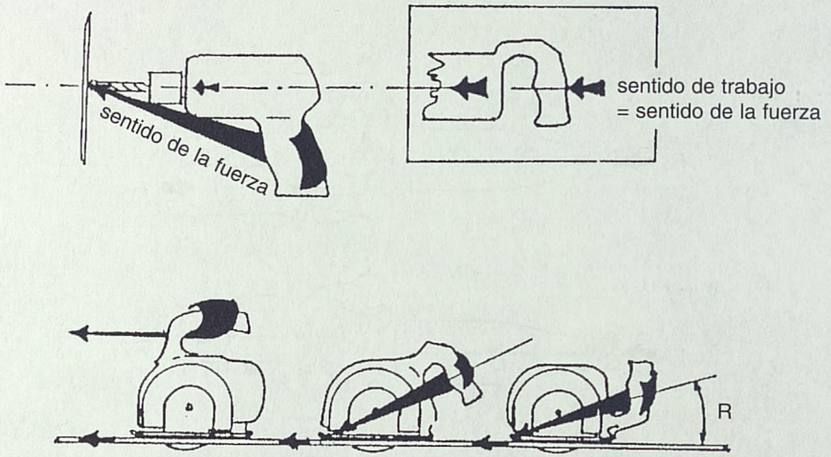


Figura 49

La dirección del esfuerzo necesaria para realizar el trabajo no depende exclusivamente de la geometría de la herramienta, en realidad es una combinación de ésta y de la altura e inclinación del eje de acción del mismo.

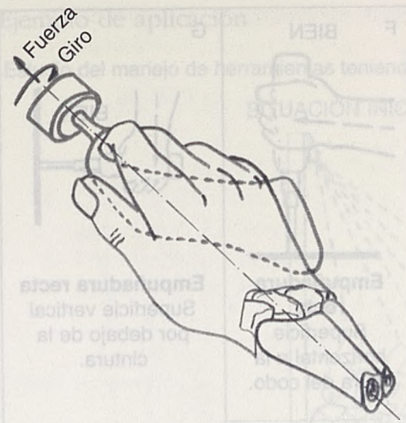


Figura 50

Por lo tanto, ambos factores son decisivos a la hora de adoptar una posición final de trabajo.

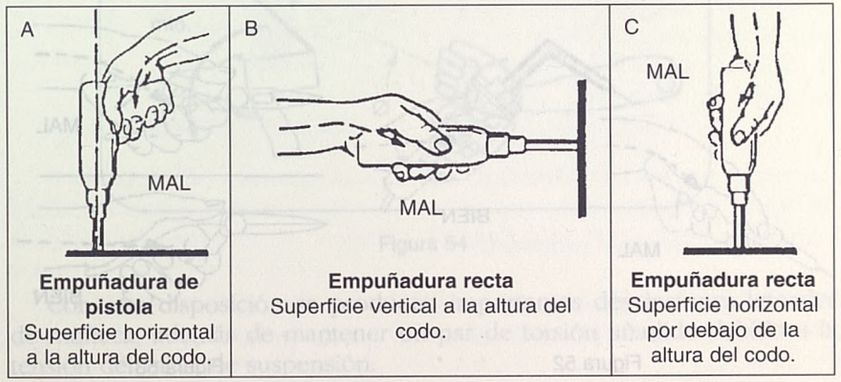
La geometría de la herramienta y la disposición del puesto de trabajo deben permitir mantener alineada la muñeca y el antebrazo, tal y como se muestra de forma simbólica en la Figura 50.

Posiciones adoptadas en el manejo de herramientas

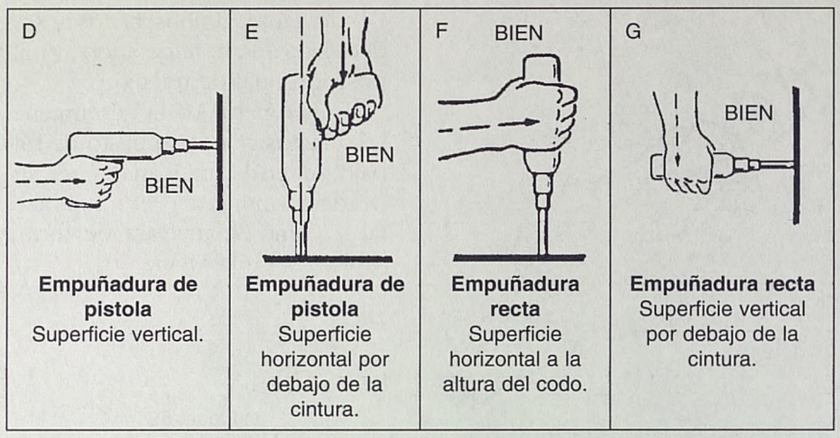
La posición final dependerá fundamentalmente de una serie de factores:

- La geometría de la herramienta utilizada.
- La geometría del puesto de trabajo.
- Las aptitudes o costumbres adquiridas por el trabajador en el uso de las mismas.

En cada puesto habrá que seleccionar la herramienta más adecuada para realizar el trabajo. La finalidad será siempre la misma: mantener la posición corporal dentro de unos límites fisiológicos que minimicen la fatiga y no produzca lesiones con el transcurso del tiempo. Cuando además



Empuñadura de pistola Superficie horizontal a la altura del codo.	**Empuñadura recta** Superficie vertical a la altura del codo.	**Empuñadura recta** Superficie horizontal por debajo de la altura del codo.



Empuñadura de pistola Superficie vertical.	**Empuñadura de pistola** Superficie horizontal por debajo de la cintura.	**Empuñadura recta** Superficie horizontal a la altura del codo.	**Empuñadura recta** Superficie vertical por debajo de la cintura.

Figura 51

se trata de operaciones repetitivas, el tema puede tener mayor gravedad, ya que la adopción de posturas anómalas causará a la larga daños en el sistema musculoesquelético que pueden cronificarse y convertirse en lesiones de peor pronóstico.

En las Figuras 51, 52 y 53 se exponen ejemplos de posturas adecuadas y de inadecuadas.

Si queremos realizar la operación de forma manual, podremos mejorarla con un diseño como el de las Figuras 39 y 40. La forma del mango hace que la dirección de la fuerza coincida con el eje del antebrazo y la muñeca.

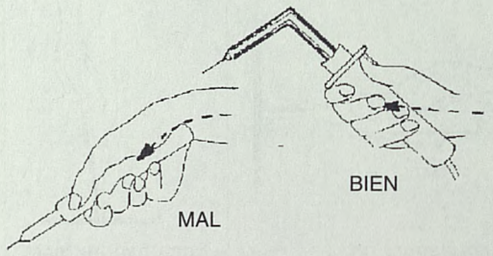


Figura 52

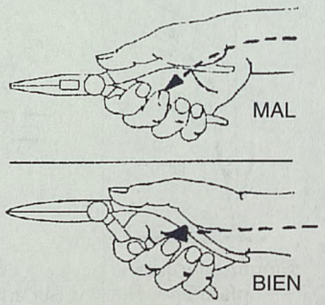


Figura 53

Ejemplo de aplicación

Estudio del manejo de herramientas teniendo en cuenta las direcciones de los esfuerzos.

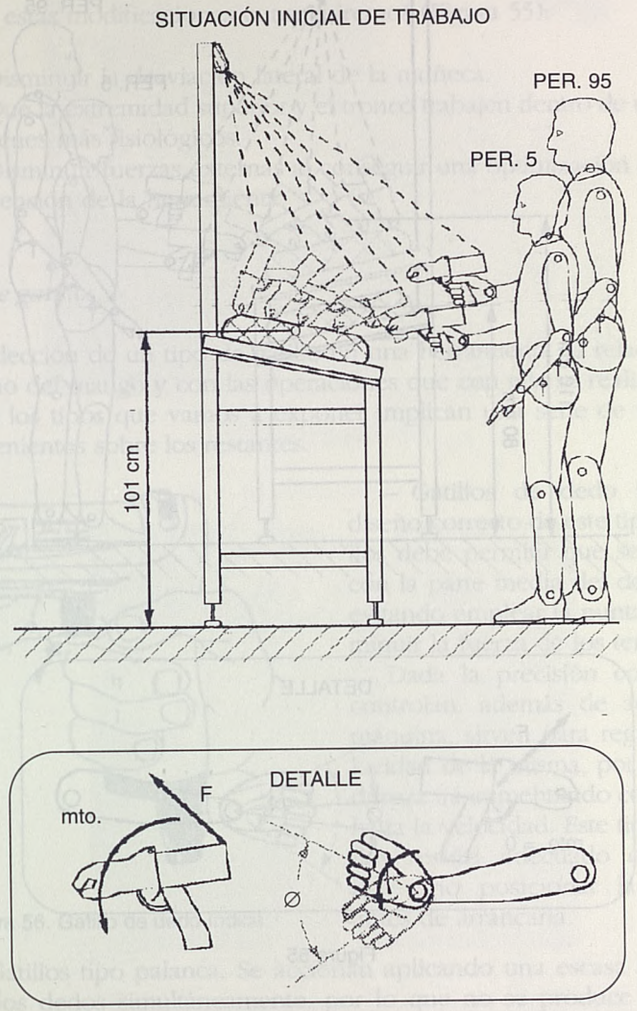


Figura 54

Con esta disposición se producen importantes desviaciones laterales de muñeca, además de mantener un par de torsión añadido debido a la tensión del cable de suspensión.

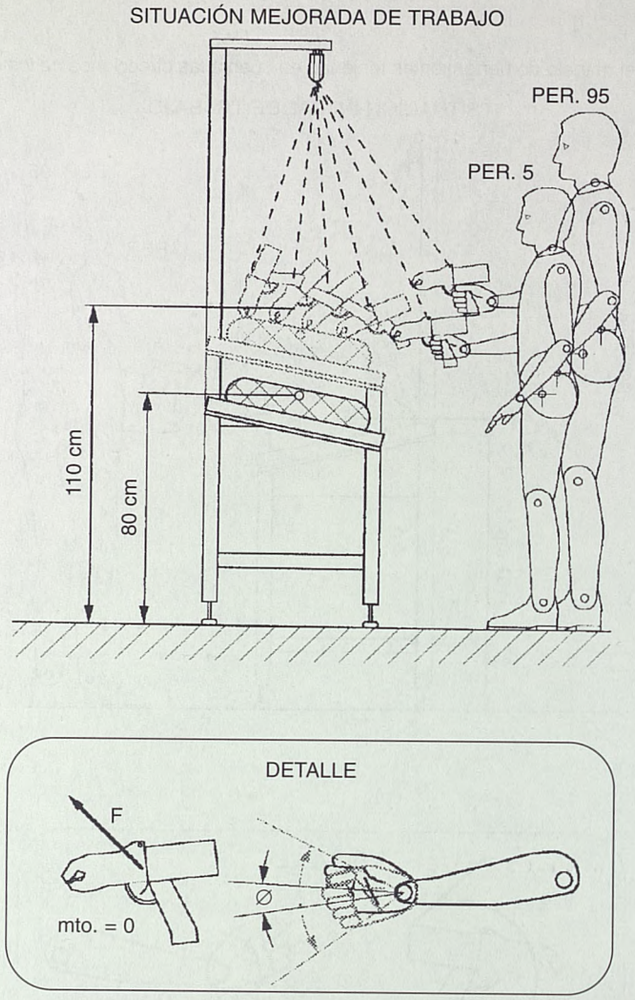


Figura 55

Transformaciones propuestas:

1. Graduar la altura de trabajo en función de la talla del trabajador.
2. Suspender la herramienta de un punto cercano al centro de gravedad.

3. Recolocar el equilibrador para evitar tensiones añadidas debido a su posición.

Con estas modificaciones conseguiremos (Figura 55):

1. Disminuir la desviación lateral de la muñeca.
2. Que la extremidad superior y el tronco trabajen dentro de unos márgenes más fisiológicos.
3. Disminuir fuerzas externas al conseguir una optimización en la suspensión de la herramienta.

Tipos de gatillos

La elección de un tipo de gatillo en una herramienta se relaciona con el diseño del mango y con las operaciones que con ella se realizan. Cada uno de los tipos que vamos a exponer implican una serie de ventajas e inconvenientes sobre los restantes.

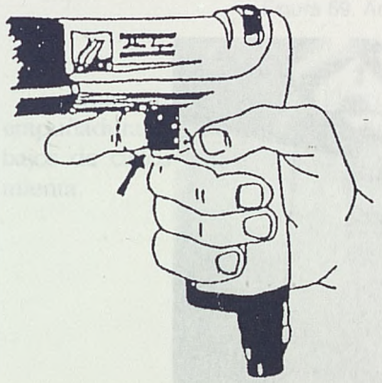


Figura 56. Gatillo de dedo índice.

– Gatillos de dedo índice. El diseño correcto de este tipo de gatillos debe permitir que se accionen con la parte media del dedo índice evitando emplear la punta para disminuir la fuerza de los tendones.

Dada la precisión con que se controlan, además de accionar la máquina, sirven para regular la velocidad de la misma, por lo que su dureza irá aumentando conforme lo haga la velocidad. Este tipo de gatillos resulta adecuado cuando es necesario posicionar la máquina antes de arrancarla.

– Gatillos tipo palanca. Se accionan aplicando una escasa fuerza por todos los dedos simultáneamente, por lo que no se produce fatiga; sin embargo, el agarre resulta inestable. Es ideal para operaciones repetitivas y que no exigen precisión.

– Gatillos de dedo pulgar. Se pueden accionar teniendo la herramienta firmemente agarrada. Es aplicado en máquinas como los martillos neumáticos en los que se aplican elevadas fuerzas.

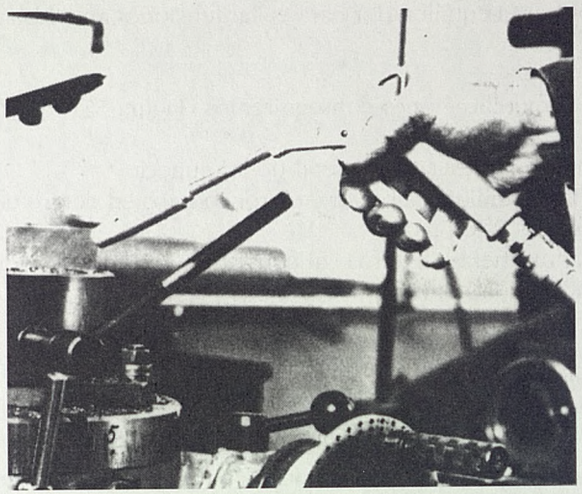


Figura 57. Gatillo tipo palanca.



Figura 58. Gatillo de dedo pulgar.

– Arranque por empuje. Se emplea fundamentalmente en destornilladores. El gatillo se acciona al aplicar una fuerza de empuje sobre la herramienta.



Figura 59. Arranque por empuje.

– Arranque por palanca. El accionamiento del gatillo forma parte de la empuñadura, lográndose una gran firmeza. Su uso es adecuado para trabajos de ciclos largos o que supongan una elevada fuerza en la herramienta.

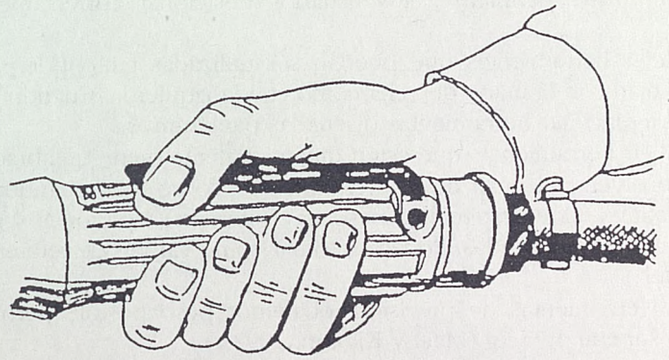


Figura 60. Arranque por palanca.

Selección de herramientas

Cuando se selecciona una herramienta se tendrá en cuenta una serie de puntos para que se adapte de la mejor forma posible a los usuarios. A continuación damos unos consejos generales que pueden servirnos de guía a la hora de seleccionar herramientas:

– Asegurarse de que las herramientas permiten al usuario trabajar con sus muñecas en posición recta y con los codos cerca del cuerpo.
– Comprobar que los mangos de la herramienta no dejan surcos o marcas en la palma de la mano de los usuarios.
– Las empuñaduras deben distribuir la fuerza sobre la mayor superficie posible, sin producir presiones en los costados de los dedos.
– Buscar herramientas con superficies redondeadas para que la mano no haga fuerza sobre esquinas o cantos agudos.
– Cuando se usan herramientas de corte, sierras manuales, tijeras, etc., en las cuales se introducen las manos o dedos, asegurarse de que el espacio destinado para alojarlos sea suficiente. En caso contrario, la compresión puede provocar molestias y lesiones en estas zonas.
– Cuando las herramientas tienen acanaladuras para acomodar los dedos, éstas pueden ser demasiado pequeñas o demasiado grandes. Al apoyar los dedos sobre los bordes de la acanaladura puede producirse una presión sobre los nervios y los vasos sanguíneos. Es difícil elegir una herramienta con acanaladuras que sea cómoda para todas las personas, por lo que normalmente será mejor prescindir de ellas.
– Evitar que las herramientas tengan mangos lisos y resbaladizos. En lugar de éstos buscarlos con empuñaduras cuya configuración sea fácil de sostener y que permitan a los usuarios posicionar correctamente las manos.
– Elegir herramientas que puedan ser utilizadas tanto por personas que trabajan con la mano derecha como con la izquierda. Cuando esto no es posible, facilitar herramientas diseñadas para zurdos.
– Elegir herramientas que estén dinámicamente bien equilibradas.
– Considerar el peso de las herramientas, sobre todo cuando su uso sea repetitivo. Con respecto al peso hay diferentes opiniones según las investigaciones realizadas. Podemos tomar como valores de referencia los siguientes:
  – Herramientas de precisión: el menor peso posible pero nunca superar 1,75 kg (Mital y Kilbom, 1992).
  – Herramientas de fuerza: preferiblemente sobre 1,12 kg, pero nunca superior a 2,3 kg (Mital y Kilbom, 1992).

Respecto a las vibraciones:

– Evitar vibraciones entre 2-200 Hz para trabajos repetitivos.
– Eliminar las vibraciones siempre que sea posible (el segmento por encima de 1.000 Hz es menos crítico que por debajo de 100 Hz).

Cuando las vibraciones no se puedan eliminar se hará una evaluación a la exposición de las mismas (norma ISO 5349).

La patología osteoarticular del miembro superior se relaciona en mayor medida con el uso de herramientas que producen vibraciones, cuya frecuencia es menor de 40 Hz. Altos niveles de vibración de baja frecuencia y esfuerzos musculares importantes pueden causar desgaste superficial de las articulaciones. Vibraciones de impacto pueden producir microfracturas óseas e interferir en la normal nutrición del cartílago articular que, como sabemos, se realiza a partir del líquido sinovial.

Mantenimiento de herramientas

Un punto fundamental en el uso de las herramientas es el mantenimiento de las mismas. Si existen elementos de corte deberán revisarse periódicamente para comprobar su estado. Un filo desgastado de una herramienta puede repercutir en la fuerza necesaria para su utilización, duplicando o triplicando la misma.

El aumento de la fuerza no sólo produce mayor fatiga y esfuerzo para el sistema musculoesquelético, sino que también disminuye la seguridad en el trabajo. Si tomamos como ejemplo una sierra circular con el disco desgastado, veremos que, por un lado, es mucho mayor la fuerza necesaria para realizar el corte y, por otro, elevamos el peligro potencial de un accidente al resbalar la mano, retroceder la sierra, etc.

Cuando las herramientas se encuentran en malas condiciones, disminuye mucho la seguridad en la operación y puede aumentar la demanda normal de la tarea.

Carga muscular estática

Uno de los inconvenientes con que nos encontramos cuando manejamos herramientas es la necesidad de mantener posiciones fijas o estáticas en períodos largos de tiempo. Tanto si se trata de herramientas pesadas como ligeras, en posiciones incómodas, es necesario mantener contrac-

ciones isométricas prolongadas que serán la causa de la producción de fatiga. No obstante, si los músculos implicados son muy pequeños, como es el caso de los de la mano, ésta puede pasar desapercibida, con lo que estamos sobrecargando una parte del cuerpo sin percibirlo.

El peso de las herramientas manuales deberá ser tan pequeño como sea posible, aunque existen pocos criterios unificados, debido en parte a la enorme cantidad de tareas y herramientas diferentes existentes.

Una situación extrema es la de la Figura 61, en la que debido a la posición de las manos se suspenden los brazos mediante unos equilibradores para evitar la fuerza muscular estática. Este sistema evita la fatiga de los músculos del brazo y del hombro, y disminuye la carga sobre la espalda.

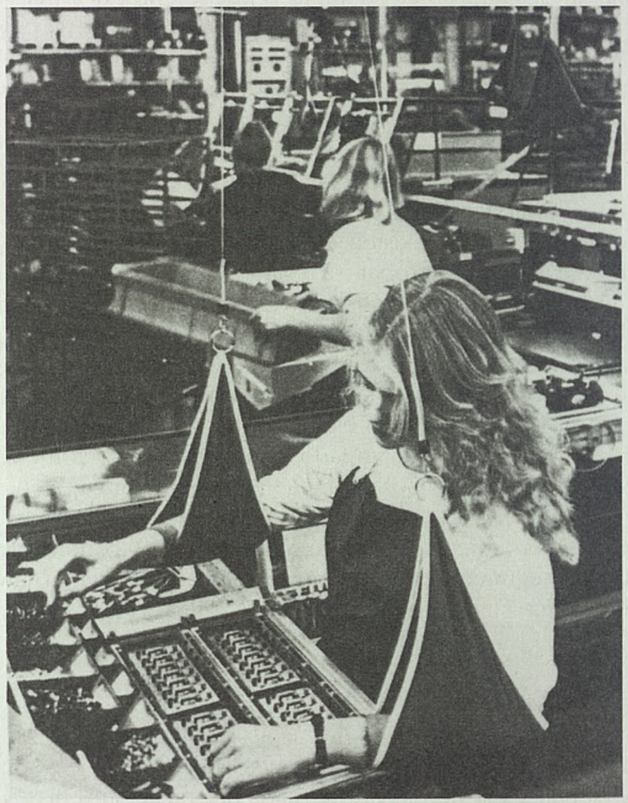


Figura 61

TERCERA PARTE

EL AMBIENTE FÍSICO

1 La ergonomía del ambiente físico

La norma UNE 81-425-91, recogiendo el contenido de la norma internacional ISO 6385, define el ambiente de trabajo como el conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos, sociales y culturales que rodean a una persona en el interior de un espacio de trabajo. Sin embargo, los factores sociales y culturales no son cubiertos por las mencionadas normas.

La concepción del ambiente del trabajo debe ser tal que los elementos mencionados no perturben la salud de la persona, ni su capacidad de trabajo.

En principio la higiene industrial trata de evitar la enfermedad profesional y, por ello, es una técnica que propicia la salud física, pero en la actualidad el concepto de «salud» está vinculado al de «bienestar» y ello significa que el trabajador no sólo debe *estar bien,* sino que se debe *sentir bien.*

Ello obliga a abordar el estudio de cualquier aspecto del ambiente físico, como es común en la ergonomía, desde tres frentes: los factores medibles del ambiente que son susceptibles de ser modificados, los efectos fisiológicos producidos por estos factores y, también, cómo siente el trabajador dicho ambiente.

El segundo objetivo es favorecer la capacidad de diálogo en el sistema hombre-máquina; para ello es necesario conocer los aspectos que actúan

perjudicando esta comunicación y que pueden considerarse ruido comunicacional.

El estudio de los efectos de cada uno de los factores ambientales de forma aislada es casi una necesidad, dada la complejidad que supondría considerar el ambiente de trabajo en un sentido amplio de la palabra, es decir, todos los aspectos ambientales superpuestos. Pero hay que asumir que se comete un error con esta simplificación, ya que los efectos de los distintos factores puestos en juego están relacionados entre sí de alguna forma, y se requeriría un tratamiento sistemático y, en cualquier caso, globalizador de todos los factores. Existen estudios de efectos combinados cuando actúan varios factores, como el que considera temperaturas efectivas y niveles de ruido simultáneamente, respecto a rendimientos en distintos tipos de trabajo.

El ambiente sonoro

El estudio del ambiente sonoro dentro de la ergonomía resulta interesante a causa de los distintos matices que hay que considerar. El fenómeno medible en este caso es el sonido.

Desde el punto de vista físico, el sonido es una vibración mecánica transmitida por el aire, capaz de ser percibida por el órgano auditivo. Para ello, y considerando individuos normales, se deben dar dos condiciones:

- Alcanzar una amplitud mínima o umbral, que depende de la entidad del factor que desencadena el fenómeno.
- Que su frecuencia se encuentre comprendida entre 20 y 20.000 ciclos/s o Hz.

En las industrias no es fácil que se produzcan sonidos puros a frecuencias determinadas, sino una multitud de sonidos simultáneos. Consideremos una máquina en funcionamiento, se producen distintos sonidos por cada uno de sus engranajes y sus distintas piezas en movimiento. Todo ello supone que lo que oímos es un conjunto de sonidos a distintas frecuencias. Si, como es normal, la distribución de estos niveles y frecuencias no se ajusta a una ley predeterminada o armónica, lo que percibimos se denomina ruido.

Si representamos en coordenadas niveles sonoros en función de frecuencias, obtendremos el espectro del ruido.

Por lo tanto, el ruido está caracterizado por su espectro y la calidad de éste depende de los intervalos de frecuencia que elijamos. Si el intervalo es 1 Hz obtendríamos un espectro que nos informa perfectamente del tipo

de ruido presente, pero en el plano práctico sería costoso obtenerlo y sólo se justificaría en estudios de investigación. En el plano práctico se utilizan intervalos (bandas) más amplios: de octava o de tercio de octava (Figura 1).

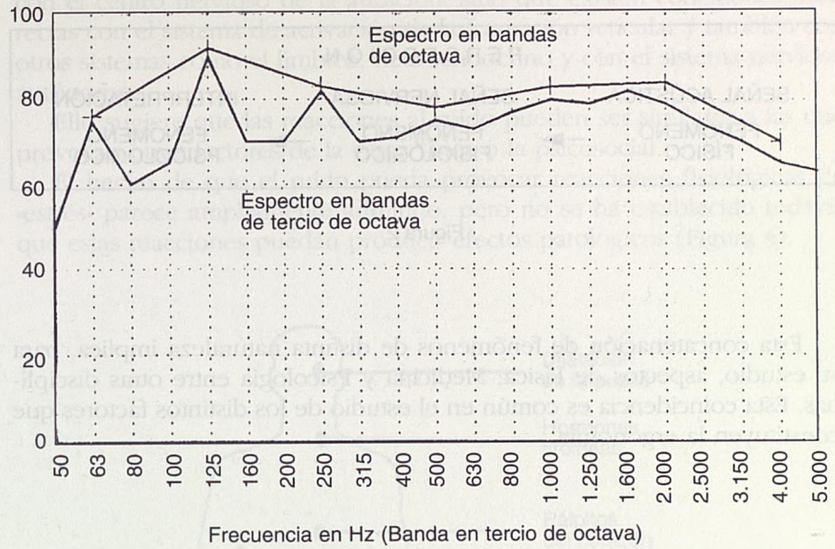


Figura 1. Ruido producido por un centro de transformadores.

Otro elemento presente en el ambiente sonoro son las señales. Éstas se caracterizan, además del espectro sonoro, por la información que transmiten. En realidad, en una señal el sonido es el vehículo de una información que es posible, normalmente, cuando se da una condición predeterminada. Generalmente es importante en la relación hombre-máquina.

También la palabra hablada es un elemento sónico que hay que considerar en ergonomía, por su alto contenido informativo, el más importante en la relación hombre-hombre.

Efectos en la persona

La percepción

El elemento sonoro incide en el oído desencadenando el proceso de percepción: el oído interno actúa de transductor, transformando la señal

física (mecánica) en señal fisiológica (nerviosa), la cual se transmite por medio del nervio auditivo al córtex auditivo, donde se produce la integración e interpretación de dichas señales (Figuras 2 y 3).

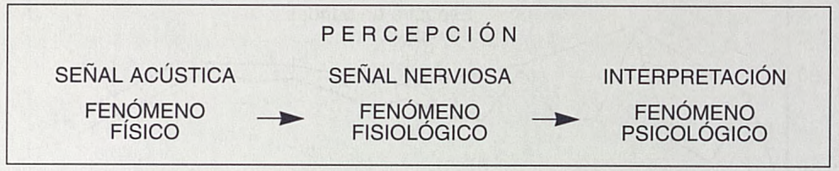


Figura 2

Esta concatenación de fenómenos de distinta naturaleza implica, para su estudio, aspectos de Física, Medicina y Psicología entre otras disciplinas. Esta coincidencia es común en el estudio de los distintos factores que constituyen la ergonomía.

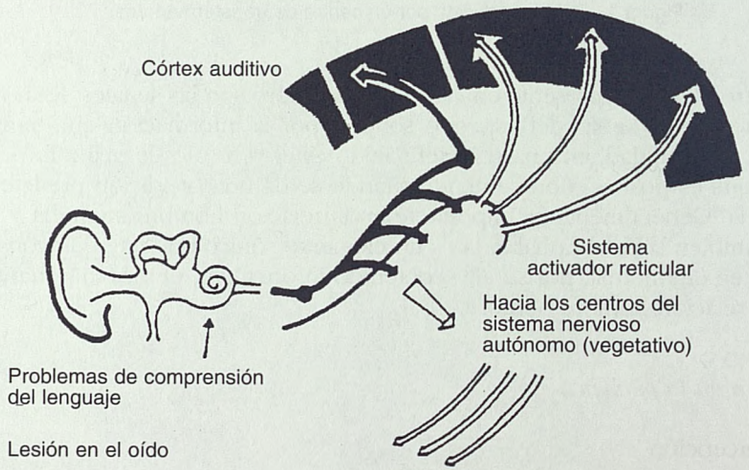


Figura 3. Esquema de las vías nerviosas auditivas (flechas negras) y de las vías laterales que determinan los efectos secundarios del ruido (según Grandjean).

Efectos extra-auditivos

En la Figura 3 se observa cómo las vías auditivas del sistema nervioso central no sólo corresponden a las vías directas que unen el oído interno con el centro nervioso de la audición, sino que existen conexiones indirectas con el sistema de activación de la formación reticular y también con otros sistemas como el límbico, neuroendocrino y con el sistema nervioso autónomo.

Ello sugiere que las reacciones al ruido pueden ser similares a las que provocan otros factores de la carga física o la psicosocial.

El hecho de que el ruido pueda provocar reacciones fisiológicas de «estrés» parece ampliamente admitido, pero no se ha establecido todavía que estas reacciones puedan producir efectos patológicos (Figura 4).

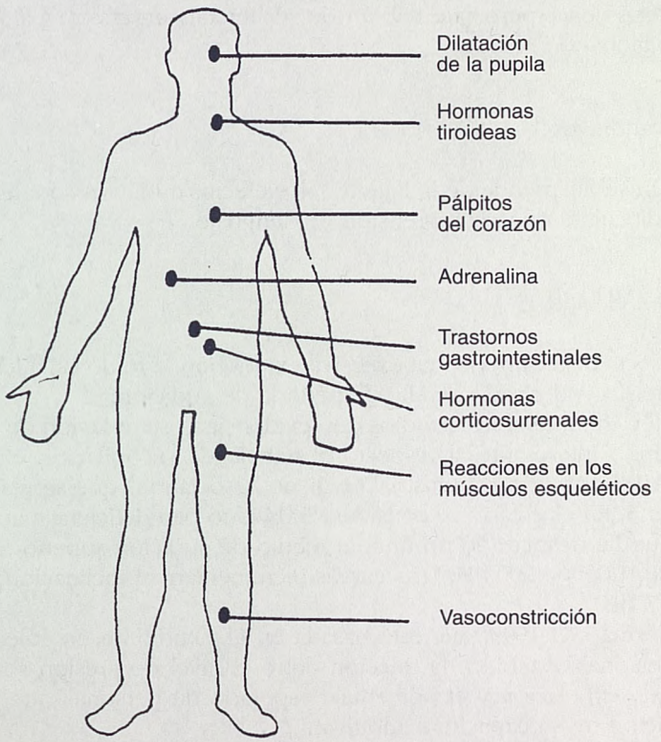


Figura 4. Efectos extra-auditivos del ruido.

Un análisis de 115 publicaciones referentes a los efectos extra-auditivos indica que los más importantes son:

- Modificaciones del sistema cardiovascular: tensión y frecuencias cardíacas.
- Influencia sobre la tonicidad muscular.
- Alteraciones del aparato digestivo.
- Alteraciones de la función visual.
- Alteraciones sobre el metabolismo.

Las diferencias constatadas en las reacciones endocrinas son debidas, probablemente, a las diferentes situaciones y a las características de las personas estudiadas, con sus reacciones, sus ritmos circardianos y sus motivaciones particulares.

Esto abre un abanico de posibilidades que complica la medición directa del fenómeno, pero que habrán de ser tenidas en cuenta para la evaluación global de la fatiga.

Efectos auditivos

Según se desprende de la Figura 3, los efectos auditivos son: lesión del oído y dificultad de la comprensión del lenguaje.

Lesión en el oído

Consecuencia clara de una excesiva exposición al ruido es la lesión del oído interno y, derivado de ello, la pérdida de audición.

Existen innumerables estudios que evidencian esta relación de causalidad, siendo interesante al respecto el trabajo de recopilación efectuado por la AIHA (American Industrial Hygiene Association) que se resume en la Figura 5. En este caso, se considera individuo con deficiencia auditiva a aquel que ha desplazado un umbral medio de audición superior a los 15 dB a 500, 1.000 y 2.000 Hz. Las curvas incrementan su inclinación a partir de los 85 dB.

La norma ISO 1999, que está basada en el estudio de un colectivo de 6.835 personas, establece la relación entre el nivel de presión sonora, el tiempo de exposición y el porcentaje esperado de personas que sufrirán disminución de su capacidad auditiva.

Valgan como anécdota las audiometrías practicadas en una población de 137 dentistas, que presentaban mejor umbral de audición, fundamentalmente en la banda de frecuencia de 4.000 Hz, en el oído derecho (en los dentistas diestros), que en el oído izquierdo, debido a la utilización en sus funciones profesionales de una fresa de alta velocidad.

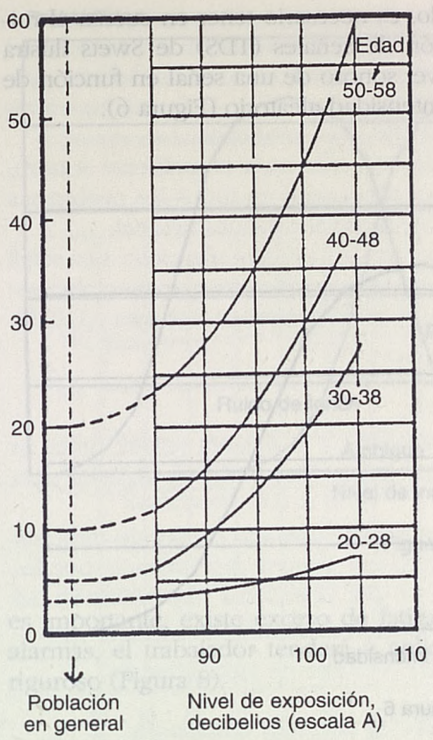


Figura 5. Incidencia de la incapacitación auditiva en % de población.

La directiva del Consejo de la CEE, del 12 de mayo de 1986, relativa a la protección de los trabajadores contra riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo (Real Decreto 1316 de 1989) considera que «al reducir la exposición al ruido disminuye, particularmente, el riesgo de pérdidas de audición causadas por el mismo».

También, y volviendo a los efectos extra-auditivos, señala que «los conocimientos científicos actuales relativos a los efectos de la exposición al ruido sobre la salud, al margen de los efectos sobre el oído, no permiten fijar niveles precisos de seguridad, pero, no obstante, la reducción de ruido disminuirá el riesgo de enfermedades no vinculadas a afecciones del oído».

Efecto sobre la detección de señales

Las señales son sonidos que transmiten mensajes. Éstas pueden darse de forma espontánea; por ejemplo, el deterioro de un mecanismo; o pueden aparecer según una secuencia o circunstancia determinada; por ejemplo, que se active una alarma.

Ésta es una forma de comunicación entre el hombre y la máquina, imprescindible cuando la otra forma de comunicación, la visual, no es posible o está deteriorada.

Al margen de los contenidos de información, las señales se perciben mejor cuando son de banda ancha y se deben diseñar con una duración de, al menos, 0,5 segundos.

Referente a los niveles de sonido, es necesario tener en cuenta el ruido de fondo. La teoría de detección de señales (TDS) de Swets ilustra sobre los criterios de diseño del nivel sonoro de una señal en función de un ruido de fondo de un nivel de intensidad aleatorio (Figura 6).

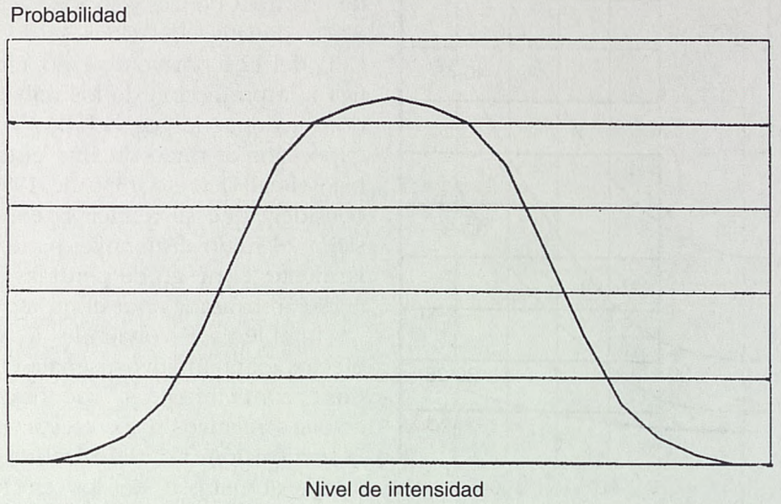


Figura 6

En un ruido de estas características, la distribución de probabilidades de que aparezcan distintos niveles de intensidad sigue una curva normal.

La superposición de una señal en ese ambiente sonoro, cuyo nivel se mantenga constante, se puede representar como una curva desplazada, respecto a la anterior, en un intervalo igual a su propio nivel sonoro (Figura 7).

La figura ilustra la indeterminación que se genera por la presencia de la zona ambigua en la que un oyente no es capaz de saber si la señal está presente o no. A partir del valor medio de intensidad en la curva del ruido (sin señal), el oyente puede sospechar la presencia de señal, pero no tener la certeza de ello.

En función del interés de la información que le proporciona la señal, el propio trabajador establecerá un criterio más o menos estricto de detección, de forma que si la información es importante tenderá a considerar que existe señal a partir de un nivel de intensidad relativamente bajo, con ello se incrementarían las falsas alarmas. Por contra, si la información no

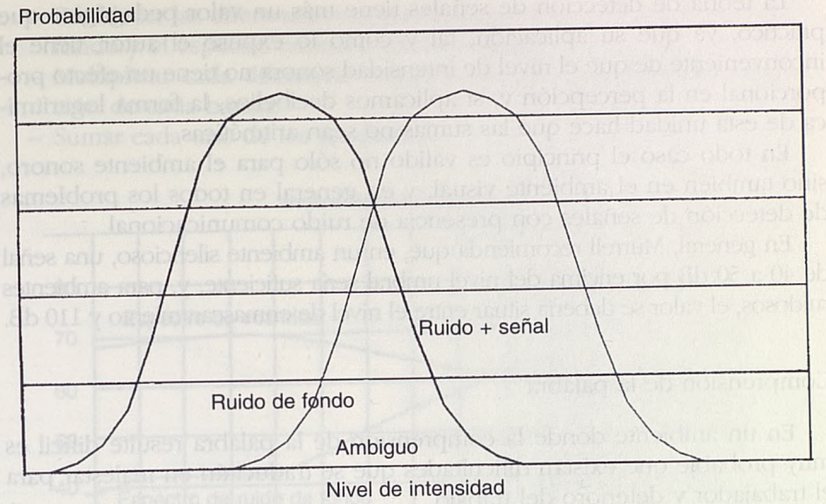


Figura 7

es importante, existe exceso de fatiga, o han ocurrido demasiadas falsas alarmas, el trabajador tenderá a aplicar un criterio de detección menos riguroso (Figura 8).

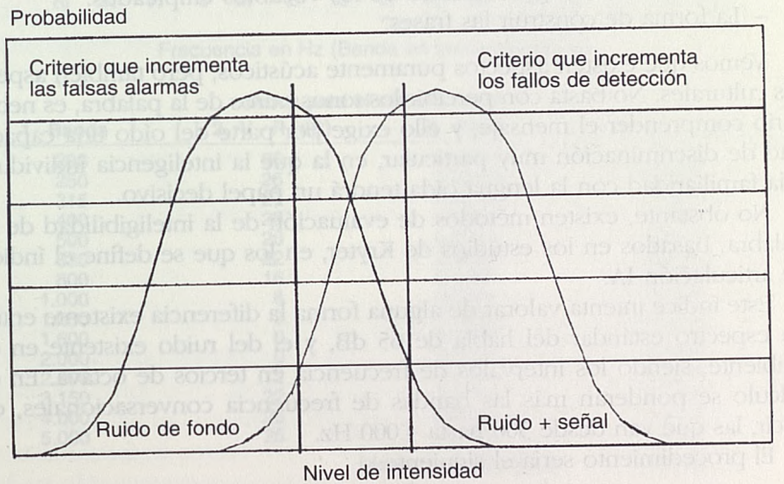


Figura 8. Teoría de detección de señales.

La teoría de detección de señales tiene más un valor pedagógico que práctico, ya que su aplicación, tal y como lo expuso el autor, tiene el inconveniente de que el nivel de intensidad sonora no tiene un efecto proporcional en la percepción y, si aplicamos decibelios, la forma logarítmica de esta unidad hace que las sumas no sean aritméticas.

En todo caso el principio es válido no sólo para el ambiente sonoro, sino también en el ambiente visual, y en general en todos los problemas de detección de señales con presencia de ruido comunicacional.

En general, Murrell recomienda que, en un ambiente silencioso, una señal de 40 a 50 dB por encima del nivel umbral sería suficiente, y, para ambientes ruidosos, el valor se debería situar entre el nivel de enmascaramiento y 110 dB.

Comprensión de la palabra

En un ambiente donde la comprensión de la palabra resulte difícil es muy probable que existan dificultades que se traducirán en malestar para el trabajador y deterioro del trabajo.

La palabra hablada es un elemento sónico con alto contenido informativo, por lo que el proceso de percepción vendrá determinado por los fenómenos acústicos ya mencionados y por la especial interpretación del mensaje transmitido mediante la palabra. En todo ello influirá:

- La estructura de la palabra desde el punto de vista acústico.
- El ruido de fondo.
- El conocimiento generalizado de los vocablos empleados.
- La forma de construir las frases.

Vemos que existen aspectos puramente acústicos, pero también aspectos culturales. No basta con percibir los tonos puros de la palabra, es necesario comprender el mensaje, y ello exige por parte del oído una capacidad de discriminación muy particular, en la que la inteligencia individual y la familiaridad con la lengua oída tendrá un papel decisivo.

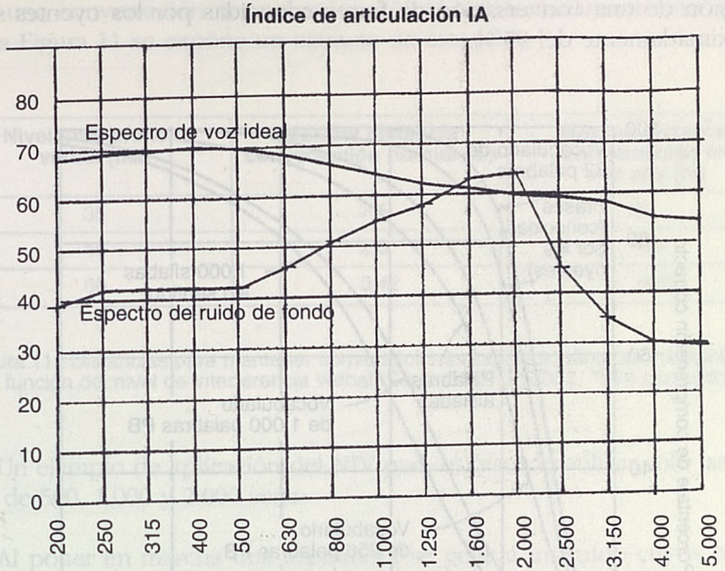
No obstante, existen métodos de evaluación de la inteligibilidad de la palabra, basados en los estudios de Kryter, en los que se define el índice de articulación IA.

Este índice intenta valorar de alguna forma la diferencia existente entre un espectro estándar del habla de 65 dB, y el del ruido existente en el ambiente, siendo los intervalos de frecuencia en tercios de octava. En el cálculo se ponderan más las bandas de frecuencia conversacionales, es decir, las que van desde 500 hasta 4.000 Hz.

El procedimiento sería el siguiente:

- Determinar el espectro del ruido de fondo.

- Establecer las diferencias existentes de nivel sonoro entre el ruido de fondo y el espectro estándar en cada banda.
- Multiplicar cada diferencia obtenida por el coeficiente de ponderación de cada banda.
- Sumar cada uno de los productos.



Datos para el cálculo del IA

1. Banda	2. V - R (dB)	3. Peso	4. C2 × C3
200	30	0,0004	0,0120
250	26	0,0010	0,0260
315	27	0,0010	0,0270
400	28	0,0014	0,0392
500	26	0,0014	0,0364
630	22	0,0020	0,0440
800	16	0,0020	0,0320
1.000	8	0,0024	0,0192
1.250	3	0,0030	0,0090
1.600	0	0,0037	0,0000
2.000	0	0,0038	0,0000
2.500	12	0,0034	0,0408
3.150	22	0,0034	0,0758
4.000	26	0,0024	0,0624
5.000	25	0,0020	0,0500
		Índice de articulación	**0,4738**

Figura 9

Como es natural, a medida que el IA es mayor, el promedio de comprensión de la palabra crece. El gráfico de la Figura 10 (Kryter y French y Steinberg presentado por McCormick) ofrece la posibilidad de evaluar la comprensión correcta, en función del IA, para diversas posibilidades de riqueza de lenguaje.

En nuestro caso, para un IA obtenido de 0,4738, el porcentaje de comprensión de una conversación de frases conocidas por los oyentes sería aproximadamente del 95 %.

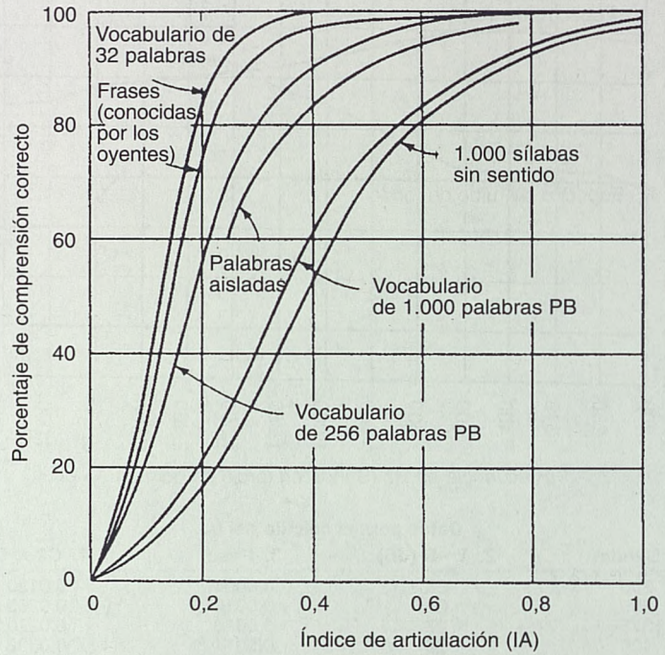


Figura 10

Un concepto más sencillo para evaluar el ruido en un ambiente, con respecto a su efecto sobre la inteligibilidad verbal, es el «nivel de interferencia verbal», que se define como la media aritmética del nivel de presión sonora de las bandas, medidas en octavas, cuyo centro de frecuencias son 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz. La práctica corriente considera sólo las bandas de octava 500, 1.000 y 2.000 Hz, por lo que es importante, al manejar

estos datos, conocer con qué criterio han sido tomados puesto que la diferencia puede suponer aproximadamente 5 dB.

Una conversación puede considerarse satisfactoriamente inteligible cuando, al menos, se entiende el 95 % de las frases expresadas.

Basándose en estos conceptos, la ISO/TR-3352 contiene una tabla que relaciona el nivel de interferencia verbal y la máxima distancia en las que una conversación normal se considera satisfactoriamente inteligible. En la Figura 11 se expone un extracto de esta tabla.

Nivel interferencia verbal (dB)	Máxima distancia conversación normal (m)	Máxima distancia conversación en voz alta (m)
35	7,5	15
45	2,3	4,6
60	0,42	0,85

Figura 11. Distancias para mantener conversaciones satisfactoriamente inteligibles en función del nivel de interferencia verbal. Según ISO/TR-3352, 1974 (extracto).

Un ejemplo de aplicación del NIV para el caso de utilizar sólo las bandas de 500, 1.000 y 2.000 sería:

Al poner en marcha una aspiradora se genera un ruido cuyos niveles de intensidad sonora son (en bandas de octava):

63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	global
43	62	65	68	73	68	68	85	75.

Se pide el nivel de interferencia verbal y distancias de audición correcta en función del esfuerzo de la voz.

$$NIV = \frac{68 + 73 + 68}{3} = 70$$

Para interpretar este valor, acudiremos a los gráficos de la Figura 12.

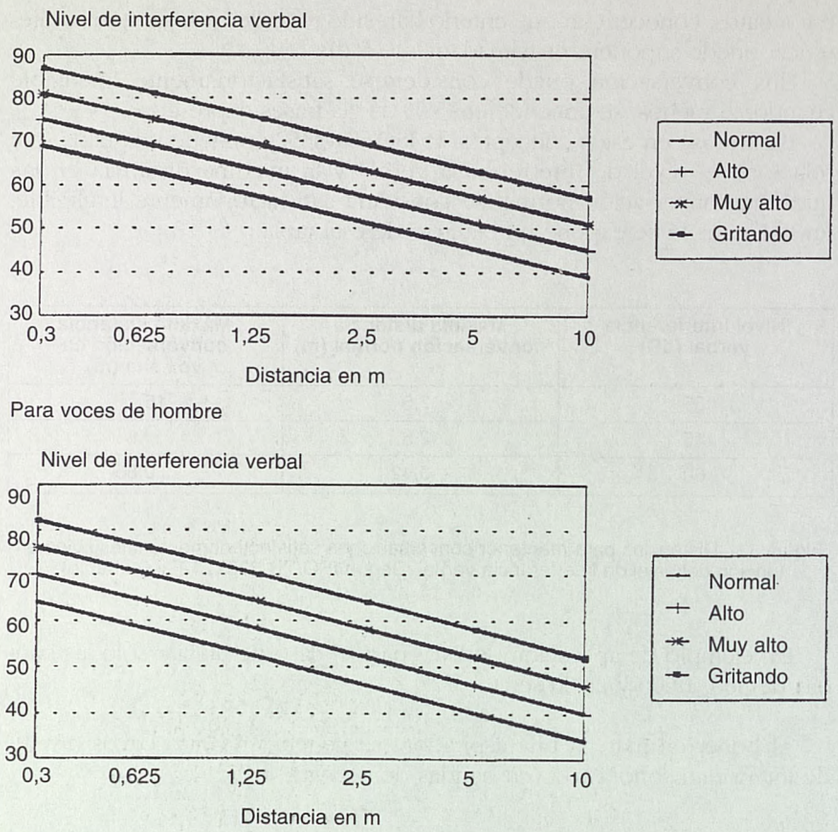


Figura 12. Esfuerzo de la voz en función del NIV.

En el caso propuesto, cuyo NIV es de 70, un hombre debería hablar muy alto para que su conversación fuera satisfactoriamente inteligible a una distancia de aproximadamente 1 m.

El conocimiento por parte del oyente del lenguaje utilizado es importante. Por eso, es fácil comprender que cada tipo de trabajo tenga su «argot» con palabras determinadas para conceptos muy utilizados.

Está demostrado que es posible comprender un número considerable de frases y su significado sin entender todas las sílabas de forma separada. Según la Figura 13 (parte superior), para un lenguaje que no sea monosi-

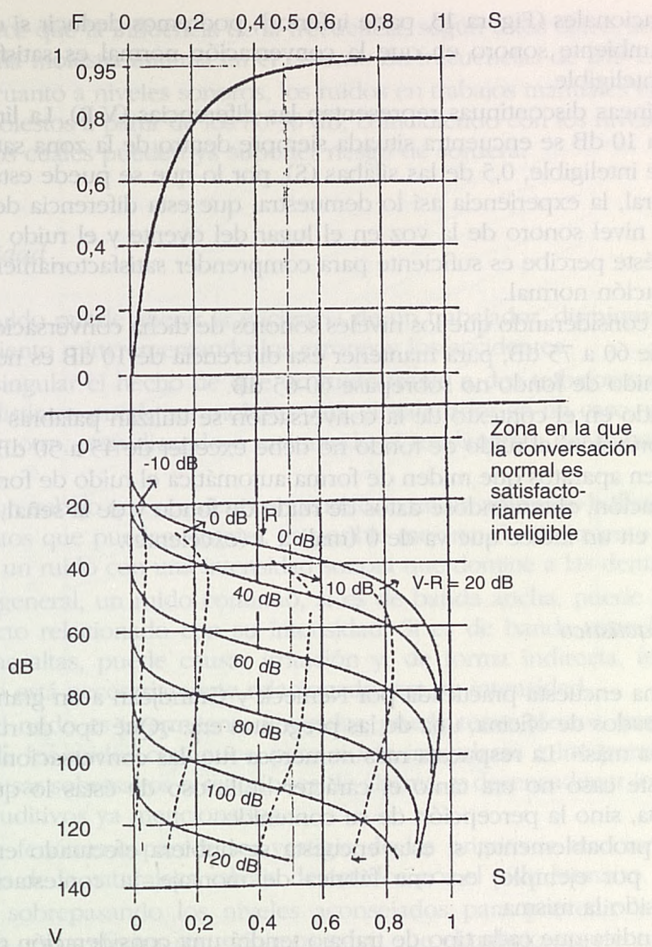


Figura 13. Cuadro confeccionado según datos de Grandjean e ISO/TR-3352, 1974.

lábico, como el inglés, con sólo un 20 % de comprensión de sílabas (S = 0,2) es posible entender un porcentaje del 80 % de las frases expresadas en una conversación normal (F = 0,8).

Para una comprensión del 95 % de las frases, condición para ser satisfactoriamente inteligible, es necesario captar el 50 % de las sílabas.

Si consideramos también el nivel sonoro de la voz (V) de la persona que habla, y del ruido de fondo (R) (líneas continuas) en las frecuencias

conversacionales (Figura 13, parte inferior), podremos deducir si estamos en un ambiente sonoro en que la conversación normal es satisfactoriamente inteligible.

Las líneas discontinuas representan las diferencias (V-R). La línea discontinua 10 dB se encuentra situada siempre dentro de la zona satisfactoriamente inteligible, 0,5 de las sílabas (S), por lo que se puede establecer, en general, la experiencia así lo demuestra, que esta diferencia de 10 dB entre el nivel sonoro de la voz en el lugar del oyente y el ruido de fondo que éste percibe es suficiente para comprender satisfactoriamente una conversación normal.

Pero considerando que los niveles sonoros de dicha conversación oscilan desde 60 a 75 dB, para mantener esa diferencia de 10 dB es necesario que el ruido de fondo no sobrepase 60-65 dB.

Cuando en el contexto de la conversación se utilizan palabras de difícil comprensión, el ruido de fondo no debe exceder de 45 a 50 dB.

Existen aparatos que miden de forma automática el ruido de fondo y la reverberación, obteniéndose datos de ruido de fondo y de la señal, que se integran en un índice que va de 0 (mal) a 1 (excelente).

Confort acústico

En una encuesta practicada por Nemeck y Grandjean a un gran grupo de empleados de oficina, una de las preguntas era: «¿Qué tipo de ruido les incomoda más?». La respuesta más numerosa fue «las conversaciones».

En este caso no era tanto el carácter bullicioso de éstas lo que más molestaba, sino la percepción de su contenido.

Muy probablemente, si esta encuesta se hubiera efectuado en otros ámbitos, por ejemplo, en una fábrica de montaje, la contestación no hubiera sido la misma.

Esto indica que cada tipo de trabajo tendrá una consideración distinta. Queda, pues, planteado el problema en ambientes que implican contenidos de trabajo distintos.

En la consideración por parte de la persona de si un ruido sin contenido informativo es molesto o no, se tendrán en cuenta diversos aspectos, como pueden ser el condicionamiento de la persona respecto al ruido, la oportunidad de dicho ruido, la intermitencia, su carácter inesperado y la reverberación.

En todo caso, se puede generalizar que, a igual intensidad, los ruidos más agudos de 1.500 Hz son más molestos que los de inferior frecuencia.

Ruidos más graves de 256 Hz también son causa de molestias.

Parece que la influencia de la frecuencia, según estos datos, se concreta en una molestia mínima en el entorno de frecuencias de 200-1.200 Hz.

En cuanto a niveles sonoros, los ruidos en trabajos manuales empiezan a ser molestos a partir de los 80-90 dB, coincidiendo con los niveles a partir de los cuales pueden ya suponer riesgo de sordera.

Efectividad

El ruido puede alterar la eficiencia de un trabajador, disminuyendo su rendimiento e incrementando los errores y los accidentes.

Es singular el hecho de que un ruido frente a dos trabajos con contenidos distintos puede ser molesto para el trabajador en un caso, y estimulante en otro, perjudicando o mejorando el rendimiento del trabajo según el caso.

En un trabajo que requiera concentración en un ambiente bullicioso, con elementos que puedan distraer, es posible mejorar el rendimiento introduciendo un ruido con una intensidad sonora que domine a las demás.

En general, un ruido continuo, si es de banda ancha, puede producir un efecto relacionado con su intensidad. Si es de banda estrecha y frecuencias altas, puede causar irritación y, de forma indirecta, ineficacia. Esto no está necesariamente relacionado con su intensidad.

Si el ruido es intermitente y regular, puede tener efectos que difieran poco de los ruidos continuos, pero si son irregulares e inesperados pueden causar sobresaltos o reacciones de alarma, y desencadenar los efectos extra-auditivos ya mencionados.

Este fenómeno parece ser vestigio de las primitivas reacciones a los peligros de la naturaleza salvaje detectados por el oído humano.

No sobrepasando los niveles aconsejados para prevenir la pérdida auditiva, estos efectos son mínimos salvo que el trabajo requiera alto contenido de concentración.

Para evaluar cómo afecta el ambiente sonoro al trabajo, es necesario considerar el nivel de atención que requiere la tarea y el espectro del ruido de fondo.

Beranek estableció un índice de incomodidad que consiste en la definición de curvas (espectros), denominadas desde la letra A hasta la M. Cada curva es el límite superior de una zona del espectro, dentro de la cual se puede desarrollar adecuadamente una determinada tarea (Figura 14).

En las zonas A, B y C el trabajo intelectual complejo no se trastorna de manera apreciable, pero en C la estancia cesa de ser agradable.

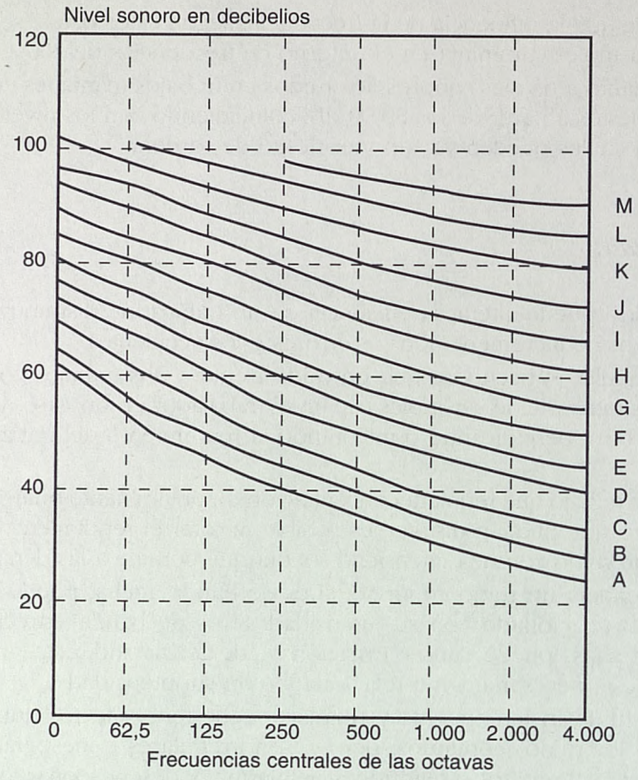


Figura 14

En las zonas D, E y F el trabajo intelectual complejo es penoso, el trabajo corriente administrativo o comercial no es totalmente molesto, pero tampoco será agradable para el trabajador.

En las zonas G, H e I el trabajo intelectual es extremadamente penoso, el trabajo administrativo corriente es difícil y el trabajo en el taller no es molesto de manera apreciable.

De las zonas K en adelante nos encontramos en la región en la que una exposición breve provoca fatiga auditiva y una exposición prolongada determina la sordera profesional.

El procedimiento sería el siguiente:

1.º Determinar el espectro del ruido de fondo, para lo cual obtendríamos el nivel sonoro en dB en cada banda de octava.

2.º Situaríamos la curva obtenida en el gráfico de curvas antes mencionadas.

3.º Se determinaría el índice de malestar con la letra de la primera curva que deja por debajo todo el espectro del ruido de fondo, por ejemplo, H.

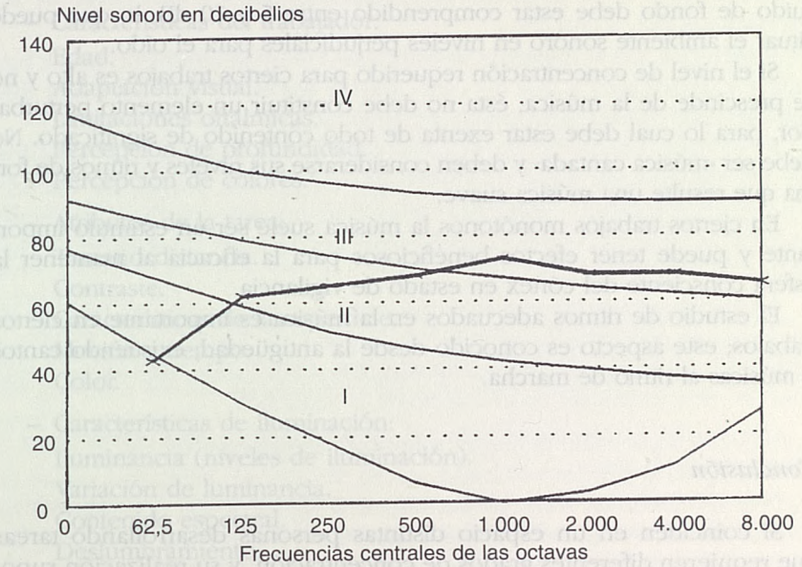
4.º Se establecería si el índice de malestar, y lo que significa, es coherente con el nivel de atención que requiere la tarea. Por ejemplo, si se trata de un trabajo de taller, esta situación no sería molesta de forma apreciable.

Este criterio debe tomarse como orientativo, pero su utilización práctica es interesante.

Wisner presenta un procedimiento parecido que supone una simplificación del gráfico de Beranek (Figura 15).

En el propio gráfico incluimos los datos del ejemplo anterior referente al ruido originado por una aspiradora, observamos que la curva invade la zona III, por lo que en ese ambiente sonoro se puede pronosticar que el trabajo intelectual es muy penoso y que el trabajo administrativo corriente es difícil.

Con los datos del espectro anterior calcular el índice de malestar según Wisner.



Zona I: el sueño y el trabajo intelectual complejo no están perjudicados de forma apreciable.
Zona II: el trabajo intelectual complejo es difícil. El trabajo corriente administrativo o comercial no está perturbado de manera clara.
Zona III: el trabajo intelectual es muy penoso. El trabajo administrativo corriente es difícil.
Zona IV: una exposición prolongada determina la sordera profesional.

Figura 15. Índice de malestar según Wisner.

Música en el trabajo

Considerando como criterios el confort acústico y la efectividad, la música adecuada para cada ámbito laboral será función de:

- El nivel sonoro existente.
- El nivel de concentración requerido.
- La diversidad o monotonía del trabajo que se va a realizar.
- El tipo de local de trabajo.

Si el ambiente sonoro está constituido por ruidos desagradables y/o por el bullicio de diversas conversaciones simultáneas, éste puede resultar incómodo y perjudicar el normal desarrollo de un trabajo que requiera cierta atención, no sólo por el nivel de ruido existente, sino también por el «contenido de significado» de dicho bullicio.

La música puede enmascarar estos aspectos negativos, pero para ello hay que tener en cuenta que la diferencia entre el nivel de la música y del ruido de fondo debe estar comprendido entre 5 y 10 dB, lo que puede situar el ambiente sonoro en niveles perjudiciales para el oído.

Si el nivel de concentración requerido para ciertos trabajos es alto y no se prescinde de la música, ésta no debe constituir un elemento perturbador, para lo cual debe estar exenta de todo contenido de significado. No debe ser «música cantada» y deben considerarse sus niveles y ritmos de forma que resulte una música suave.

En ciertos trabajos monótonos la música suele ser un estímulo importante y puede tener efectos beneficiosos para la eficacia al mantener la esfera consciente del córtex en estado de vigilancia.

El estudio de ritmos adecuados en la música es importante en ciertos trabajos; este aspecto es conocido desde la antigüedad, existiendo cantos o músicas al ritmo de marcha.

Conclusión

Si coinciden en un espacio distintas personas desarrollando tareas que requieren diferentes grados de concentración, y su realización supone la producción de distintos tipos y niveles de ruido, el análisis del ambiente sonoro deberá considerar el conjunto y cada subsistema hombre-trabajo. Es muy probable que la conclusión de dicho estudio aconseje un diseño de distribución de tareas en planta más adecuado que el existente.

La ergonomía visual

Introducción

Los objetivos fundamentales de la ergonomía visual son favorecer la comunicación visual en el sistema hombre-máquina y el confort visual.

Esta comunicación contempla múltiples factores que se estudian en su mayoría en la parte correspondiente al sistema hombre-máquina, dedicada a la forma en que se desarrolla el diálogo entre el hombre y el trabajo, en el que es fundamental el estudio de la forma de presentar la información. Dentro del contexto de percepción de la información, la visión tiene una influencia definitiva y con la mejora de este aspecto se obtiene un efecto positivo en la mejora del rendimiento en el trabajo, así como una mayor confortabilidad visual y una máxima seguridad.

La perspectiva ergonómica tiene en cuenta todos los aspectos que integran un sistema de trabajo y que podemos agrupar como sigue:

- Características del trabajador:
  Edad.
  Adaptación visual.
  Limitaciones oftálmicas.
  Percepción de profundidad.
  Percepción de colores.
- Atributos de la tarea:
  Tamaño/distancia.
  Contraste.
  Características de la superficie.
  Moción y tiempo.
  Color.
- Características de iluminación:
  Iluminancia (niveles de iluminación).
  Variación de luminancia.
  Contenido espectral.
  Deslumbramiento.
  Parpadeo.
- Variables del espacio de trabajo:
  Limitaciones sobre el campo visual.
  Limitaciones de la postura.
  Requisitos de seguridad.

La visión

La visión es la forma de percepción más rica que tiene el ser humano. Hay que considerarla como un fenómeno complejo que se inicia desde la formación de la imagen, fenómeno físico por el cual un objeto o un signo se pone de manifiesto al incidir sobre él la luz, que es un complejo de ondas electromagnéticas visibles.

El reflejo de esas ondas vehiculiza la imagen que se traslada a través del espacio hasta el órgano de visión. Si bien en este trayecto el vacío no es un obstáculo, como sí lo es para el sonido, cualquier otro medio transparente que es atravesado en su recorrido producirá alguna deformación debido al fenómeno de la difracción.

Una vez que las ondas llegan al aparato ocular, se produce una serie de transformaciones físicas hasta que éstas inciden en la retina, que actúa como transductor de las señales que llegan, transformando la energía electromagnética en energía nerviosa (bioeléctrica) que reproduce en la mente una imagen de la generada en el exterior, que es susceptible de ser interpretada por el cerebro.

Vemos que, en su conjunto, se trata a la vez de un fenómeno físico, biológico y psicológico y que en cada uno de los pasos pueden surgir dificultades que es necesario conocer (Figura 16).

La imagen exterior puede tener un mayor o menor grado de significado. Un árbol puede tener un significado en general puramente estético, pero para un forestal o agricultor, cuyo sustento dependa de él, cualquier mancha en una hoja de ese mismo árbol puede tener un significado dramático.

En el sistema hombre-máquina las imágenes se formarán en función de un lenguaje previamente establecido, siendo de algún modo imágenes artificiales. En todo caso, no profundizaremos aquí sobre este aspecto que tiene un rico desarrollo en el campo de la semiótica.

Con mucha frecuencia se utiliza el símil fotográfico para comprender el fenómeno de la visión.

Para obtener una buena foto, hay que ajustar todos los dispositivos para que la luz que entre sea tal que no vele ni sea insuficiente en función de la sensibilidad del carrete.

La dosis de luz que requiere la película se ajusta por medio del diafragma y de la velocidad del obturador, de forma que si el diafragma está muy abierto y deja entrar mucha luz, la apertura del obturador debe ser rápida y viceversa, ya que la dosis o exposición debe ser constante para cada tipo de película.

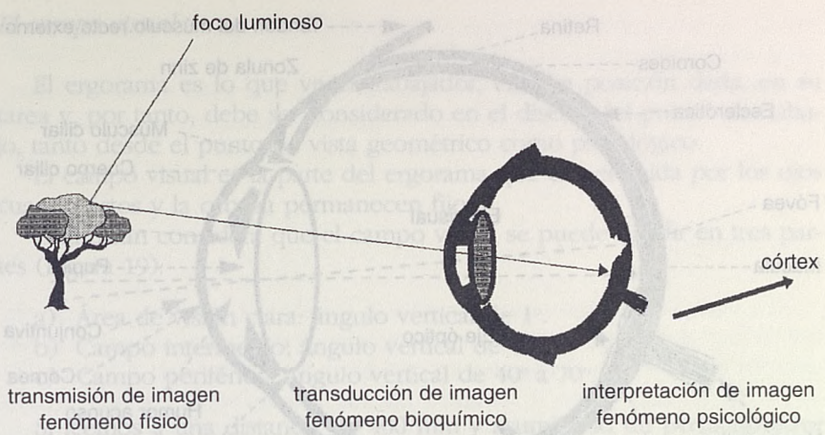


Figura 16

Por otra parte, el enfoque, que es función de la distancia al objeto, también se ajusta desplazando el ocular.

El aparato ocular del ojo funciona de forma similar (Figura 17). La córnea y el cristalino es la parte óptica que refracta los rayos luminosos y los localiza sobre la retina. Ésta, que en el símil corresponde a la película, tiene una sensibilidad que es función de los órganos receptores de los que está constituida, células visuales contenidas en la propia retina y formadas por conos para la visión diurna y de bastoncillos para la visión en la oscuridad (Figura 18).

Los conos corresponderían a las partículas fotosensibles de una película de baja sensibilidad, que requieren más dosis de luz para reaccionar. Los bastones son de alta sensibilidad y no tiene función a partir de cierto nivel de exposición.

Pero el ojo no dispone de obturador y, por lo tanto, de la posibilidad de ajustar velocidad. La función de los párpados no es asimilable a la de un obturador y, por lo tanto, la constancia de dosis no se da como en la fotografía. Así, las diversas luminosidades deben ser ajustadas mediante la mayor o menor apertura de la pupila y de la modificación de la proporción del tipo de células fotosensibles presentes en la retina en cada momento.

Los conos se concentran fundamentalmente en el centro de la retina en un pequeño punto de 0,25 mm denominado fóvea, donde necesariamente se tiene que focalizar la imagen para poderla ver de forma nítida.

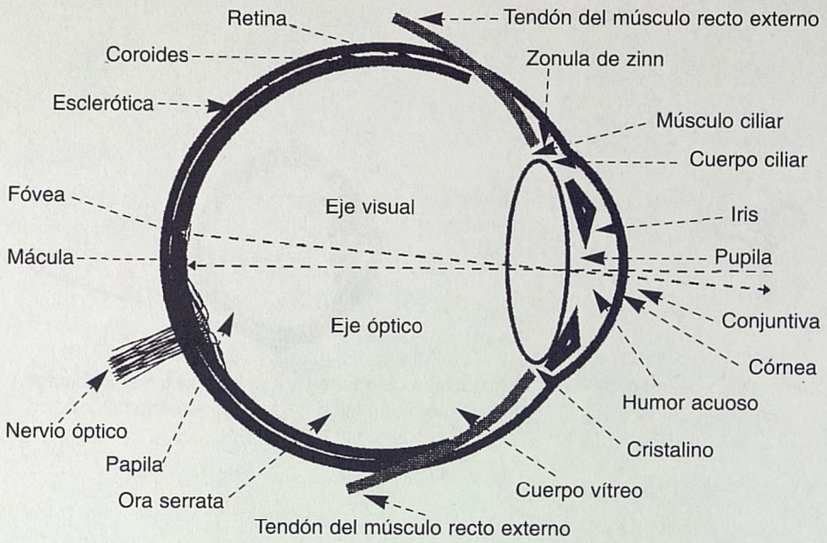


Figura 17. Corte horizontal del ojo.

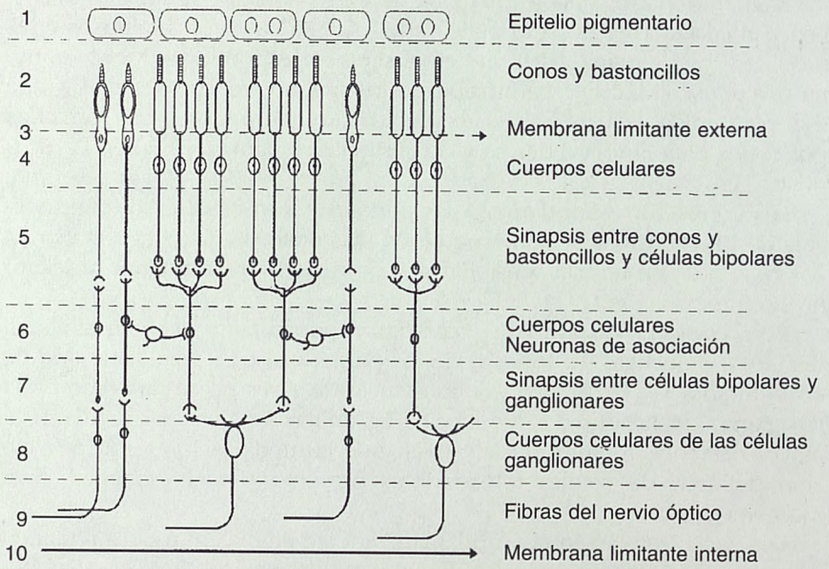


Figura 18. Corte de la retina.

El campo visual

El ergorama es lo que ve el trabajador, en una posición dada, en su tarea y, por tanto, debe ser considerado en el diseño del puesto de trabajo, tanto desde el punto de vista geométrico como psicológico.

El campo visual es la parte del ergorama que es percibida por los ojos cuando éstos y la cabeza permanecen fijos.

Grandjean considera que el campo visual se puede dividir en tres partes (Figura 19):

a) Área de visión clara: ángulo vertical de 1°.
b) Campo intermedio: ángulo vertical de 40°.
c) Campo periférico: ángulo vertical de 40° a 70°.

Si leemos a una distancia de 400 mm y asumiendo un pequeño error tendremos que:

$$L = 400 \text{ mm} \times \text{tg } 1 = 6{,}9 \text{ mm}$$

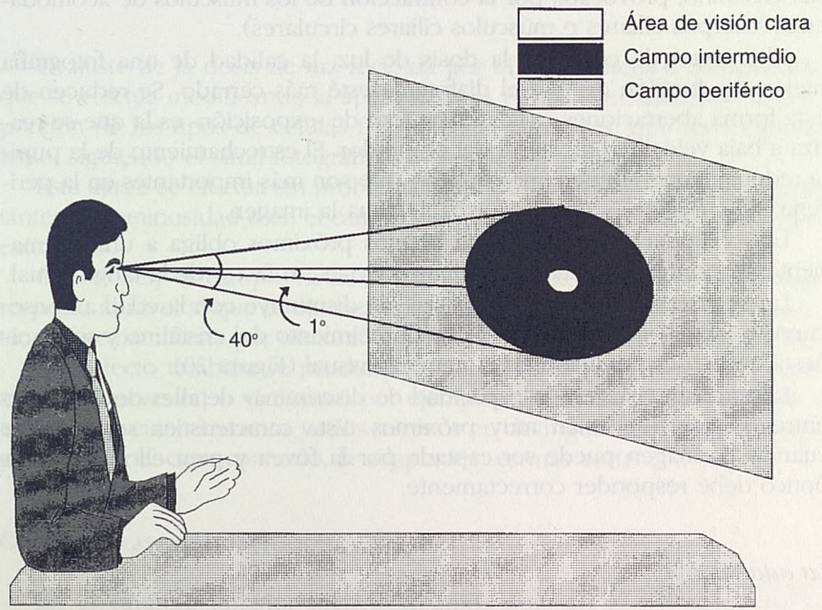


Figura 19

siendo L la longitud horizontal que podemos abarcar de una vez y que equivale a 4-5 letras.

Esto nos da la idea de la necesidad de tener que estar moviendo continuamente los ojos cuando leemos o cuando realizamos cualquier tarea visual.

La acomodación

En una cámara réflex, no automática, giramos el objetivo para desplazar el foco hasta que la imagen que queremos enfocar la vemos con nitidez. En el espacio las imágenes se presentan en planos más o menos alejados de nuestra visión y, cuando fijamos nuestra vista en una imagen cercana, el fondo queda, generalmente, difuminado. Se podría decir que «el árbol no nos deja ver el bosque».

Esta posibilidad que poseemos de focalizar objetos situados en distintos planos, se denomina acomodación.

La acomodación se obtiene gracias a una modificación de la curvatura del cristalino, provocada por la contracción de los músculos de acomodación (cuerpos ciliares o músculos ciliares circulares).

Al margen de controlar la dosis de luz, la calidad de una fotografía mejora en función de que el diafragma esté más cerrado. Se reducen de esta forma aberraciones ópticas. Una foto de «exposición» es la que se realiza a baja velocidad de cierre del obturador. El estrechamiento de la pupila reduce dichas aberraciones ópticas, que son más importantes en la periferia del cristalino, y de esta forma se afina la imagen.

La acomodación mantenida a objetos próximos obliga a una permanente tensión de los músculos ciliares que es un factor de la fatiga visual.

La capacidad de acomodación del ojo disminuye con la edad a consecuencia, entre otros aspectos, del endurecimiento del cristalino y se manifiesta en una disminución de la agudeza visual (Figura 20).

La agudeza visual es la capacidad de discriminar detalles de objetos o entre objetos que están muy próximos. Esta característica se consigue cuando la imagen puede ser captada por la fóvea y para ello el sistema óptico debe responder correctamente.

La adaptación

Es el proceso por el cual el ojo se ajusta a la luminancia y/o el color del campo visual, o el estado final de dicho proceso.

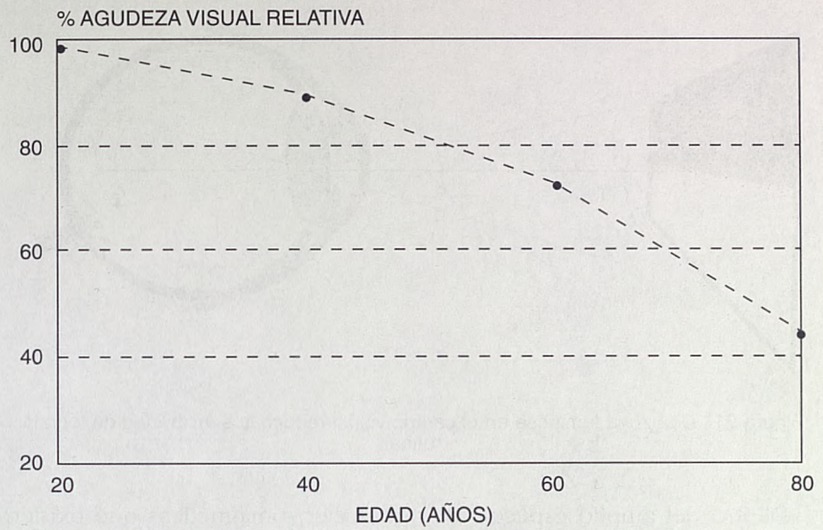


Figura 20. Agudeza visual respecto a la edad.

El ajuste de la dosis de luz recibida por el ojo ya hemos mencionado que se efectúa modificando la apertura de la pupila o modificando la proporción de los tipos de células fotosintéticas actuantes, que sería equivalente, siguiendo el símil fotográfico, a cambiar de película.

Este ajuste se efectúa sin problemas cuando no existen cambios importantes de luminosidad o en el campo visual no existen contrastes muy adecuados.

Cuando en el campo visual existen partes excesivamente luminosas respecto al nivel al que el ojo está adaptado se producirá deslumbramiento, que se manifiesta por disconfort y por problemas de visión (Figura 21).

Este efecto también se produce cuando de una zona iluminada pasamos a otra oscura, o viceversa, por ejemplo, si durante el día pasamos a una sala de cine, tardamos varios minutos en distinguir detalles ajenos a la pantalla. En el caso contrario, la adaptación es más corta.

Características de la iluminación

En el capítulo anterior mencionábamos que, en el fenómeno de la visión, la imagen se hacía visible cuando incidía sobre ella la luz, que es un complejo de ondas electromagnéticas visibles.

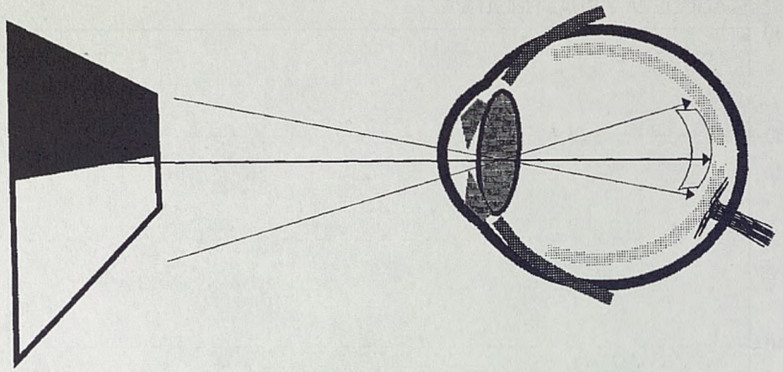


Figura 21. Una zona luminosa en el campo visual reduce la sensibilidad de toda la retina.

Dentro del amplio espectro de ondas electromagnéticas que existen, sólo la porción comprendida entre 350 y 750 mm de longitud de onda es susceptible de ser captada por el ojo. Esa porción se denomina luz.

Fuentes luminosas

Todo aquello capaz de producir luz constituye una fuente luminosa que puede ser natural o artificial. El sol es la fuente de luz más importante que existe.

La luz, lo mismo que la electricidad, el calor, el trabajo mecánico, etc., es una forma de manifestación de energía. Si hacemos incidir determinadas cantidades de energía a un átomo, se modifica el estado de equilibrio de éste, al desplazar electrones a órbitas más periféricas que son más energéticas, asumiéndose de esta forma el incremento de energía. Al no ser esta nueva situación estable, existe la tendencia de que la energía sumida se desprenda en forma de ondas electromagnéticas. Naturalmente, sólo una ínfima parte de esta energía radiada lo hace en forma de luz, y precisamente el desarrollo técnico en esta área se ha encaminado a producir fuentes de gran rendimiento lumínico utilizando la menor cantidad de energía posible.

Incandescencia

La forma más directa de aplicar energía a un átomo, o, lo que es lo mismo, excitarlo, es mediante el calor producido por reacciones tan exotérmicas como las de combustión. Por ello, las primeras fuentes de luz fueron las hogueras, antorchas, velas, lámparas de alcohol, de gas, etc.

Como consecuencia de la aplicación de la electricidad y basándose en el calor producido al paso de una corriente por una resistencia, se desarrollaron fuentes de luz incandescentes. El fenómeno de la incandescencia consiste en que un cuerpo, generalmente un metal, emita luz roja o blanca en función de la temperatura que alcance.

Los colores de incandescencia a distintas temperaturas son:

Temperatura °C	**Color de incandescencia**
400	Rojo-gris incipiente
700	rojo-gris
900	rojo-oscuro
1.100	rojo-amarillo
1.300	rojo-claro
1.500	rojo-blanco incipiente
2.000 en adelante	rojo-blanco

El porcentaje de radiación visible aumenta en función de la temperatura del radiador.

El porcentaje máximo de radiación visible respecto a la radiación total es del 40 % y se da a la temperatura de 6.500 °K.

Luminiscencia

Recientemente se emplean fuentes basadas en el fenómeno de la luminiscencia, que es diferente en lo fundamental al de las temperaturas alcanzadas por los materiales empleados.

– Tubos de descarga: un tubo de descarga consiste en un recipiente que contiene un ánodo y un cátodo. Si en el recipiente existen gases o vapores metálicos, en cuyo seno se encuentren electrones libres, éstos se acelerarán hacia el ánodo con una energía cinética capaz de excitar un átomo de gas.

Los electrones libres también se pueden producir bajo determinadas condiciones, cuando los electrodos alcanzan una elevada diferencia de potencial, formando un desprendimiento de electrones desde el cátodo al ánodo. En este caso, los gases contenidos en el recipiente suelen ser gases nobles.

Calentando previamente los electrodos se puede aplicar una tensión relativamente baja: 220 V.

Un caso particular es el láser en el cual se consigue, mediante un rayo exterior, que todos los átomos excitados emitan su energía en el mismo momento y en la misma dirección.

– Fotoluminiscencia: en este caso la energía aportada para la excitación es una radiación, generalmente ultravioleta de onda corta, que incide sobre determinadas sustancias. Se entiende por fluorescencia todos aquellos fenómenos de luminiscencia en los que la radiación luminosa permanece mientras dura la excitación y fosforescencia cuando esta radiación luminosa permanece.

Unidades y conceptos

Una vez analizadas las fuentes de luz, es necesario definir las unidades que normalmente se utilizan en este campo.

Los aspectos que determinan la naturaleza de estas unidades son:

– La energía recibida en forma de radiaciones visibles es una mezcla de ondas a distintas frecuencias que nos determina un espectro continuo. Por otra parte, la sensibilidad de nuestra visión varía en función de la frecuencia.

En visión diurna, que es cuando toman protagonismo los conos, la máxima sensibilidad se alcanza a una frecuencia de 555 nm, que corresponde a la zona verde-amarilla del espectro. Por ello, aparte de considerar la propia energía lumínica, es necesario considerar el efecto que ella produce en la visión.

– La energía lumínica se irradia en las tres dimensiones, por lo que es necesario aplicar conceptos de flujos, direccionalidad, etc.

Flujos

– Flujo radiante (Fr) o potencia de radiación es la cantidad total de energía radiada por unidad de tiempo. Su unidad es el watio.

– Flujo luminoso (F) es la cantidad, por unidad de tiempo, de energía radiada dentro del espectro visible y ponderada por la curva de sensibilidad visual del ojo humano (Figura 22).

Su unidad es el lumen (lm) que es el flujo producido por un flujo radiante de 1/683 W, emitido en la longitud de onda de 555 nm.

En función de la energía puesta en juego podemos establecer la siguiente distribución, de la que surge el concepto de «rendimiento»:

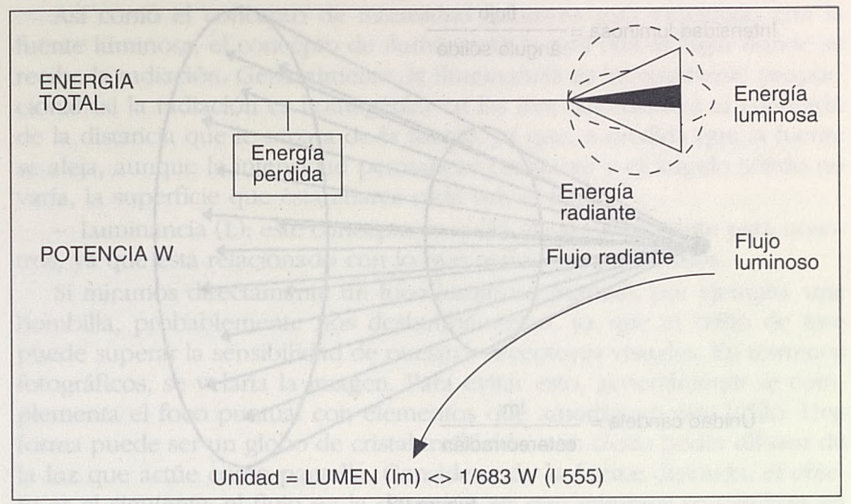


Figura 22

– Rendimiento luminoso es la relación entre el flujo luminoso y la energía aplicada por unidad de tiempo.

Ejemplos de rendimientos son:

Lámpara incandescente 40W/220V	11 lm/W
Lámpara fluorescente L40W/20	80 lm/W

Otros aspectos importantes que hay que considerar en la elección de las fuentes son el precio y duración.

Direccionalidad

La propia forma de las lámparas y de las luminarias que las contienen focalizan en ciertas direcciones la energía radiada. La unidad geométrica del ángulo esférico es el estereorradián, que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es el cuadrado del radio de la esfera; 4π estereorradianes corresponden al ángulo esférico total.

– Intensidad luminosa (I): es el flujo luminoso emitido en una dirección, representado por un ángulo sólido determinado (Figura 23).

$$I = \frac{F}{\text{Ángulo sólido}}$$

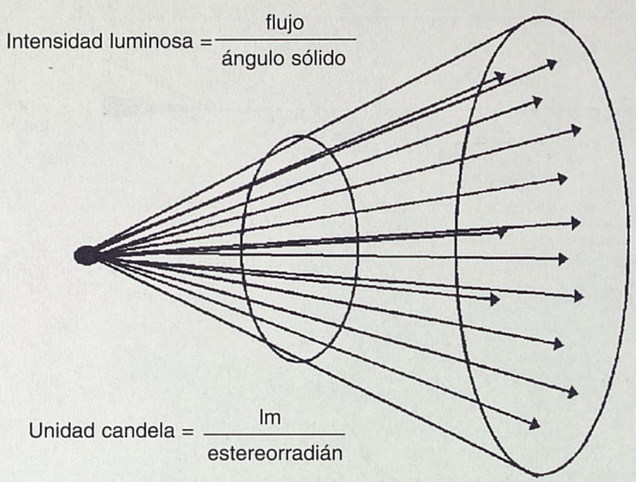


Figura 23

La intensidad es, por lo tanto, el número de lúmenes por estereorradián cuya unidad, adoptada por el SI, es la candela (cd).

Por lo tanto, podemos definir la candela como la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 555 nm y cuya potencia, en dicha dirección, es de 1/683 W por estereorradián.

Este concepto es útil para conocer la eficacia de una fuente en función de la dirección que emite.

En los laboratorios luminotécnicos se estudia la intensidad emitida por las fuentes en todas las direcciones; uniendo los extremos de los vectores que resultan de esta operación se confeccionan las curvas de distribución luminosa o curvas fotométricas. Este dato es importante para determinar la posición más conveniente de las fuentes de luz, con objeto de aprovechar mejor el flujo luminoso.

– Iluminancia (E): es el flujo que llega a una superficie o el número de lúmenes por metro cuadrado.

$$E = \frac{F}{S}$$

La unidad utilizada es el lux (lx), que es un lumen por metro cuadrado y se mide con un luxómetro.

Así como el concepto de intensidad luminosa está vinculado con la fuente luminosa, el concepto de iluminancia lo está con el lugar donde se recibe la radiación. Generalmente, la iluminancia es inversamente proporcional (si la radiación es homogénea en las tres direcciones) al cuadrado de la distancia que le separa de la fuente, ya que, a medida que la fuente se aleja, aunque la intensidad permanece constante y el ángulo sólido no varía, la superficie que ésta abarca cada vez es mayor.

– Luminancia (L): este concepto es quizá el más importante para nosotros, ya que está relacionado con lo que realmente percibimos.

Si miramos directamente un foco luminoso puntual, por ejemplo, una bombilla, probablemente nos deslumbraremos, ya que el brillo de éste puede superar la sensibilidad de nuestros receptores visuales. En términos fotográficos, se velaría la imagen. Para evitar esto, generalmente se complementa el foco puntual con elementos que amortiguan este brillo. Una forma puede ser un globo de cristal traslúcido, con cierto poder difusor de la luz que actúe como pantalla. Considerando la fuente desnuda, el efecto es el siguiente: el flujo en la dirección en que miramos se concreta en un punto, por ejemplo, y para simplificar, 1 cm^2. Si el foco está contenido en un globo de 15 cm de radio, el flujo en la dirección del observador queda diluido en una superficie que vemos como un círculo, de 706 cm^2, lo que hace que el brillo disminuya en la misma proporción.

Si la protección que se adopta tiene otra forma, por ejemplo, una luminaria prismática cuya parte luminosa es horizontal, la superficie que vemos variará según el ángulo en que se observa, siguiendo la ley del coseno.

Lo que acabamos de plantear queda definido como el concepto de luminancia.

La luminancia es el cociente entre intensidad lumínica y la superficie virtual de la fuente.

$$L = \frac{I}{S \cos\alpha}$$

Este concepto de luminancia o brillo no se refiere sólo a fuentes luminosas directas, sino también a las reflejadas. Éstas constituyen en realidad gran parte de todo lo que vemos.

En efecto, si nosotros medimos la iluminación del plano de una mesa con un luxómetro, el valor es casi homogéneo en toda su superficie. No obstante, si tenemos encima del plano medido una hoja blanca y un libro negro, los percibimos con distinta luminosidad.

En este caso lo que vemos es el brillo o intensidad de la luz reflejada, y podemos percibir los objetos, sombras y demás matices porque dicha intensidad no es homogénea.

– Reflectancia: es la proporción del flujo luminoso reflejado desde una superficie ($\varnothing_1$) respecto al del flujo luminoso incidente ($\varnothing_0$) sobre la misma.

La reflectancia depende de la dirección de la luz incidente, salvo en el caso de las superficies mates y de su distribución espectral.

Símbolo: Q

Fórmula: $Q = \frac{\varnothing_1}{\varnothing_0}$

Eficiencia luminosa (de una fuente de luz): es el cociente entre el flujo luminoso total emitido por una fuente y la potencia total suministrada a la misma. (Si se incluye la pérdida de potencia del mando de control se debe emplear el término «eficiencia del circuito».)

Unidad: lumen por watio (lm/W).

Requisitos visuales de las tareas

Cuando se diseña una tarea es necesario considerar las demandas visuales que ésta solicita: mantenimiento de la atención visual, el tamaño de los objetos y detalles a visualizar, contexto espacial en que se presentan los objetos, importancia de los fallos de visualización, etc.

Nosotros percibimos diferencias de luminancia, por ello el contraste con que éstas se presentan es fundamental para una buena visión: se lee mejor un texto cuando el color del fondo es más claro.

Otro aspecto que incrementa el contraste, hasta cierto límite, es el nivel de iluminación que incide sobre la superficie, las luminancias incrementan y, con ello, la sensibilidad que tenemos para percibirlas. No obstante esto ocurre hasta cierto nivel en que esta ventaja deja de ser proporcional e incluso puede llegar a niveles de luminancia que pueden deslumbrar.

La agudeza visual, o capacidad de distinguir pequeños detalles así como la capacidad de distinguir profundidades y relieves en los objetos visualizados, mejora con la iluminación.

La posición de los detalles a visualizar es fundamental si tenemos en cuenta la pequeña superficie de visión clara que poseemos en nuestro campo visual. Este aspecto se complica cuando la imagen está en movimiento. Éstos son aspectos fundamentales en el diseño geométrico del puesto de trabajo ya que debemos recordar las limitaciones biomecánicas que suponen posturas inadecuadas, sobre todo en lo concerniente a los ángulos adecuados para controlar las sombras producidas, son aspectos a considerar en un trabajo minucioso.

Requisitos de la iluminación

Aparte del diseño geométrico del puesto, las características de la iluminación deben ser adecuadas.

Ya hemos mencionado que el nivel de iluminación mejora las características de la capacidad visual, fundamentales para el desarrollo de un trabajo: agudeza visual, sensibilidad al contraste y rapidez de percepción. Podríamos decir que cuanto mayor sea la iluminación, las condiciones visuales serán las óptimas. No obstante el problema no es tan sencillo, ya que niveles elevados de iluminación pueden originar problemas que afectan a la calidad de visión.

Deslumbramiento

Hemos mencionado que la sensibilidad para percibir luminancias crece con el estímulo hasta un cierto límite y a partir de ciertos niveles de luminosidad puede producirse el deslumbramiento. En este punto la capacidad de percibir contrastes queda mermada e incluso puede estar anulada, deteriorándose la calidad de visión.

Este fenómeno es relativo, no deslumbra más una fuente luminosa cuando el entorno es oscuro que cuando es claro, por ejemplo, la luz larga de un automóvil por la noche perjudica más que durante el día.

La adaptación a distintos niveles de luminosidad requiere tiempo, y por ello fuentes luminosas fluctuantes, o la visualización alternativa de objetos de luminosidad cambiante, por ejemplo, el control de botellas en una cadena de llenado suele generar problemas de visualización.

Por otra parte, la retina tiende a sensibilizarse, en su conjunto, en función de la luminosidad más elevada, por ello si existen fuentes luminosas muy importantes en el campo visual, como fuentes luminosas desnudas, la luz del día a través de ventanas, o si los contrastes que se perciben en el campo visual intermedio o de visión clara son muy acusados, o lo que es lo mismo, existen diferencias de luminancia importantes, aparte de las molestias correspondientes, perderemos capacidad de visión para los detalles menos luminosos.

Distribución de luminancias

Lo anterior nos lleva a comprender que el problema es estudiar la distribución de luminancias dentro del ergorama. La IES, en su manual de ilu-

minación, recomienda distribuciones de luminancias para oficinas y situaciones industriales:.

PROPORCIONES DE LUMINANCIA RECOMENDADAS PARA OFICINAS Y SITUACIONES INDUSTRIALES

	Proporción máxima recomendada de luminancia	
Áreas	**Oficina**	**Industrial**
Tarea y alrededores adyacentes	3:1	
Tarea y alrededores adyacentes más oscuros		3:1
Tarea y alrededores adyacentes más claros		1:3
Tarea y superficies oscuras más lejanas	5:1	10:1
Tarea y superficies claras más lejanas	1:5	1:10
Luces (o ventanas, etc.) y superficies adyacentes a las mismas		20:1
Cualquier lugar dentro del campo de visión normal		40:1

Para obtener estas distribuciones debemos controlar las fuentes directas y las reflejadas.

Las fuentes directas constituyen todas las fuentes de luz: ventanas y luminarias. En el diseño de la orientación del puesto de trabajo deberemos buscar que estas fuentes estén fuera de nuestro campo visual. También es importante evitar que estas mismas fuentes se reflejen en objetos brillantes, como pantallas de visualización, y que se manifiesten dentro de nuestro campo de visión. En la figura 24 se presenta el ejemplo de un puesto de control mediante pantallas donde existían reflejos molestos. La solución más sencilla fue apagar las luminarias traseras que son las que producían los reflejos.

La elección y localización de las luminarias es fundamental ya que la misión de éstas es amortiguar y dirigir el flujo luminoso en ciertas direcciones. Este aspecto lo ampliaremos más adelante (Figura 25).

Las reflectancias de las superficies del mobiliario, paredes, suelos, etc., también tienen importancia en el control de la distribución de las luminancias. La Sociedad Americana de Iluminación propuso considerar las reflectancias que se representan en la Figura 26.

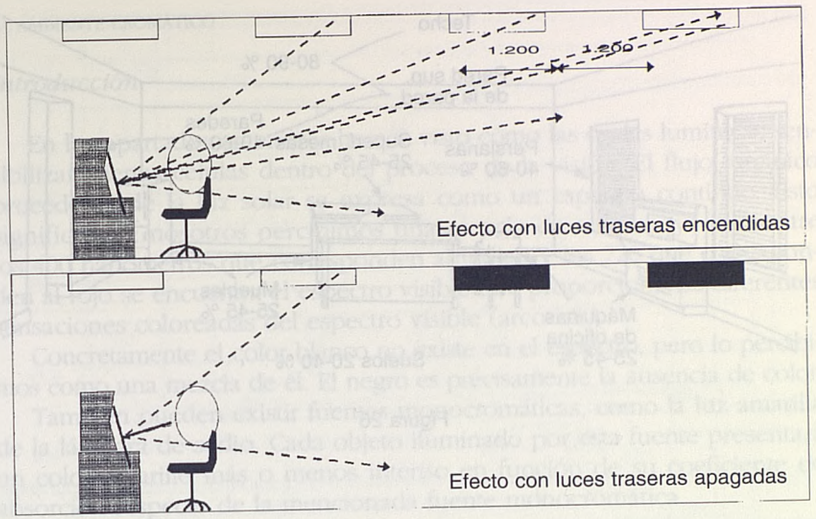


Figura 24

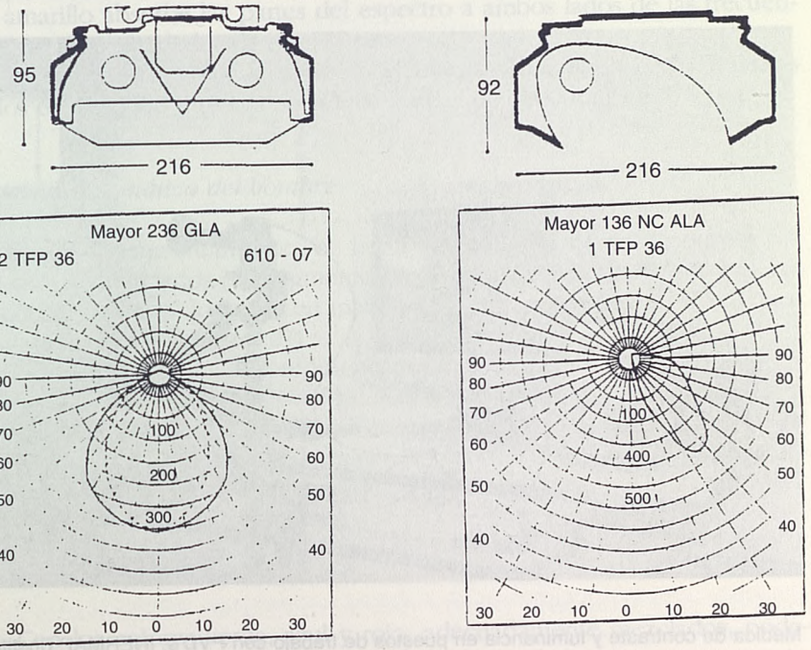


Figura 25

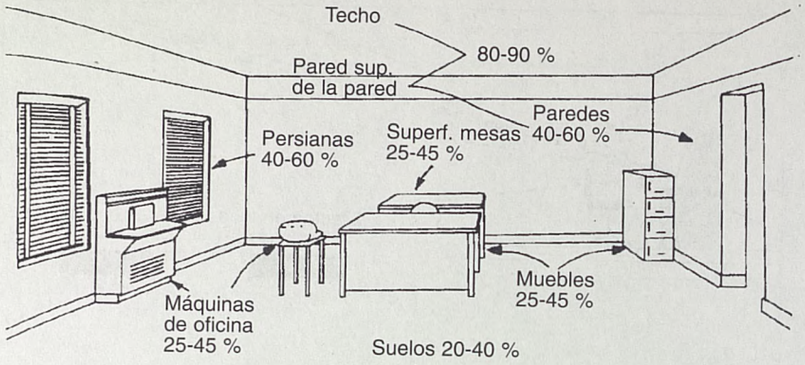
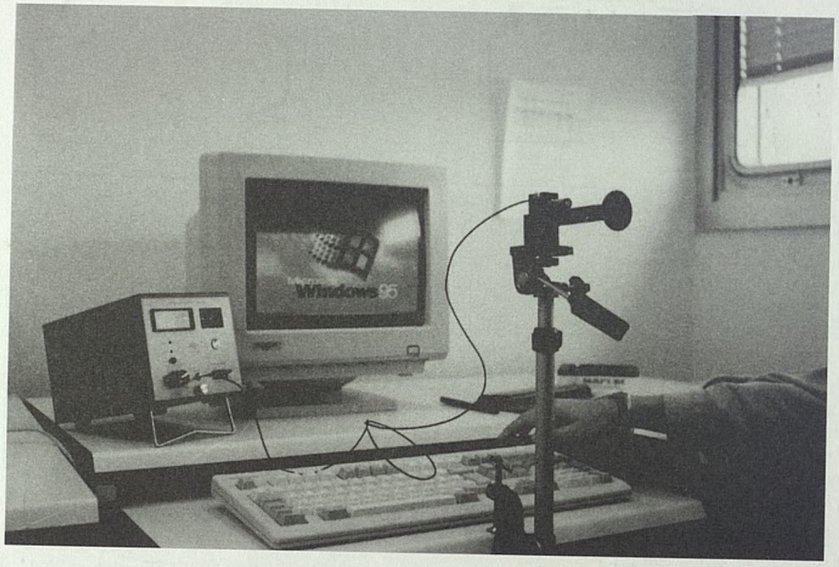


Figura 26



Medida de contraste y luminancia en puestos de trabajo con PVD's. INERMAP (Instituto de Ergonomía MAPFRE).

El ambiente cromático

Introducción

En los apartados anteriores hemos visto cómo las ondas lumínicas sensibilizan ciertas células dentro del proceso de la visión. El flujo lumínico procedente de la luz solar se expresa como un espectro continuo. Esto significa que nosotros percibimos una mezcla de colores, ya que entre los 400 nanómetros que corresponden al índigo y los 720 que corresponden al rojo se encuentra el espectro visible que proporciona las diferentes sensaciones coloreadas del espectro visible (arco iris).

Concretamente el color blanco no existe en el espectro, pero lo percibimos como una mezcla de él. El negro es precisamente la ausencia de color.

También pueden existir fuentes monocromáticas, como la luz amarilla de la lámpara de sodio. Cada objeto iluminado por esta fuente presentará un color amarillo más o menos intenso en función de su coeficiente de absorción respecto de la mencionada fuente monocromática.

Por otra parte, una fuente de espectro continuo puede presentarse como fuente monocromática si se interpone un filtro. En este caso, un cristal amarillo absorbe las partes del espectro a ambos lados de las frecuencias situadas alrededor de los 575 nm.

Un cuerpo de color amarillo es el que absorbe el espectro a ambos lados del amarillo y refleja solamente ondas de alrededor de 575 nm.

La visión cromática del hombre

Según Young-Helmholtz, el hombre ha desarrollado tres tipos de conos, caracterizados por pigmentos propios, que, aunque se sensibilizan a todo el espectro, lo hacen en mayor medida a uno de estos tres colores: azul, verde o rojo (Figura 27).

Esta teoría explica los fenómenos de la síntesis del blanco, las imágenes consecutivas, etc.

En la visión cromática tienen importancia las células ganglionares y geniculadas, que relacionan las sensaciones de las células vecinas y pueden establecer distintos contrastes.

Forma de definir los colores

Con los colores verde, azul y rojo, adecuadamente mezclados, podemos obtener la mayoría de los colores existentes.

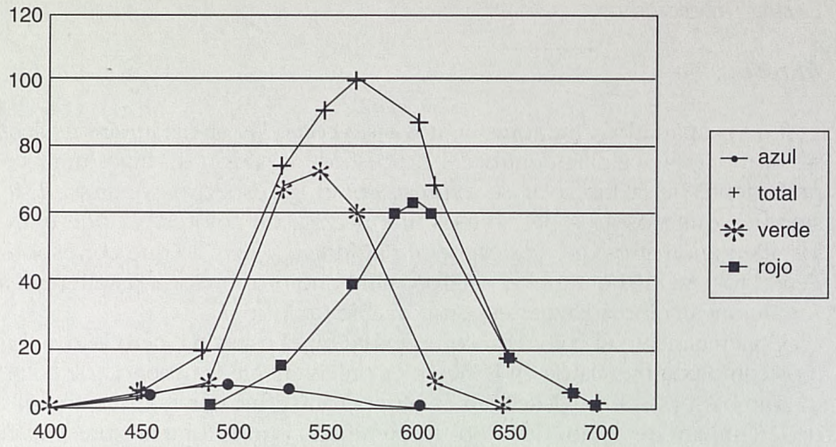


Figura 27. Repartición probable de las tres sensibilidades fundamentales y repartición resultante de la visión diurna.

Si consideramos los tantos por uno de cada una de las proporciones mezcladas, la suma de ellas dará necesariamente:

$$X + Y + Z = 1$$

X = tanto por 1 de rojo;
Y = tanto por 1 de verde;
Z = tanto por 1 de azul.

Como sólo son necesarios dos sumandos para definir la mezcla, es posible representar con sólo dos cifras un color. Por ejemplo, 0,1, 0,4 nos define el verde azulado (azul = 0,5).

También es posible representar en un gráfico bidimensional el diagrama tricromático que nos representa un área curvilínea (triángulo) en donde los colores saturados se encuentran en la periferia, y existe un centro W donde está el color blanco (0,33 + 0,33 + 0,33) (Figura 28).

En la medida en que nos acercamos al punto W (blanco), los colores representados en el diagrama son menos saturados.

Otra forma de definir un color es basándose en los colores que toman los cuerpos cuando están incandescentes. Como vimos anteriormente, en la medida en que un cuerpo incrementa su temperatura, modifica su color de incandescencia, desde el color rojo hasta el color blanco. Si denominamos al color con el mismo parámetro que el de la temperatura que se requiere para alcanzarlo cuando está incandescente, tendremos el concepto de temperatura de color. Así, la temperatura de color de un color rojo-gris sería 700°. En todo caso, a efectos luminotécnicos, la determina-

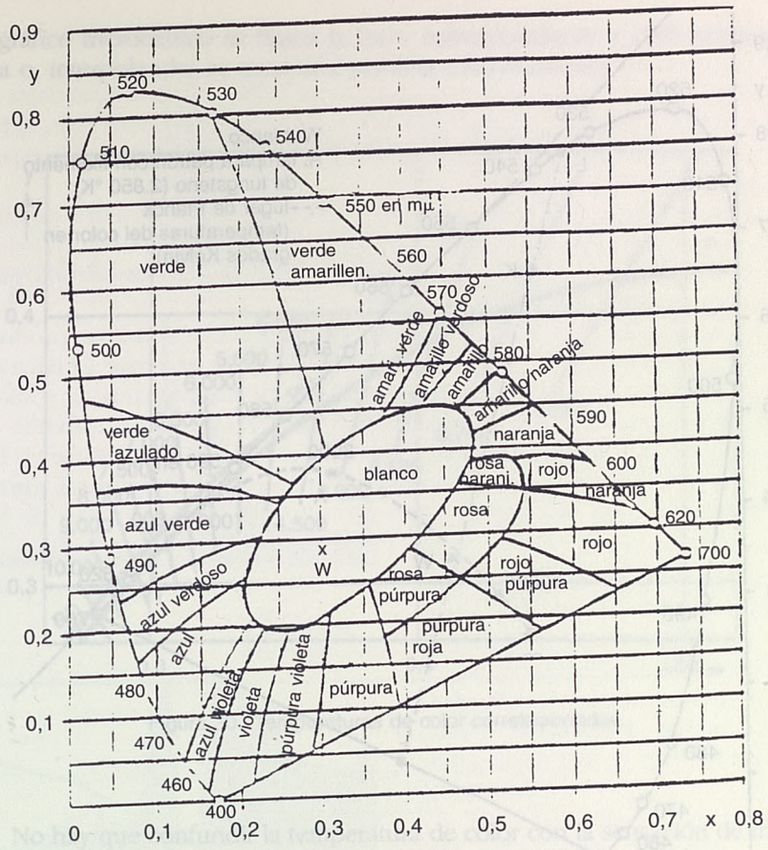


Figura 28. Según la comisión internacional de la iluminación.

ción de la temperatura de color de una lámpara se efectúa por comparación con una fuente patrón.

Si representamos las diferentes temperaturas de color en el diagrama tricromático, vemos que éstas tienden a ocupar una línea curva denominada lugar geométrico de Planck (Figura 29).

La curva de Planck se confecciona utilizando las distintas cromaticidades del cuerpo negro, que sería el caso de las que producen las fuentes por termorradiación.

En las lámparas de descarga pueden darse colores que no coinciden con la curva de Planck y, por ello, se emplea el concepto de temperatura de color similar o correlacionada.

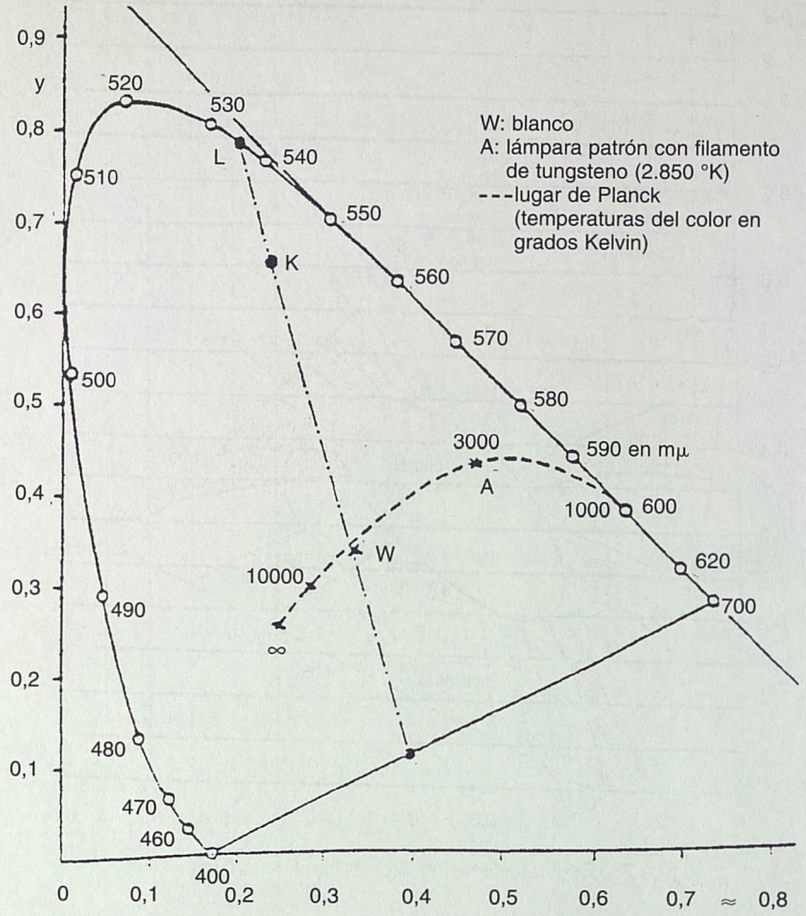


Figura 29. Según la comisión internacional de la iluminación.

La temperatura de color correlacionada (de una fuente de luz) es la temperatura del cuerpo negro que emite una radiación de un color parecido o de una cromaticidad muy próxima a la que tiene la fuente luminosa considerada.

Símbolo: T_c

Unidad: grado Kelvin (K)

El gráfico de la Figura 30 nos proporciona una ayuda para obtener el valor de la temperatura de color correlacionada. Situando el color en el gráfico tricromático se busca la línea correspondiente a cada temperatura o, interpolando, se traza una paralela a las existentes.

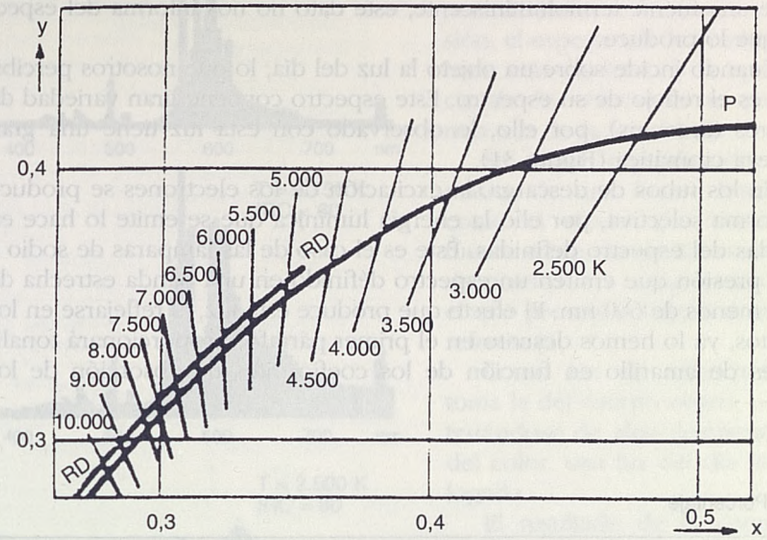


Figura 30. Temperaturas de color correlacionadas.

No hay que confundir la temperatura de color con la sensación de frialdad o de calor que produce dicho color a la persona. Curiosamente, cuanto mayor sea la temperatura de color, la sensación que produce dicho color es más fría.

En la tabla siguiente relacionamos el aspecto cromático con la temperatura de color correlacionada y se recomiendan, por grupos, los colores apropiados para distintas situaciones.

Aspecto cromático (1)	Temperatura de color correlacionada °K
1 Cálido	Inferior a 3.300
2 Intermedio	De 3.300 a 5.300
3 Frío	Superior a 5.300

(1) Grupo 1: es apropiado para las áreas de tipo residencial.
Grupo 2: generalmente utilizado en interiores de trabajo.
Grupo 3: sólo debería utilizarse para los niveles de iluminación altos, tareas especiales o en climas calurosos.

Reproducción cromática

El aspecto cromático de la luz queda definido por la temperatura de color o por el diagrama tricromático vistos anteriormente, pero si no se trata de una fuente termoluminiscente, este dato no nos informa del espectro que lo produce.

Cuando incide sobre un objeto la luz del día, lo que nosotros percibimos es el reflejo de su espectro. Este espectro contiene gran variedad de colores (arco iris), por ello, lo observado con esta luz tiene una gran riqueza cromática (Figura 31).

En los tubos de descarga, la excitación de los electrones se produce de forma selectiva, por ello la energía lumínica que se emite lo hace en bandas del espectro definidas. Éste es el caso de las lámparas de sodio a baja presión que emiten un espectro definido en una banda estrecha de algo menos de 600 nm. El efecto que produce esta luz, al reflejarse en los objetos, ya lo hemos descrito en el primer párrafo; proporcionará tonalidades de amarillo en función de los coeficientes de absorción de los

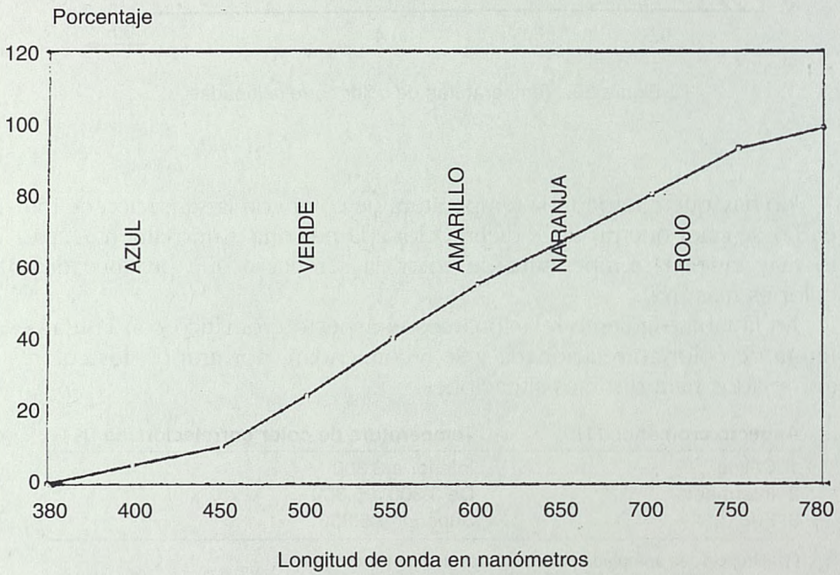


Figura 31. Curva de distribución espectral de la luz del día.

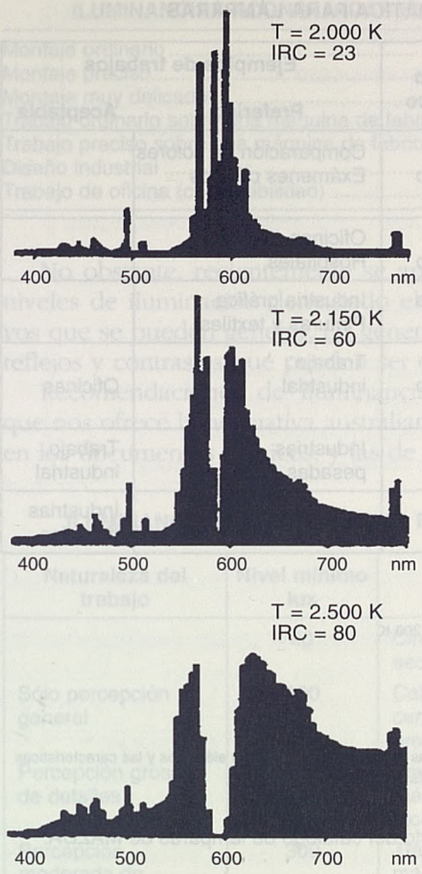


Figura 32. Espectros luminosos según la presión del sodio.

detalles reflejados. En todo caso, lo observado da una pobre sensación cromática (Figura 31).

En la medida en que a la lámpara de sodio se le somete a presión, el espectro de luz emitida se hace más continuo y la apariencia de lo observado se parece más a la de la luz del día.

Se define reproducción cromática de una fuente luminosa como el efecto que tiene esa fuente sobre el aspecto cromático de objetos, en comparación con el que presentan bajo una luz de referencia.

Como luz de referencia se toma la del cuerpo negro, o bien tratándose de altas temperaturas del color, una luz del día homologada.

El resultado de la comparación nos proporciona valores de IRC o Ra desde 0, reproducción nula, hasta 100 en que es máxima (Figura 32).

Si la comparación mencionada se efectúa tomando ocho colores de referencia en los que inciden la luz de referencia y la luz a analizar y se promedian las desviaciones en cada caso, obtendremos el índice de reproducción cromática general.

Símbolo: R_g

En todo caso, el hecho de disponer de dos fuentes con un Rg idéntico no garantiza que los aspectos cromáticos obtenidos sean iguales, ya que puede que el espectro no sea igual; es necesario complementar la información con la temperatura de color correlacionada.

REPRODUCCIÓN CROMÁTICA PARA LÁMPARAS

Grupo de reproducción cromática	Rango de Rg	Aspecto cromático	Ejemplos de trabajos	
			Preferido	Aceptable
1A	Rg > 90	Cálido Intermedio Frío	Comparación de colores Exámenes clínicos	
1B	80 < Rg < 90	Cálido Intermedio	Oficinas Hospitales	
		Intermedio Frío	Industria gráfica Pinturas y textiles	
2	60 < Rg < 80	Cálido Intermedio Frío	Trabajo industrial	Oficinas
3	40 < Rg < 60		Industrias pesadas	Trabajo industrial
4	20 < Rg < 40			Industrias pesadas

Propiedades:
- Índice de reproducción de los colores: 100.
- Luz blanca brillante con una temperatura de color de 3.200 K.
- Larga duración en promedio: 3.000 horas.
- Fácil de manejar.
- No necesita mantenimiento el interior del reflector.
- Aspecto muy decorativo.
- Uniformidad en toda la gama.
- Totalmente intercambiable desde el punto de vista de las dimensiones, los valores eléctricos y las características térmicas, con las lámparas de reflector dicroico normales selladas.

Características de una lámpara. Extracto del catálogo de lámparas de MAZDA.

Criterios de diseño y evaluación de la iluminación

Iluminancias recomendadas

El incremento del nivel de iluminación mejora las características de la capacidad visual, aspecto importante desde el punto de vista de la ergonomía. Por ello, los criterios técnicos de iluminación han incrementado paulatinamente los niveles de iluminación recomendados en función de los tipos de tareas.

En la tabla que adjuntamos vemos cómo desde 1969 se incrementaron los niveles recomendados.

ILUMINANCIAS ACONSEJADAS EN LUX POR	DIN 69	IES 154
Montaje ordinario	250	320
Montaje preciso	1.000	5.400
Montaje muy delicado	1.500	10.800
Trabajo ordinario sobre una máquina de fabricación de utillaje	250	540
Trabajo preciso sobre una máquina de fabricación de utillaje	500	5.400
Diseño industrial	1.000	2.200
Trabajo de oficina (compatibilidad)	500	1.600

No obstante, recientemente se aprecia cierta prudencia en establecer niveles de iluminación demasiado elevados, debido a los efectos negativos que se pueden generar. En general, una elevada iluminación produce reflejos y contrastes que pueden ser excesivos.

Recomendaciones de iluminancias, relativamente recientes, son las que nos ofrece la normativa australiana, a la que se suele hacer referencia en los documentos técnicos, y las de la norma ISO 8995 de 1989.

ILUMINANCIAS RECOMENDADAS EN LA NORMATIVA AUSTRALIANA

Naturaleza del trabajo	Nivel mínimo lux	Ejemplos de trabajos
	20	Circulación en corredores, salidas secundarias, pasajes.
Sólo percepción general	100	Calefacción (manutención del carbón y cenizas), almacenamiento de materiales groseros a granel, vestuarios.
Percepción grosera de detalles	150	Trabajo grosero o intermitente en banco o máquina, inspección y contado de piezas en stock, montaje de grandes máquinas.
Percepción moderada de detalles	300	Trabajo de piezas medias en banco o en máquinas, montaje y verificación de piezas medias, trabajos corrientes de oficina (lectura, escritura).
Percepción bastante fina de detalles	700	Trabajos finos en banco o máquina, montaje y verificación de piezas pequeñas, pintura y barnizados extrafinos, costura de tejidos oscuros.
Percepción muy fina de detalles	1.500	Montaje y verificación de piezas de precisión, fabricación de herramientas y matrices, lectura de instrumentos de medida, rectificación de piezas de precisión.
Percepción extremadamente fina de detalles. Trabajos delicados	3.000 o más	Relojería de precisión (fabricación y reparación).

Tabla 1. Rangos típicos de iluminancia para las diferentes áreas, tareas o actividades

NORMA ISO 8995-1989

Rangos de iluminancia (lx)	Tipo de área, tarea o actividad
20 - 30 - 50	Circulación al aire libre y en zonas de trabajo.
50 - 100 - 150	Zonas de circulación, orientación fácil o visitas cortas y provisionales.
100 - 150 - 200	Salas no utilizadas continuamente con fines laborales.
200 - 300 - 500	Tareas con requisitos visuales simples.
300 - 500 - 750	Tareas con requisitos visuales intermedios.
500 - 750 - 1.000	Tareas con requisitos visuales exigentes.
750 - 1.000 - 1.500	Tareas con requisitos visuales difíciles.
1.000 - 1.500 - 2.000	Tareas con requisitos visuales especiales.
superior a 2.000	Rendimiento de tareas visuales muy exactas.

Iluminación general y localizada

Para los ámbitos de trabajo se utilizan tres tipos de iluminación artificial:

a) Iluminación general uniforme.
b) Iluminación general con apoyo de iluminación localizada.
c) Iluminación general localizada.

Iluminación general uniforme

Una instalación de iluminación general uniforme es aquella en que las luminarias se distribuyen de forma tal que se obtenga una iluminación uniforme en todos los posibles planos de trabajo.

Los puestos de trabajo no están definidos previamente, por lo que la aplicación de este tipo de instalación en oficinas, o salas de control, puede generar problemas de reflejos en las personas que utilicen pantallas de ordenador.

Por ello, es necesario tener la precaución de situar las luminarias en la posición más alta posible.

La distancia entre luminarias no deberá exceder de una cierta proporción la altura de la fuente por encima del plano de trabajo. En caso de luminarias cerradas, de cajas o de reflectores abiertos, la relación entre la distancia y la altura no debe sobrepasar los valores que presenta la Figura 33.

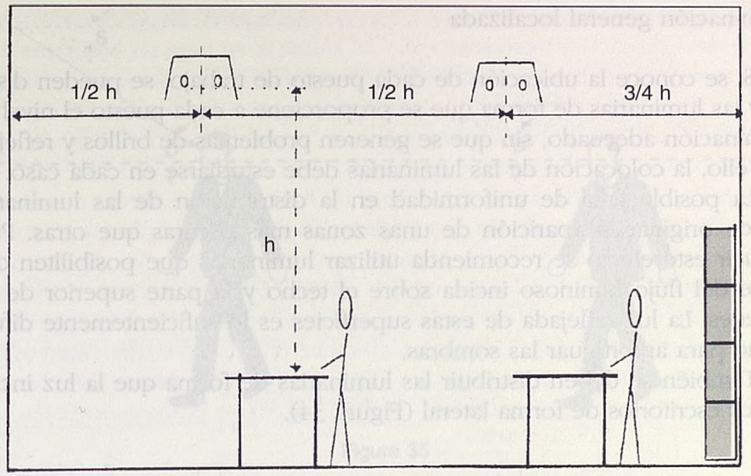


Figura 33

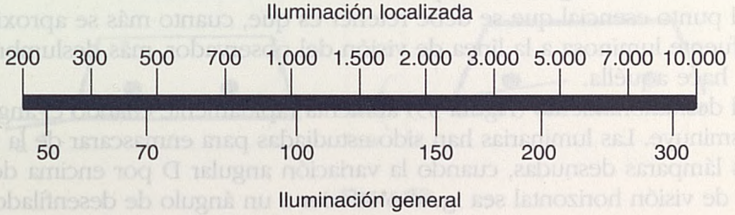
Iluminación general con apoyo de iluminación localizada

Se complementa la iluminación general con puntos de luz en lugares concretos en los que se requiere un nivel de iluminación más elevado. Éste es el caso del trabajo con una máquina de coser, donde se requiere un nivel de iluminación alto en el área donde la aguja trabaja.

Si, en este caso, la iluminación general no es la adecuada, se puede producir un contraste elevado entre la pequeña área que requiere nuestra visión y la periferia. Por ello, se debe establecer que la iluminación general no sea inferior a tres veces la raíz cuadrada de la iluminación localizada requerida.

$Ig > 3 \sqrt{Ii}$

Ig = Iluminación general
Ii = Iluminación localizada



Iluminación general localizada

Si se conoce la ubicación de cada puesto de trabajo, se pueden distribuir las luminarias de forma que se proporcione a cada puesto el nivel de iluminación adecuado, sin que se generen problemas de brillos y reflejos. Por ello, la colocación de las luminarias debe estudiarse en cada caso.

La posible falta de uniformidad en la distribución de las luminarias puede originar la aparición de unas zonas más oscuras que otras. Para reducir este efecto se recomienda utilizar luminarias que posibiliten que parte del flujo luminoso incida sobre el techo y la parte superior de las paredes. La luz reflejada de estas superficies es lo suficientemente difusa como para amortiguar las sombras.

También se deben distribuir las luminarias de forma que la luz incida en los escritorios de forma lateral (Figura 34).

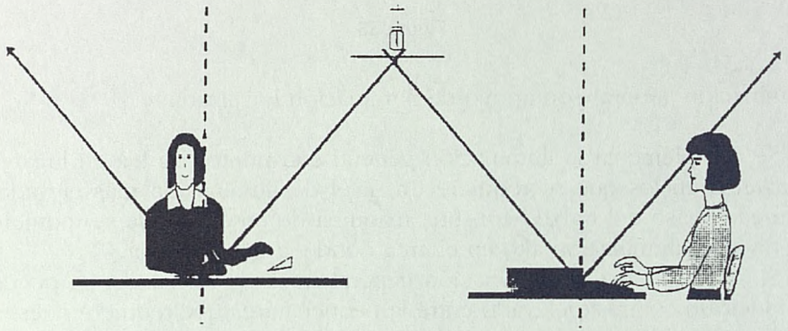


Figura 34

Valor y limitación del deslumbramiento

Uno de los aspectos más importantes en la evaluación de los deslumbramientos es el ángulo en el que se ve el foco luminoso.

El punto esencial que se debe retener es que, cuanto más se aproxima una fuente luminosa a la línea de visión del observador, más deslumbrante se hace aquélla.

El deslumbramiento (Figura 35) aumenta rápidamente cuando el ángulo D disminuye. Las luminarias han sido estudiadas para enmascarar de la vista las lámparas desnudas, cuando la variación angular D por encima de la línea de visión horizontal sea igual o inferior a un ángulo de desenfilado S.

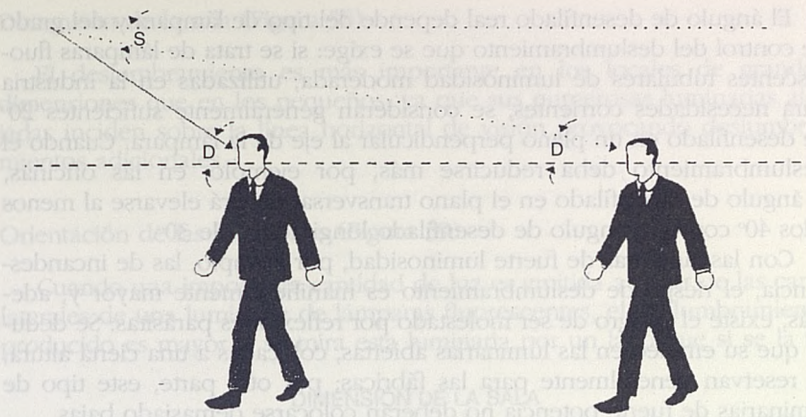


Figura 35

Una de las misiones de las luminarias es ocultar o amortiguar, según ciertas direcciones, la fuente luminosa. Que esto ocurra en mayor o menor medida depende del denominado ángulo de desenfilado o de protección (Figura 36).

ÁNGULOS DE PROTECCIÓN PARA VARIOS TIPOS DE LUMINARIAS

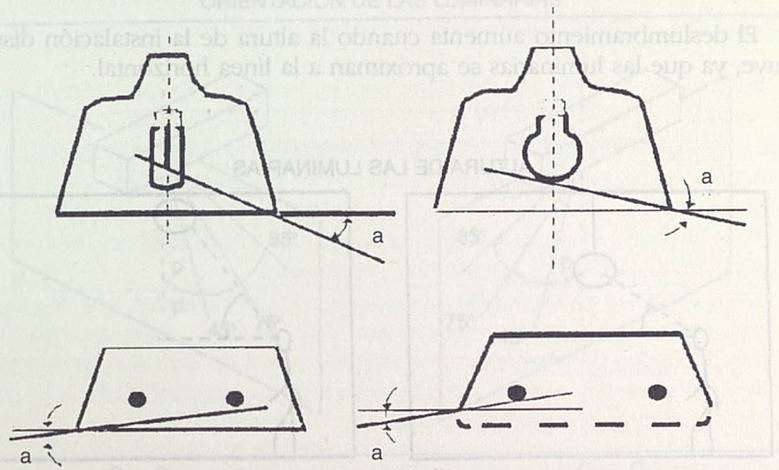


Figura 36

El ángulo de desenfilado real depende del tipo de lámpara y del grado de control del deslumbramiento que se exige: si se trata de lámparas fluorescentes tubulares de luminosidad moderada, utilizadas en la industria para necesidades corrientes, se consideran generalmente suficientes 20° de desenfilado en un plano perpendicular al eje de la lámpara. Cuando el deslumbramiento deba reducirse más, por ejemplo, en las oficinas, el ángulo de desenfilado en el plano transversal deberá elevarse al menos a los 40° con otro ángulo de desenfilado longitudinal de 30°.

Con las lámparas de fuerte luminosidad, por ejemplo, las de incandescencia, el riesgo de deslumbramiento es manifiestamente mayor y, además, existe el peligro de ser molestado por reflexiones parásitas. Se deduce que su empleo en las luminarias abiertas, colocadas a una cierta altura, se reservan generalmente para las fábricas; por otra parte, este tipo de luminarias de fuerte potencia no deberán colocarse demasiado bajas.

Factores que influyen en el grado de deslumbramiento

Aparte de los ángulos de protección de las luminarias, mencionados en el párrafo anterior, los factores que más influyen en el grado de deslumbramiento son:

Altura de la instalación (Figura 37):

El deslumbramiento aumenta cuando la altura de la instalación disminuye, ya que las luminarias se aproximan a la línea horizontal.

ALTURA DE LAS LUMINARIAS

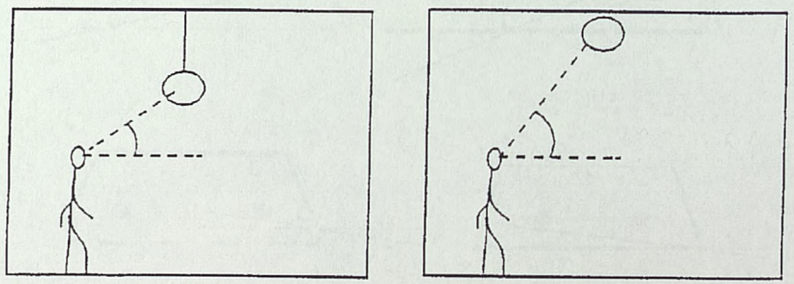


Figura 37

Dimensión de la sala (Figura 38):

El deslumbramiento es más importante en los locales de grandes dimensiones que en los pequeños, ya que sus numerosas luminarias alejadas inciden sobre la línea horizontal de visión provocando deslumbramientos adicionales.

Orientación de las luminarias (Figura 39):

Cuando una importante cantidad de luz es emitida a partir de las caras laterales de una luminaria de lámparas fluorescentes, el deslumbramiento producido es mayor si se mira esta luminaria por un lado que si se la ve

DIMENSIÓN DE LA SALA

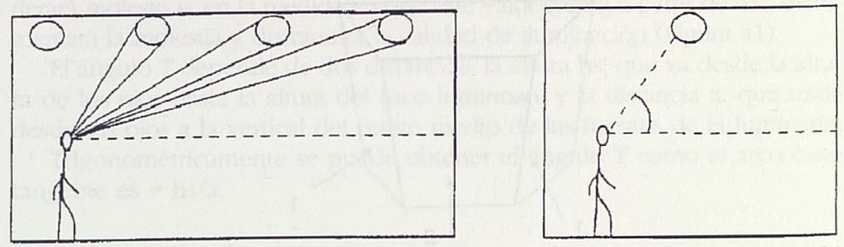


Figura 38

ORIENTACIÓN DE LAS LUMINARIAS

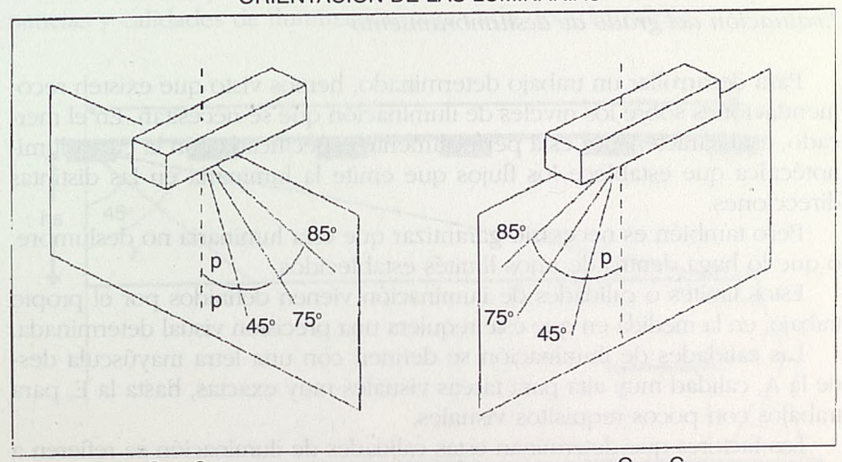


Figura 39

en sentido longitudinal, ya que, en este último caso, la superficie aparente de los haces laterales luminosos (1 en la Figura 40) está muy disminuida. Esto no se aplica a la base horizontal (2), porque aunque aparezca bajo una forma diferente, su superficie aparente no varía, por ello el deslumbramiento provocado por luminarias enclaustradas (así como luminarias de caras laterales no luminosas) es sensiblemente el mismo, tanto si se ven en sentido lateral como en sentido longitudinal.

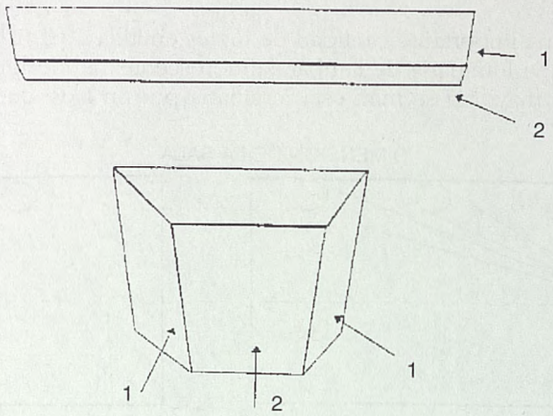


Figura 40

Evaluación del grado de deslumbramiento

Para desarrollar un trabajo determinado, hemos visto que existen recomendaciones sobre los niveles de iluminación que se necesitan. En el mercado, esta característica está perfectamente especificada con la curva luminotécnica que establece los flujos que emite la luminaria en las distintas direcciones.

Pero también es necesario garantizar que esta luminaria no deslumbre, o que lo haga dentro de unos límites establecidos.

Estos límites o calidades de iluminación vienen definidos por el propio trabajo, en la medida en que éste requiera una precisión visual determinada.

Las calidades de iluminación se definen con una letra mayúscula desde la A, calidad muy alta para tareas visuales muy exactas, hasta la E, para trabajos con pocos requisitos visuales.

Los factores que determinan estas calidades de iluminación se refieren a la luminaria y a la geometría de la sala. Si existe una distribución uniforme de luminarias, el brillo de éstas será visto por un trabajador desde distintos ángu-

CALIDAD DE ILUMINACIÓN	
CALIDAD	REQUERIMIENTOS
CLASE A:	MUY ALTA CALIDAD, TAREAS VISUALES MUY EXACTAS.
CLASE B:	ALTA CALIDAD, TAREAS CON DEMANDAS VISUALES ALTAS.
CLASE C:	CALIDAD MEDIA, TAREAS CON DEMANDAS VISUALES MODERADAS.
CLASE D:	BAJA CALIDAD, TAREAS CON BAJA DEMANDA Y CONCENTRACIÓN.
CLASE E:	MUY POCOS.

los. Si denominamos T al ángulo que forma la línea que une el foco luminoso con la vista, con la horizontal, todo valor de T inferior a 45° no se considerará molesto y, en la medida en que este valor crezca a partir de 45°, incrementará la molestia y disminuirá la calidad de iluminación (Figura 41).

El ángulo T depende de dos distancias: la altura hs, que va desde la altura de los ojos hasta la altura del foco luminoso, y la distancia a, que mide desde los ojos a la vertical del punto medio de las fuentes de la luminaria.

Trigonométricamente se puede obtener el ángulo T como el arco cuya tangente es = hs/a.

Curvas límite de luminancia

La norma ISO presenta unas tablas de valores recomendados de iluminancias y calidades de iluminación para cada tipo de trabajo.

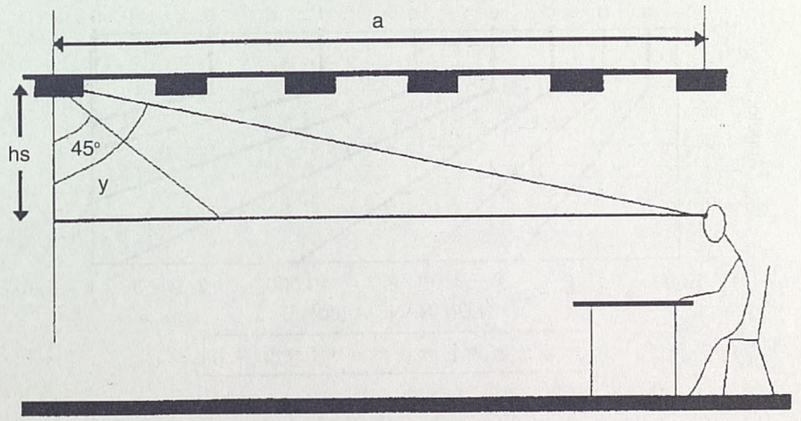


Figura 41

Con objeto de vincular dichos valores recomendados con los parámetros geométricos de la sala, la CIE (CIE Publicación n.º 29/2) establece el concepto de curvas límite de luminancia, que se representa en el cuadro siguiente.

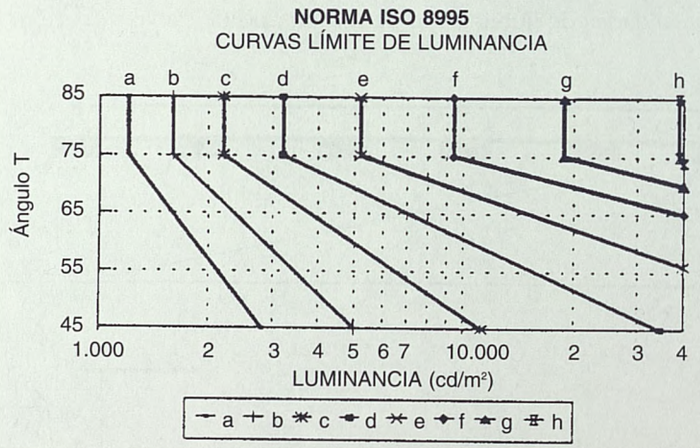
CURVAS LÍMITE DE LUMINANCIA EN FUNCIÓN DE LA TASA DE DESLUMBRAMIENTO (TD) Y CALIDAD DE TRABAJO (CT)

TD	CT	Valores de iluminación							
1,15	A	2.000	1.000	500	= < 300				
1,50	B		2.000	1.000	500	= < 300			
1,85	C			2.000	1.000	500	= < 300		
2,2	D				2.000	1.000	500	= < 300	
2,56	E					2.000	1.000	500	= < 300
CURVA		**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**

Se definen 8 curvas límite de luminancia denominadas con las letras minúsculas, desde la a hasta la h.

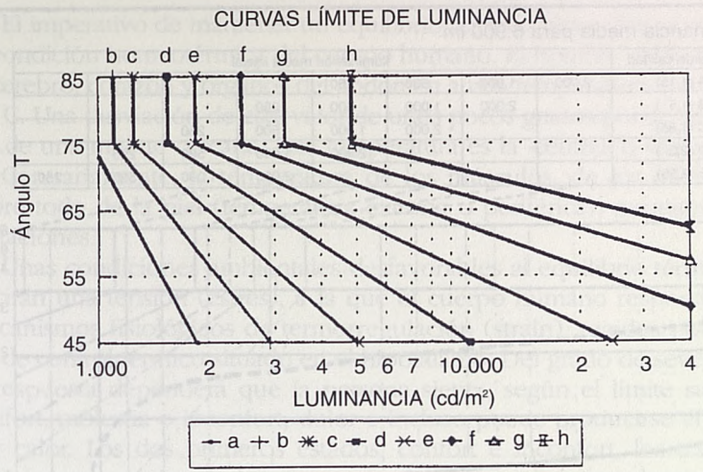
Si para un trabajo concreto, ISO recomienda una luminancia de 500 lux y una calidad B, la curva límite de la luminancia sería la denominada con la letra d.

En las Figuras 42 y 43 vemos la relación de las curvas con los ángulos T.



Luminarias sin laterales luminosos

Figura 42



Luminarias con laterales luminosos

Figura 43

La utilización de estas curvas es la siguiente:

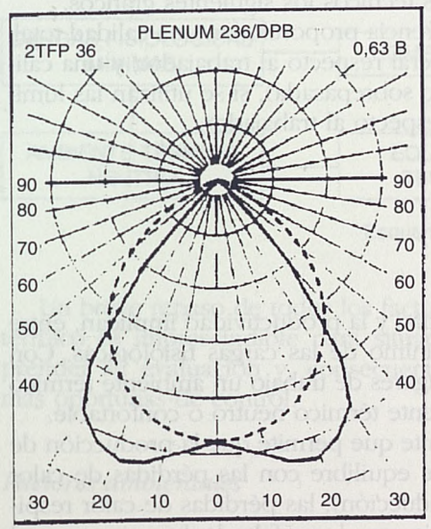


Figura 44a

a) Elegir la figura apropiada teniendo en cuenta si las luminarias tienen o no laterales luminosos.
b) Elegir la curva límite que corresponda a la calidad de trabajo deseada y a su nivel de iluminación recomendada.
c) Comparar la luminancia de la luminaria, determinada por el flujo inicial de las lámparas (dato del fabricante), con la curva límite obtenida.

No existirá deslumbramiento si el valor de luminancia de la luminaria es inferior al de la curva límite. Esto ocurre cuando la curva problema está completamente a la izquierda de la curva límite.

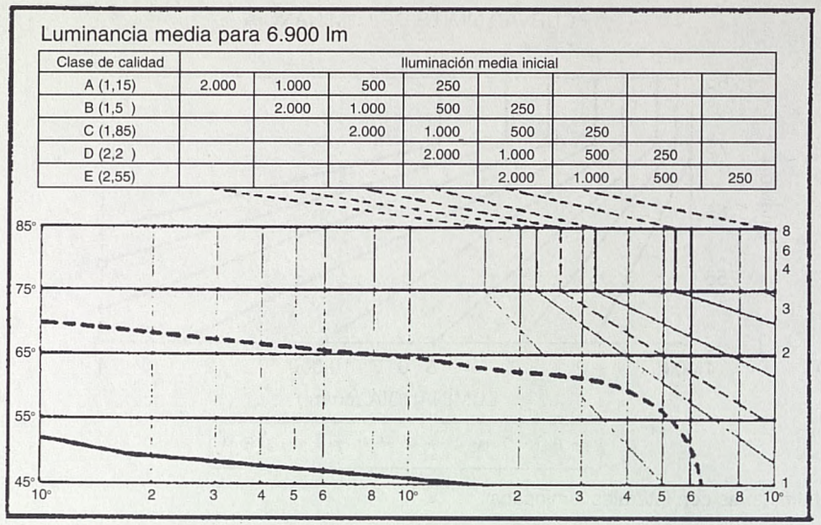


Figura 44b

Un ejemplo de una luminaria de MAZDA, cuya superficie luminosa es de 0,35 m², nos presenta como datos técnicos los siguientes gráficos.

Vemos que las luminarias de referencia proporcionan una calidad total, si se utilizan orientadas de forma lateral respecto al trabajador, y una calidad correspondiente a la curva b (no sobrepasada), si se utilizan las luminarias orientadas horizontalmente respecto al trabajador.

Confortabilidad térmica

Introducción

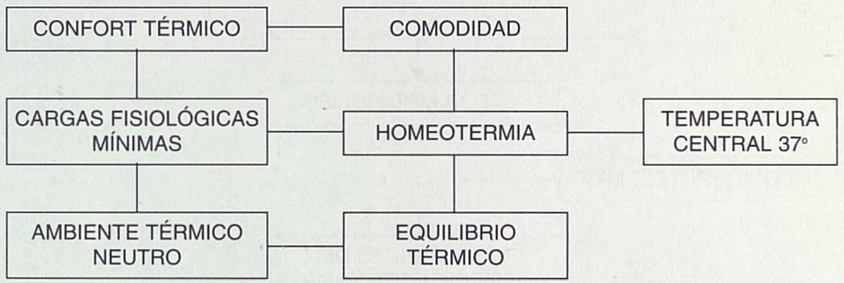
La salud, la satisfacción, la seguridad y la productividad implican, entre otros aspectos, una reducción al mínimo de las cargas fisiológicas. Con este fin conviene conseguir en los lugares de trabajo un ambiente térmico favorable, que es sinónimo de ambiente térmico neutro o confortable.

Un ambiente neutro es un ambiente que permite que la producción de calor metabólico, o termogénesis, se equilibre con las pérdidas de calor sensible (convección, radiación, conducción), las pérdidas de calor respiratorio y la respiración insensible, sin que haga falta luchar ni contra el calor ni contra el frío.

El imperativo de mantener un equilibrio térmico viene determinado por la condición homeotérmica del cuerpo humano. El hombre debe mantener el cerebro, corazón y órganos del abdomen a una temperatura constante de 37° C. Una desviación de este valor de unos pocos grados puede ser el indicio de una muerte cercana. Esta temperatura es la «central» o «core».

Contrariamente, la temperatura de los músculos, de los miembros, y sobre todo de la piel (temperatura externa o periférica), permiten ciertas variaciones.

Unas condiciones ambientales desfavorables al equilibrio térmico producirán una tensión (estrés), a la que el cuerpo humano responderá con mecanismos fisiológicos de termorregulación (strain), regidos por el centro de control térmico situado en el hipotálamo. Del grado de severidad de la respuesta dependerá que la persona sienta, según el límite superado, confort, molestia o inconfort, dolor e incluso puede producirse el choque por calor. Los dos primeros estados, confort e inconfort, los trataremos aquí como propios de la ergonomía. Por otra parte, una desviación del estado de confort sin llegar a consecuencias lesivas puede empeorar de forma sensible la seguridad, como después analizaremos (Esquema 1).



Esquema 1

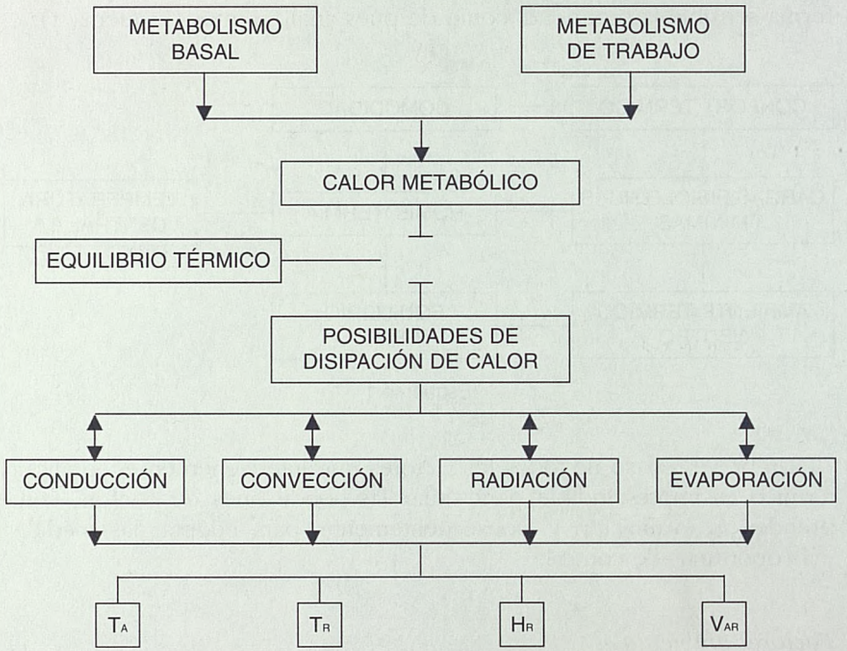
Un breve repaso de todos los factores que intervienen en el equilibrio térmico es imprescindible para situar las condiciones de confort, comprender su evaluación y, consecuentemente, para adoptar las medidas más oportunas de control.

Factores ambientales

El cuerpo humano, como cualquier cuerpo físico, tiende a igualar su temperatura con el medio que le rodea cediendo o aceptando calor por

convención, según sea la diferencia o gradiente de temperatura entre la piel y el aire, o intercambiando calor con los objetos que le rodean por radiación, en cantidades que son función a la cuarta potencia de las temperaturas absolutas de los cuerpos radiadores.

A estas formas de intercambio de calor habría que agregar la conducción y la evaporación. La primera es irrelevante, pero quede constancia de su importancia en el diseño de mandos, manivelas, volantes, etc., que pueden adquirir temperaturas desagradables para el usuario pudiéndose mejorar tal circunstancia con una baja conductividad térmica de los materiales de estos elementos. Más importante es la evaporación del sudor, mecanismo fisiológico eficaz para disipar calor, ya que el calor latente de la vaporización del agua es de 0,58 Kcal/g. Ahora bien, la presencia de sudor ya es un síntoma de disconfort al que no es deseable llegar (humedad de la piel superior al 60 %). Existe un caudal óptimo de sudor que más adelante señalaremos (Esquema 2).



T_A = temperatura del aire; T_R = temperatura radiante media; H_R = humedad relativa; V_{AR} = velocidad del aire.

Esquema 2

La Figura 45 refleja, en cinco situaciones distintas, la incidencia de las formas de intercambio de calor en función de las temperaturas del aire y de las paredes.

En la primera situación, las temperaturas del aire (17,2° C) y de las paredes (19,4° C) propician una eliminación del calor metabólico mediante los

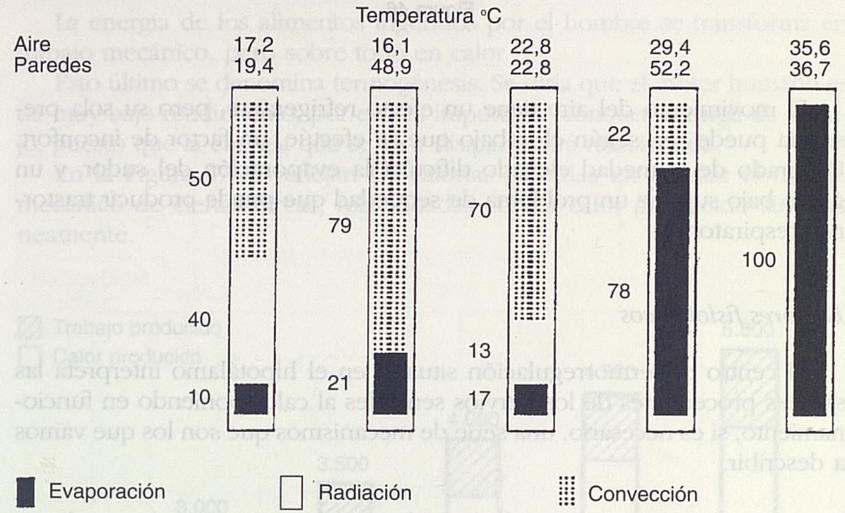


Figura 45. Porcentaje de pérdida de calor que pasa al entorno.

mecanismos físicos de convección del 50 % y los de radiación del 40 %, siendo irrelevante el calor disipado por evaporación.

Esta facilidad de disipación puede llegar a producir desequilibrio térmico en el sentido de enfriar el cuerpo de la persona expuesta que no se vista adecuadamente (0,7 - 1,2 clo), según la carga de trabajo (2 - 1,4 met), y sin influencia del resto de los factores (V_{ar} y H_r).

En la segunda situación vemos la importancia de la carga radiante. La tercera situación es francamente confortable, y la cuarta y la quinta suponen una disipación casi exclusiva mediante el mecanismo fisiológico de sudoración.

Las dos variables consideradas se conjugan en el concepto de temperatura operativa, según la siguiente expresión (Figura 46).

Aparte de las temperaturas del aire y de las paredes, existen otras dos variables ambientales que hay que destacar: el movimiento del aire y su grado de humedad.

Temperatura operativa

$t_o = A\ t_a + (1 - A)\ t_r$

V_{ar} (m/s) =	< 0,2	0,2 a 0,6	0,6 a 1
A =	0,5	0,6	0,7

t_o = temperatura operativa; t_a = temperatura del aire; t_r = temperatura radiante media; V_{ar} = velocidad del aire; A = coeficiente que varía según V_{ar}.

Figura 46

El movimiento del aire tiene un efecto refrigerante, pero su sola presencia puede ser, según el trabajo que se efectúe, un factor de inconfort. Un grado de humedad elevado dificulta la evaporación del sudor, y un grado bajo supone un problema de sequedad que puede producir trastornos respiratorios.

Factores fisiológicos

El centro de termorregulación situado en el hipotálamo interpreta las señales procedentes de los nervios sensibles al calor poniendo en funcionamiento, si es necesario, una serie de mecanismos que son los que vamos a describir.

– Circulación sanguínea de la piel: por este mecanismo y mediante dilatación o constricción de los vasos sanguíneos periféricos, según la temperatura ambiente sea calurosa o fría, la sangre se situará en la piel, no teniendo dificultad para disipar calor, o bien se alejará de ésta, estableciéndose una barrera grasa que impedirá las pérdidas de calor.

Es indudable que estas dos situaciones implican una temperatura de piel distinta, que luego analizaremos.

– Sudoración: también desde el hipotálamo se regula la transpiración. En un trabajo sedentario y ambiente neutro se puede producir un litro de sudor, pero a partir de los 34° C de temperatura, en el aire se genera la emisión de importantes cantidades de este líquido desde alrededor de dos millones y medio de glándulas sudoríparas de la piel.

Vestimenta

Una de las causas por la que el hombre se ha adaptado en casi todo el globo terrestre es por utilizar la vestimenta adecuada a cada clima. Esta

vestimenta tiene normalmente función de barrera aislante de la convección, pero ante el calor radiante puede actuar de pantalla.

La unidad es el clo, que refleja aproximadamente el tipo de ropa normal en un trabajo sedentario en invierno.

Carga de trabajo

La energía de los alimentos ingeridos por el hombre se transforma en trabajo mecánico, pero sobre todo en calor.

Esto último se denomina termogénesis. Se diría que el motor humano es de muy bajo rendimiento, por eso es importante conocer la carga de trabajo, puesto que la energía que se va a disipar estará relacionada.

En la Figura 47 se reflejan las calorías gastadas en realizar el trabajo mecánico de ciertas tareas, relacionadas con el calor producido simultáneamente.

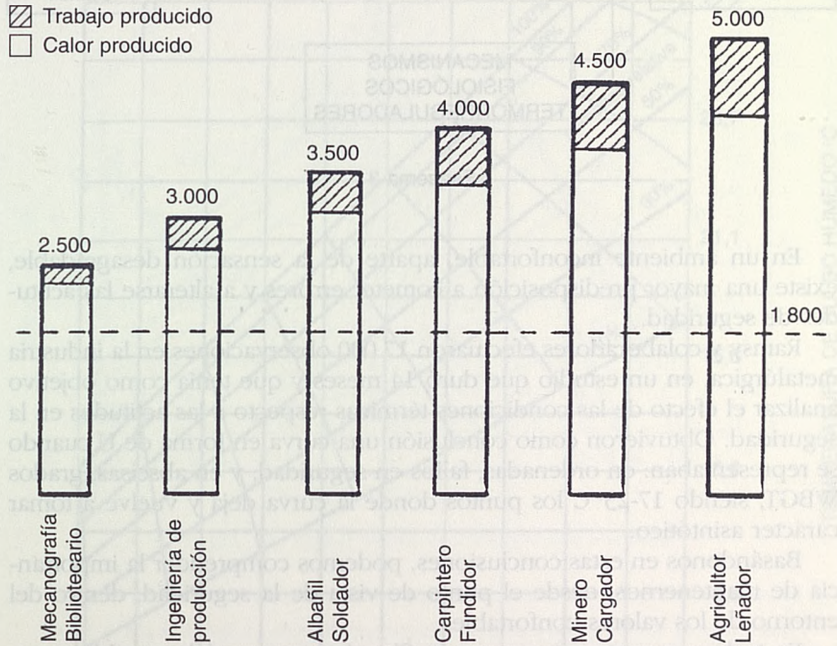
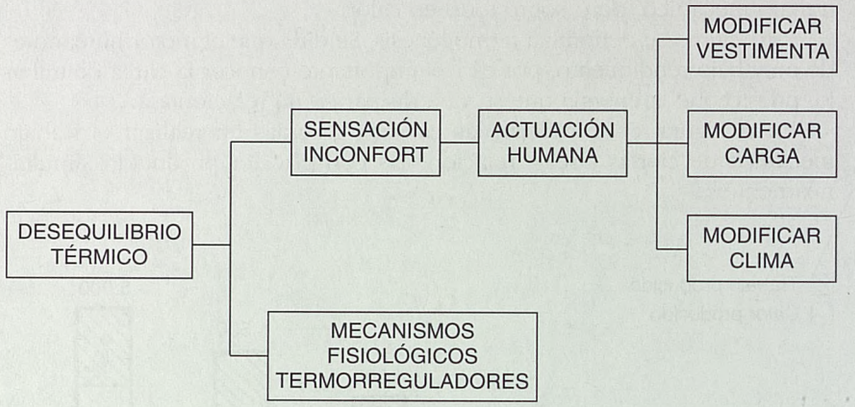


Figura 47. Relación entre calor y trabajo producido en una jornada en diversas ocupaciones

Confort e inconfort

La sensación de inconfort es una respuesta del mecanismo biológico de protección a cualquier perturbación del equilibrio térmico, que hace movilizar al hombre, arropándose adecuadamente, modificando la carga de trabajo o bien modificando su vivienda. Esta sensación también es reflejo de los mecanismos de termorregulación (Esquema 3).



Esquema 3

En un ambiente inconfortable, aparte de la sensación desagradable, existe una mayor predisposición a cometer errores y a alterarse las actitudes de seguridad.

Ramsy y colaboradores efectuaron 17.000 observaciones en la industria metalúrgica, en un estudio que duró 14 meses y que tenía como objetivo analizar el efecto de las condiciones térmicas respecto a las actitudes en la seguridad. Obtuvieron como conclusión una curva en forma de U cuando se representaban: en ordenadas, fallos en seguridad; y en abscisas, grados WBGT, siendo 17-23° C los puntos donde la curva deja y vuelve a tomar carácter asintótico.

Basándonos en estas conclusiones, podemos comprender la importancia de mantenernos, desde el punto de vista de la seguridad, dentro del entorno de los valores confortables.

En todo caso, este entorno no es fijo, sino que se debe establecer en cada tipo de trabajo, con cada tipo de vestimenta y según el ámbito donde se efectúa ese trabajo.

Evaluación del confort térmico

Hemos visto las variables que pueden intervenir en el confort: temperatura del aire, temperatura de los cuerpos circundantes, humedad relativa, velocidad del aire, metabolismo y vestimenta. En 1923, Hougton y Yaglou sacaron a la luz el concepto de «temperaturas efectivas» que con el tiempo ha ido evolucionando. Este concepto, basado en ponderaciones sensoriales empíricas, permite integrar en un solo valor la temperatura del aire y la humedad relativa de una situación dada. El valor resultante es el de una temperatura al 100 % de humedad, que produce la misma sensación térmica que la de los datos de origen (Figura 48). En la figura 48 podemos situar los datos de temperatura y humedad relativa (o temperatura húmeda) de una situación dada, y seguir una línea paralela a la incli-

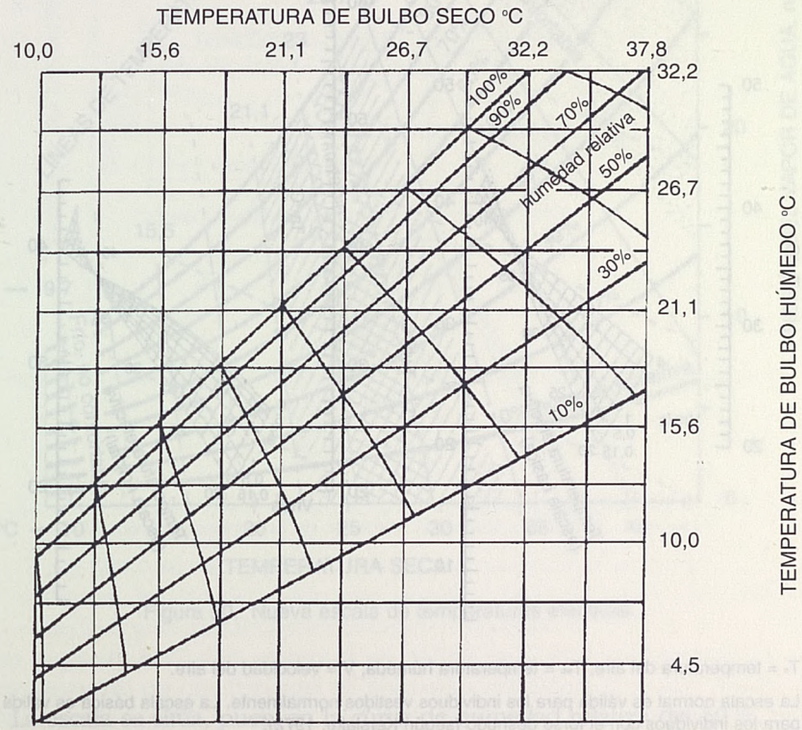


Figura 48. Escala original de temperaturas efectivas.

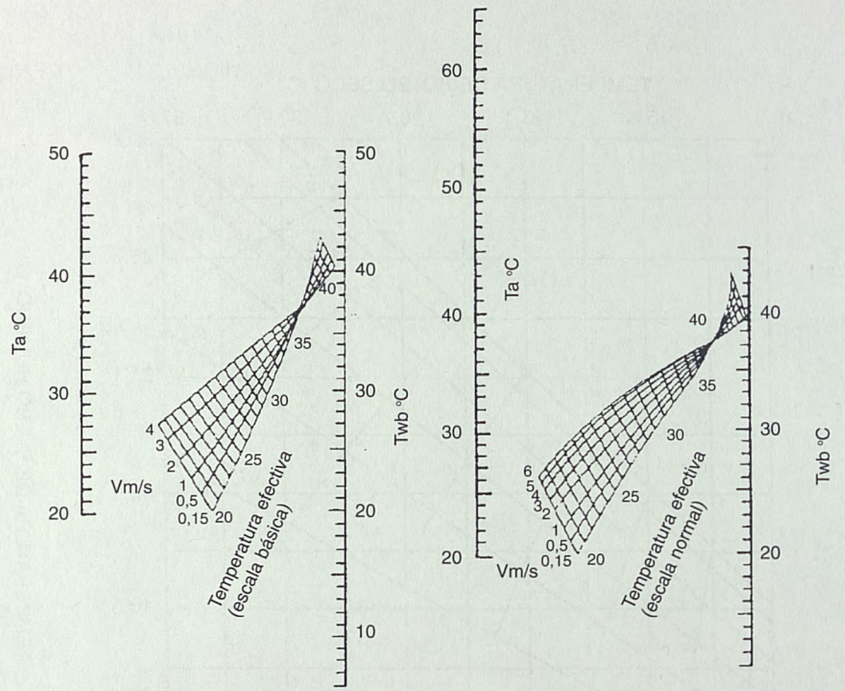
nada más cercana que nos lleve a la línea de humedad relativa del 100 %, en donde se encuentra situada la escala de temperatura efectiva.

La evolución de las TE ha sido un intento de incluir las restantes variables actuantes.

En la Figura 49 se tiene en cuenta la velocidad del aire.

También la humedad relativa es función de la temperatura seca y la de bulbo húmedo (Wb).

La ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) impulsó el perfeccionamiento de la escala original de temperaturas efectivas, ya que presentaba algunos problemas de aplicación en las zonas de temperaturas extremas.



T_a = temperatura del aire; T_{wb} = temperatura húmeda; V = velocidad del aire.

La escala normal es válida para los individuos vestidos normalmente. La escala básica es válida para los individuos con el torso desnudo (según Kerslake, 1972).

Figura 49. Ábacos de temperaturas efectivas.

La nueva escala de temperaturas efectivas (TE*) se basa en consideraciones fisiológicas, fundamentalmente en la regulación de la temperatura por evaporación. La humedad de la piel en una situación confortable, como la de unas condiciones de temperatura termométrica de 23° C y 50 % de humedad relativa que proporcionan una situación fisiológica neutra, se puede tomar como punto de origen de la nueva escala (Figura 50).

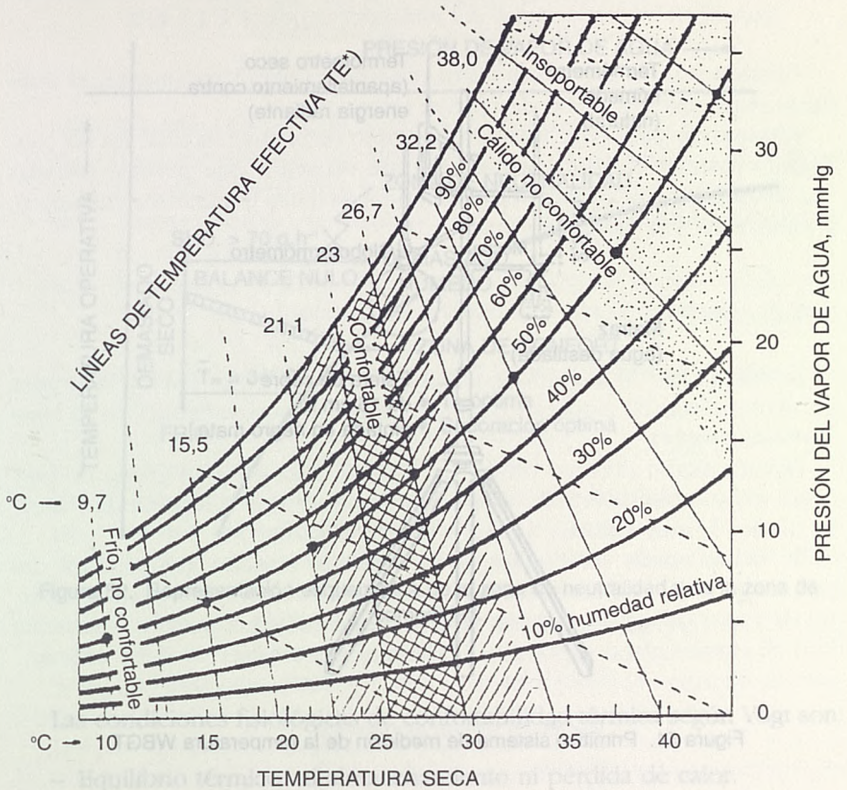


Figura 50. Nueva escala de temperaturas efectivas.

La escala se sitúa, pues, en la curva de humedad relativa del 50 %.

Se puede observar una región confortable y una más amplia de neutralidad.

Las temperaturas efectivas no incluyen las temperaturas radiantes de los cuerpos circundantes. Por ello, se consideró una corrección teniendo en cuenta esa circunstancia, obteniéndose la escala de temperaturas efectivas corregidas.

De fácil evaluación es la conocida temperatura WBGT, en la que simplemente se utiliza la temperatura de globo (GT) y la de bulbo húmedo (WB) (Figura 51).

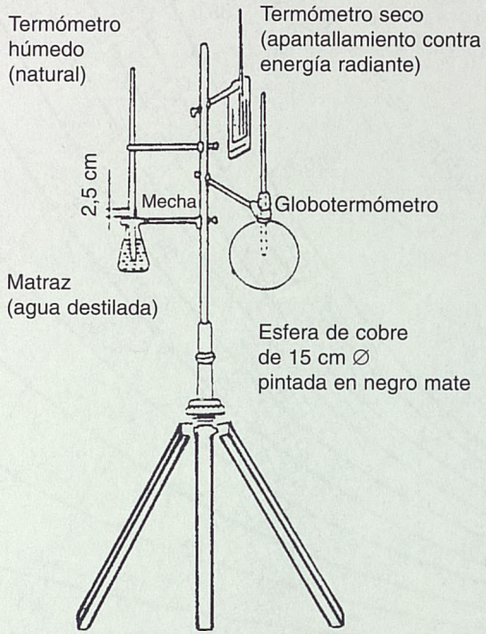


Figura 51. Primitivo sistema de medición de la temperatura WBGT.

La temperatura WBGT se define en la norma ISO 7243. Aunque esta norma se refiere a ambientes calurosos, se han definido en diversos estudios situaciones de confort con estas temperaturas. Vimos que, según Ramsey, en trabajos manuales el entorno de temperaturas WBGT en que hay menos fallos de seguridad es de 17-23° C WBGT.

Condiciones fisiológicas de la confortabilidad térmica

Si partimos de la hipótesis de una temperatura cutánea de 34° C y de un caudal de sudor máximo de 70 g/hora, compatible con una ausencia de sensación desagradable (Givoni 1965), se puede delimitar una zona de neutralidad (Vogt 1970). Esta zona de neutralidad se esquematiza en la Figura 52.

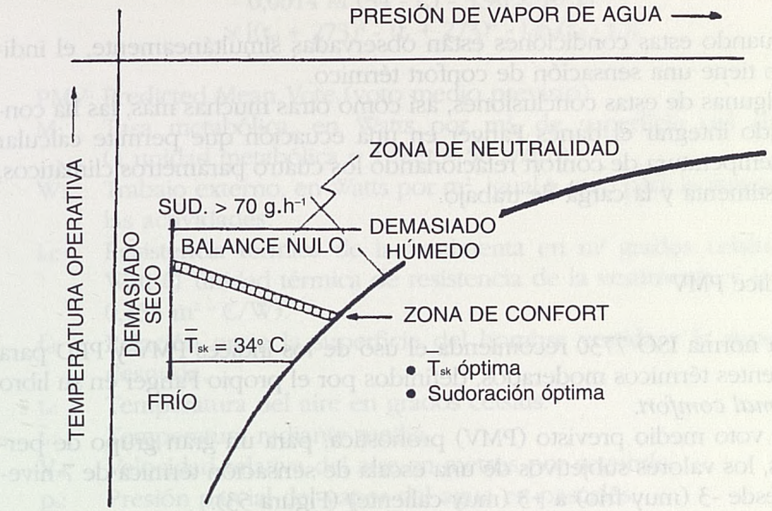


Figura 52. Representación esquemática de la zona de neutralidad y de la zona de comodidad.

Las condiciones fisiológicas de confortabilidad térmica según Vogt son:

- Equilibrio térmico: ni almacenamiento ni pérdida de calor.
- Caudal óptimo de sudor: este caudal óptimo de sudor está relacionado con el metabolismo energético (Fanger 1971).

$$Sopt = 0 \cdot 6\ M\text{-}35$$

donde

Sopt = sudoración óptima ($g \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$).

M = metabolismo energético ($W \cdot m^{-2}$).

– Temperatura cutánea media óptima: función del nivel metabólico (Fanger 1971):

T_{sk}, opt = 35,7 – 0,028 M
T_{sk}, opt = temperatura óptima (° C).
M = metabolismo energético.

– Piel seca: debido a una humedad cutánea inferior al 60 %.
– Ninguna sequedad de las mucosas bucofaríngeas: o una presión parcial de vapor de agua del ambiente superior a 1,5 kPa.

Cuando estas condiciones están observadas simultáneamente, el individuo tiene una sensación de confort térmico.

Algunas de estas conclusiones, así como otras muchas más, las ha conseguido integrar el danés Fanger en una ecuación que permite calcular una temperatura de confort relacionando los cuatro parámetros climáticos, la vestimenta y la carga de trabajo.

El índice PMV

La norma ISO 7730 recomienda el uso de los índices PMV y PPD para ambientes térmicos moderados, definidos por el propio Fanger en su libro *Thermal comfort.*

El voto medio previsto (PMV) pronostica, para un gran grupo de personas, los valores subjetivos de una escala de sensación térmica de 7 niveles desde -3 (muy frío) a +3 (muy caliente) (Figura 53).

Se deben medir los cuatro parámetros ambientales: temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad relativa del aire y presión parcial de vapor de agua; y estimar la actividad metabólica (met) y vestimenta (clo). Si existe trabajo mecánico, evidentemente también se debe estimar.

Escala de sensación térmica	
Muy frío	-3
Frío	-2
Fresco	-1
Neutro	0
Templado	+1
Caliente	+2
Muy caliente	+3

Figura 53

El índice PMV se basa en el balance de calor del cuerpo humano y las respuestas fisiológicas se han relacionado estadísticamente con la opinión expresada en votos de sensación térmica recogidos para 1.300 personas.

La ecuación que nos proporciona directamente el PMV es la reflejada en la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} PMV = {} & (0{,}303c^{-0{,}036M} + 0.028)\,\{(M - W) - 3{,}05 \times 10^{-3} \\ & \times [5733 - 6{,}99\,(M - W) - p_a] - 0{,}42 \\ & \times [(M - W) - 58{,}15] - 1{,}7 \times 10^{5}\,M\,(5867 - p_a) \\ & - 0{,}0014\,M\,(34 - t_a) - 3{,}96 \times 10^{-8} f_{cl} \\ & \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)] \end{aligned}$$

PMV: Predicted Mean Vote (voto medio previsto).
M: Tasa metabólica, en Watts por m^2, de superficie del cuerpo (1 unidad metabólica = 1 Met = 58 w/m^2).
W: Trabajo externo, en Watts por m^2, igual a cero para la mayoría de las actividades.
i_{cl}: Resistencia térmica de la vestimenta en m^2 grados celsius por Watt (1 unidad térmica de resistencia de la vestimenta = 1 Clo = 0,155 m^2 ° C/W).
f_{cl}: Relación entre la superficie del hombre vestida y la superficie desnuda.
t_a: Temperatura del aire en grados celsius.
$\bar{t}_r$: Temperatura radiante media.
V_{ar}: Velocidad relativa del aire en metros por segundo.
p_a: Presión parcial del vapor del agua en pascales.
h_c: Coeficiente de transferencia de calor por convección en Watts por metro cuadrado grado celsius.
t_{cl}: Es la temperatura superficial de la vestimenta en ° C.

Si en esta ecuación, PMV = 0, entonces se denomina ecuación de confort.

Los valores del t_{cl} (temperatura superficial de la vestimenta), y de h_c (coeficiente de transferencia de calor convectivo) deben ser resueltos por iteración.

El índice PMV se ha obtenido en unas condiciones de situación estable, pero se puede utilizar con buena aproximación en fluctuaciones de menor duración de una o más de las variables, aplicando promedios ponderados en el tiempo a las variables durante el período previo de una hora.

Aunque la escala antes expuesta de índices PMV incluye los 7 valores de +3 a -3, sólo se recomienda utilizar los comprendidos entre +2 y -2. Por

otra parte, también se establece que los 6 parámetros estén dentro de los siguientes valores:

M = 46 a 232 W/m² (0,8 a 4 met)
I_{cl} = 0 a 0,310 m2 × C/W (0 a 2 clo)
t_a = 10 a 30° C
$\bar{t}_r$ = 10 a 40° C
V_{ar} = 0 a 1 m/s
p_a = 0 a 2.700 Pa

Resolución de la fórmula PMV

La resolución de la ecuación propuesta es complicada, no obstante, la norma ISO propone tres procedimientos:

a) Utilizar la ecuación expuesta anteriormente con el apoyo de un ordenador. En la propia norma se presenta un programa en Fortran IV.
b) Utilizar tablas que proporciona la propia norma, como veremos en un ejemplo.
c) Utilizar instrumentos que nos den la medida directamente.

La utilización de tablas supone matizar algunos conceptos:

– La temperatura operativa es función de la temperatura del aire, la temperatura radiante media y de la velocidad del aire.
– Si la humedad relativa no toma valores extremos, su influencia será irrelevante, y se puede asumir una humedad del 50 %. De hecho, todas las tablas que presenta la norma se refieren a esa humedad.
– La velocidad relativa considera también el movimiento de la persona expuesta, por ello si la componente de velocidad de la persona está en el mismo sentido que la del aire, se restarán dichas velocidades, y si están en sentido contrario se sumarán.
– Cada tabla corresponde a un nivel de actividad (met) que proporciona la propia norma según el tipo de trabajo. Estos valores van desde un trabajo normal de oficina, sentado 1,2 Met, de pie 1,6 Met hasta los 4 Met que supone jugar al tenis.
– La vestimenta, expresada en unidades clo, tiene un valor de 0,5 cuando se utilizan las prendas propias del verano y de 1 clo con las propias del invierno.

En la Figura 54 se representa el fragmento de una de las tablas, que por razones obvias no reproducimos en su totalidad, y que nos servirá para plantear dos ejemplos.

Una persona vestida con ropa de invierno, 1 clo, y que realiza trabajos propios de oficina en posición sentada (1,2 met), está en un ambiente en que no existe movimiento sensible de aire. El nivel de humedad es moderado, entre 30 % y 70 %, y la temperatura operativa, semisuma de t_a y $\bar{t}_r$, en un ejemplo es 22° y en el otro 28°.

Humedad relativa 50 %
Nivel de actividad: 69,6 w/m² (1,2 met)

Vestimenta		Temperatura operativa	Velocidad relativa m/s	
clo	m² °C/W	°C	< 0,10	0,10
0	0	25	-1,33	-1,33
		26	-0,83	-0,83
		27	-0,33	-0,33
		28	0,15	0,12
		29	0,63	0,56
		30	1,10	1,01
		31	1,57	1,47
1,00	0,155	16	-1,18	-1,18
		18	-0,75	-0,75
		20	-0,32	-0,33
		22	0,13	0,10
		24	0,58	0,54
		26	1,03	0,98
		28	1,47	1,42
		30	1,91	1,86

Figura 54. Ejemplo de obtención del PMV por medio de tablas.

En el primer ejemplo, por medio de las tablas, obtenemos un PMV de 0,13, que es el pronóstico de la opinión sobre la sensación térmica, la media aritmética, de los trabajadores expuestos a ese ambiente basándose en la escala antes expuesta. Este valor es próximo a 0, lo que significa una situación generalmente aceptada en que no se siente frío ni calor, o, lo que es lo mismo, «una situación confortable».

En el segundo ejemplo, por el mismo procedimiento, el valor PMV obtenido es 1,47, que pronostica una opinión generalizada del ambiente térmico entre templado y cálido.

Influencia del sexo, raza y edad

En principio, podría parecer que estas características deberían influir en las sensaciones térmicas de diferentes condiciones ambientales, y que los resultados de los estudios efectuados en Dinamarca con daneses no serían aplicables para zonas y personas meridionales. Pero se ha demostrado que la ecuación de confort es independiente de estos factores. De hecho, las 1.300 personas que constituían la población de estudios de Fanger eran de diversas nacionalidades, sexo y edad, y las diferencias detectadas eran función exclusiva de la vestimenta.

Pronóstico del porcentaje de personas disconformes

El porcentaje previsto de insatisfechos o PPD es un valor útil, consecuencia del índice de PMV, que permite establecer criterios de confort térmico.

Si consideramos como insatisfecha la persona que opina fuera del entorno -1, 0, +1, de la escala de sensaciones térmicas, se puede obtener el PPD mediante la gráfica siguiente (Figura 55).

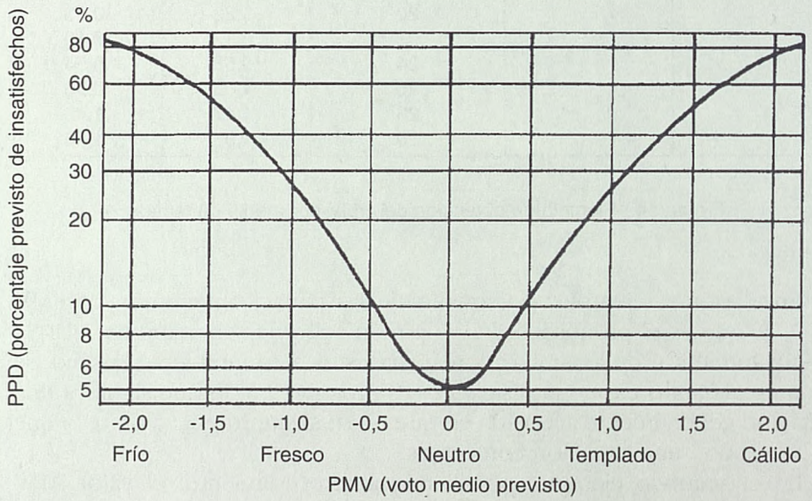


Figura 55

Estadísticamente, en el mejor de los casos (PMV = 0), siempre se tiene que pronosticar un mínimo del 5 % de insatisfechos.

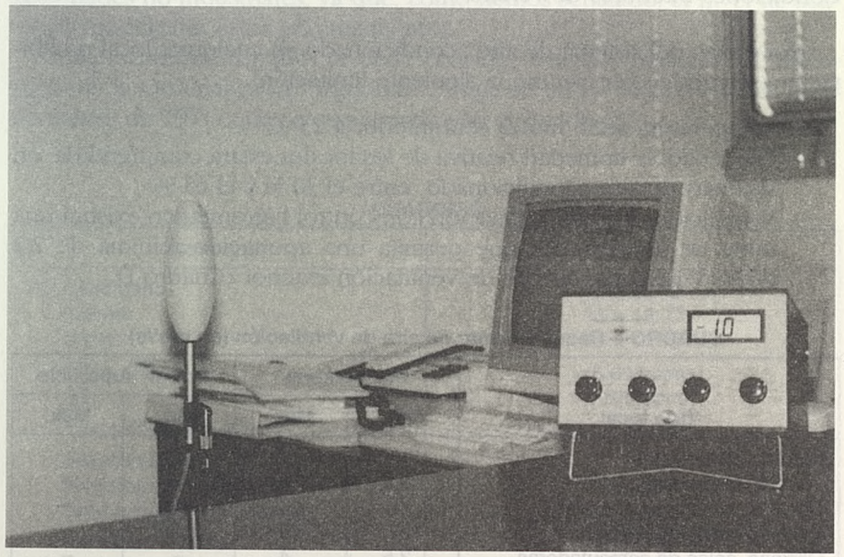
La norma refleja las condiciones de temperatura, velocidad del aire, etc., en invierno y verano, necesarias para cumplir con un PPD = 10, que parece un criterio razonable.

Medidor del confort térmico

Existen aparatos que proporcionan directamente las características que influyen en el confort térmico, en los que se fija el tipo de vestimenta, el nivel de actividad y la presión de vapor, y se integran los demás valores ambientales captados por un transductor adecuado.

Normativa sobre confort térmico

En el reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, Real Decreto 1618/80, de 4 de julio de 1980, se establece que «no deberán considerarse temperaturas de confort más exigentes



Medida de confort térmico (PMV y PPD). INERMAP (Instituto de Ergonomía MAPFRE).

que las que indique la instrucción técnica correspondiente». El objetivo de este reglamento está marcado por un criterio de economía energética: «definir las condiciones que deben cumplir las instalaciones que consuman energía con fines técnicos no industriales para conseguir un uso racional de la misma».

En la instrucción técnica IT.IC. 02 (BOE del 13 de agosto de 1981), se establecen las «exigencias ambientales y de confortabilidad». Se fijan en esta instrucción valores límite entre los que debe encontrarse un recinto calefactado o climatizado, fuera de los cuales se estima que no existen condiciones de confortabilidad suficientes.

Temperaturas

Condiciones interiores de invierno 18 a 22° C

Condiciones de medida: temperatura resultante medida a 1,5 m del suelo en el centro de los locales. La temperatura resultante a 1,80 m del suelo estará a menos de 4° C de diferencia con respecto a la temperatura resultante a nivel del suelo.

Condiciones interiores de verano

Por efecto del sistema de aire acondicionado en cualquier local o habitación, se produce en verano la siguiente limitación:

- Temperatura seca: nunca será inferior a 23° C.
- Humedad: la humedad relativa de los locales estará comprendida, en sistemas de aire acondicionado, entre el 30 % y el 65 %.
- Ventilación: en toda instalación con control higrométrico existirá una toma de aire exterior que permita una aportación mínima de 2,2 dm^3/s y persona, de aire de ventilación exterior (Cuadro I).

CUADRO I: Requerimiento de aire de ventilación (en dm^3/s)

Tipo local	Por persona		Por m^2 superficie	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Locales comerciales (venta en general)	3,5	6	–	–
Oficinas, espacios generales	7	10	0,5	–
Oficinas, salas de reunión	12	18	2,50	–
Oficinas, salas de computadoras	2,5	4	–	–
Oficinas, salas de reproducción	–	–	–	–

Los niveles de ventilación que deberán considerarse en actividades industriales están estipulados en la correspondiente reglamentación de seguridad e higiene en el trabajo.

Contaminación ambiental interior

En instalaciones con ventilación mecánica no se permitirán concentraciones superiores a:

- Monóxido de carbono CO: 1/10.000 = 100 ppm.
- Anhídrido carbónico CO_2: 50/10.000 = 5.000 ppm.
- Partículas: 30 μ/m^3.
- Ozono: 0,05 ppm.

Velocidad del aire

En zona de ocupación sedentaria la velocidad del aire no superará el valor de 0,25 m/s a una altura del suelo de 2 metros.

Es importante señalar que toda esta normativa se refiere a ámbitos o actividades no industriales, ya que, como hemos señalado, el nivel de actividad modificaría estos planteamientos.

Para locales industriales se debe considerar lo que prescribe el artículo 30 de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Orden de 9 de marzo de 1971) que se esquematiza en el Cuadro II.

CUADRO II

Concepto		Valores
Ta	Sedentario	17 a 22° C
	Normal	15 a 18° C
	Fuerte	12 a 15° C
	Conc. CO_2	< 5.000 ppm
	CO	< 100 ppm
	Renovación aire fresco	30-50 m^3/h trab
	Velocidad aire	
	Temperatura normal	0,25 m/s
	Temperatura muy caliente	0,75 m/s
	Humedad relativa	40-60 %

CUARTA PARTE

EL TRABAJO MENTAL

1 Carga y fatiga mental

Introducción

Siempre se ha dicho, y estamos de acuerdo, que la ergonomía es una ciencia multidisciplinar donde concurren diversos aspectos del conocimiento científico del hombre en el trabajo: el fisiológico, el psicológico, el técnico (ingeniería), el sociológico y el médico, como los más esenciales, teniendo como objetivo primordial la adaptación del trabajo al hombre, atendiendo a sus limitaciones como ser humano medio y en último término como ser individual.

La intervención, encaminada siempre a la mejora de las condiciones de trabajo, puede hacerse según diferentes criterios (menor velocidad, menor carga de trabajo, menores obligaciones, mejores ayudas en la percepción, etc.) que pueden ser concurrentes, pero nunca existe de antemano un criterio privilegiado, habiendo en general pluralidad de ellos. Así, según las situaciones, los problemas surgidos y los criterios escogidos, se tendrán en cuenta aspectos diferentes del trabajo y las intervenciones ergonómicas pueden cambiar.

En este capítulo nos vamos a referir a la carga y fatiga mental en el trabajo; por tanto, son fundamentales los componentes mentales del trabajo que se va a considerar, lo que en principio recae en la disciplina de la psi-

cología, aunque con apoyos importantes de la fisiología y la sociología. La primera, por dar conocimientos fisiológicos básicos en lo referente a los mecanismos perceptivos, cognoscitivos y nemotécnicos, y, la segunda, por aportar conocimientos esenciales sobre las repercusiones de ciertas tareas en el plano social.

Antes de que entremos a analizar la carga y fatiga mental, consecuencia de la relación con una tarea, es necesario que distingamos lo que es trabajo físico de lo que es trabajo mental. El trabajo físico implica mecanismos fisiológicos musculares y el trabajo mental implica mecanismos mentales, es decir, tratamiento de la información. Pero ninguno de los dos se da en forma pura, sino que se complementan, de tal forma que todo trabajo físico, incluso el más elemental o gestual, es también mental por necesitar un mínimo de tratamiento de la información recibida; así como todo trabajo mental, aun el más simple, es difícil que no necesite de alguna acción. Por tanto, no podemos hablar de una separación o acción independiente de los trabajos físico y mental, sino más bien de especificar bajo qué aspectos se va a analizar el trabajo, el físico o el mental, y éste fundamentalmente por ser mayoritario. Tengamos en cuenta que una actividad no queda reducida a su aspecto observable, sino que existen siempre mecanismos que guían la parte efectora que es esencial identificar, con objeto de poder prever los efectos que las transformaciones de las condiciones de trabajo pueden tener sobre el trabajador. La psicología aporta conocimientos sobre esos mecanismos, siendo esenciales la percepción (toma de información del mundo exterior) y el análisis o tratamiento de la información (con intervención importante de la memoria y la representación mental).

Cuando hablemos de carga mental (CM) nos estaremos refiriendo al esfuerzo mental que requiere un determinado trabajo, aunque por otra parte podamos estar evaluando la carga física. En este trabajo mental están involucrados los mecanismos a los que hemos hecho referencia: percepción, tratamiento de la información, etc., siendo todos ellos necesarios e interdependientes.

Consideraciones sobre el trabajo mental

La evolución del trabajo y sus tecnologías han provocado cambios muy importantes en su contenido y métodos de trabajo, viéndose modificados aspectos como cualificaciones exigidas, grado de autonomía, su papel en el trabajo y otros.

Hace años era muy importante la intervención física del hombre, exigiéndole un gasto físico muy considerable (aún hoy existen muchos trabajos donde la consideración de ese gasto físico es esencial para evaluar el grado de penosidad o la falta de confortabilidad), pero con el paso del tiempo nos hemos ido acercando a trabajos donde se le exige muy poco esfuerzo físico, requiriendo, sin embargo, una mayor capacidad decisoria, con la intervención de factores cognoscitivos para el tratamiento de la información recibida y la toma de decisiones durante el desarrollo de su tarea. Normalmente, para la mayoría de los puestos de trabajo, la disminución de la carga física va acompañada de un crecimiento de la carga mental o de un aumento de la cantidad de información que tiene que manejar, pero también puede suceder que exista una falta clara de tratamiento de información (no intervención de los procesos cognoscitivos), lo que puede llegar a provocar efectos negativos, como es el caso de los trabajos muy simples o muy poco cualificados.

Es necesario establecer una distinción entre los trabajos cualificados y los poco cualificados o simples (normalmente repetitivos y en cadena). Para los primeros la sobrecarga mental viene dada por el uso excesivo, en tiempo y/o en intensidad, de las funciones cognoscitivas o intelectivas. Para los segundos puede haber sobrecarga por utilización excesiva de los mecanismos sensomotores, lo que imposibilita el uso de las estructuras superiores del pensamiento y conduce a una disminución de las funciones intelectuales y a una esclerosis de dichas estructuras, por intervenir solamente estructuras de pensamiento muy elementales. Así pues, aunque en general se suelen tener en cuenta los procesos de sobrecarga, hacemos notar que sería un error grave no considerar los efectos negativos que podría provocar una tarea donde se dan procesos de subcarga, especialmente en individuos que aspiran a un desarrollo personal en el trabajo. Es cierto que hay individuos que por sus limitadas capacidades prefieren trabajos simples y con poca responsabilidad, pero hemos de considerar que si lo aferramos a una tarea puramente repetitiva y monótona lo estaremos perjudicando con un retraimiento intelectual aún mayor.

Hemos de tener en cuenta, a pesar de todo lo dicho, que la utilización de las estructuras superiores (atención, memorización, abstracción y decisión) es indispensable para el desarrollo de la inteligencia y de la personalidad, y que una sobrecarga en los trabajos llamados cualificados puede tener ciertos aspectos positivos por conllevar un aumento de la potencialidad intelectual. Puede deducirse de esto la dificultad que entraña el intentar una valoración de la carga mental, bajo su aspecto negativo de fatiga mental, al menos estableciendo un valor global y único de esa carga mental. Sería más interesante y efectivo intentar valorar por separado la influencia que sobre la carga mental tienen los diferentes factores que intervienen, lo que servirá de guía para buscar posibles soluciones. Para

esto es muy importante la realización de un profundo análisis de tareas[1] con objeto de intentar detectar las causas que influyen en el resultado de la valoración de la CM, teniendo siempre en cuenta que, aunque realicemos un estudio por separado, tienen un efecto sumatorio y que pequeñas soluciones de mejora en cada una de las causas pueden darnos una mejora importante en el resultado final de esa CM.

A grandes rasgos podemos decir que en el análisis de tareas se procede primero a una descripción de la tarea, donde se recogen los principales datos que permiten hacerse una idea de conjunto de la situación. Es importante que se recojan estos datos dentro de un grupo de cuatro apartados, atendiendo a diferentes aspectos en cada uno:

1. El operador: número que interviene y su papel, reparto de tareas, número de operarios que trabajan simultáneamente o sucesivamente y sus reglas, cualificaciones, formación, etc.
2. La máquina: estructura y dimensiones, productos utilizados, producto tratado o fabricado, riesgos evidentes, medio ambiente (ruido, iluminación, temperatura...).
3. Las informaciones: informaciones recibidas y emitidas por la máquina, informaciones recibidas y emitidas por el operador (tipo de receptores), informaciones formales e informales (tipos), datos de los que se sirve (en memoria a corto plazo y en memoria a largo plazo).
4. Las acciones: tipo de respuestas del operador y los estímulos desencadenantes, acciones no programadas o inhabituales (gestos), grandes formas operacionales, formas de tratamiento de la información, tipos de decisiones y tipos de regulación.

Además de esto se deben indicar: relaciones entre puestos, interferencias entre puestos (coutilización de los mismos espacios o útiles, riesgo de enmascaramiento de señales útiles...), circulaciones generales y locales (materias primas, productos, personas...), distribución general (espacios, salidas, accesos...).

Una vez recogidos los datos básicos, se hace necesaria una descripción dinámica del funcionamiento, esquematizando el desarrollo de las operaciones en su forma lógica y temporal. La forma más común son los diagramas en sus variantes de gráficos de fluencias o cuadros matriciales.

[1] Este aspecto tan importante para el estudio de las condiciones de trabajo se analiza con cierto detalle en el capítulo de metodología, en su apartado «'Análisis de tareas».

Otro aspecto importante en el análisis de tareas es proceder a identificar las «exigencias del trabajo», es decir, aquellas variables que contribuyen a la carga de trabajo.

Aunque el concepto «carga de trabajo» se verá con más detenimiento, conviene ahora precisar qué se debe distinguir entre «carga» y «esfuerzo»:

- Carga (estrés): conjunto de exigencias del trabajo o de la tarea, no dependiendo de las características del trabajador.
- Esfuerzo *(strain):* conjunto de consecuencias de la carga sobre el trabajador, lo que dependerá de la actividad puesta en juego que será función de las circunstancias particulares y las características individuales.

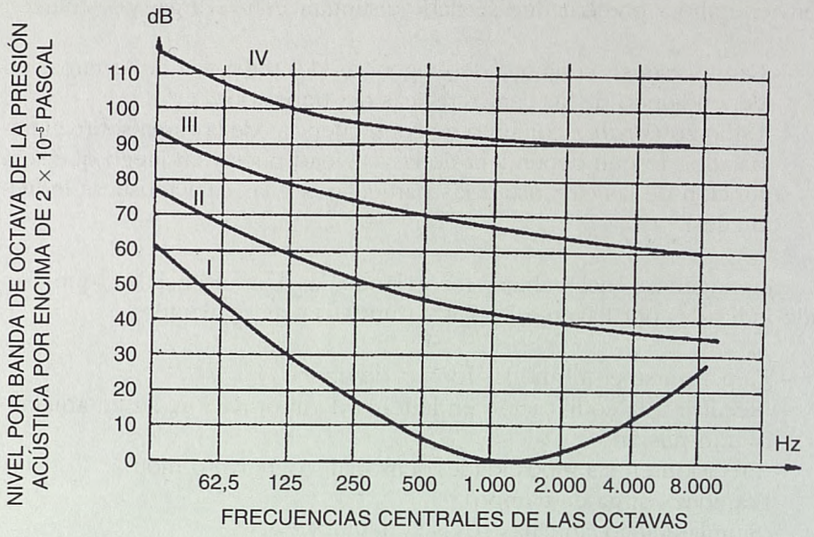
Las exigencias del trabajo, recopilando las más esenciales, que han sido indicadas por Faverge, Leplat y Cuny, son las siguientes:

- Organizarse el mismo las formas de operar.
- Recurrir a la codificación en la toma de información, su tratamiento y transmisión.
- Precisión en las modalidades sensorial, cognitiva o motriz.
- Rapidez (carga de tiempo).
- Simultaneidad (muchas cosas al tiempo).
- Oportunidad (adecuación temporal).
- Plasticidad (ajuste y adaptación en la forma de operar según variaciones del trabajo).
- Resistencia (demanda por larga duración).
- Hacer diagnósticos del estado del sistema.
- Identificar e interpretar las situaciones antes de actuar.
- Utilizar informaciones memorizadas a corto o largo plazo.
- Sintetizar información procedente de varias fuentes.
- Anticipar señales o acontecimientos que ocasionarán intervenciones.
- Recurrir a representaciones mentales.

Estas exigencias pueden verse aumentadas, mejor dicho, pueden aumentar los efectos negativos de esas exigencias (carga y fatiga mental) por influencias del entorno inmediato. Nos referimos fundamentalmente a tres:

1. Ruido: puede provocar una disminución de la atención y un deterioro en los trabajos que demandan concentración, rapidez y destreza,

provocando mayor desgaste nervioso y mayor fatiga. En la Figura 1 podemos ver los niveles de interferencia en las diversas tareas.



Zona I: el sueño y el trabajo intelectual complejo no están perturbados de forma apreciable.
Zona II: el trabajo intelectual complejo es difícil. El trabajo corriente administrativo o comercial no está perturbado de manera clara.
Zona III: el trabajo intelectual es muy penoso. El trabajo administrativo corriente es difícil.
Zona IV: una exposición prolongada determina la sordera profesional.

Figura 1. Índice de malestar según Wisner.

2. Temperatura: si son demasiado bajas o demasiado altas pueden provocar disminución de la atención con sus consecuencias derivadas.

3. Iluminación: al estar directamente relacionada con la percepción (la vista es el sentido por excelencia), es muy importante la luminosidad, el contraste, el tamaño del objeto, la distancia objeto-ojo, los brillos, etc., pudiendo influir de forma decisiva en la velocidad de ciertas funciones psíquicas y en la aparición de la fatiga.

Pero de nuevo volvemos a recordar que no siempre es perjudicial la exigencia intelectual y que, en general, deberíamos tender a ampliar o

enriquecer tareas que resulten muy simples, parciales o fastidiosas, así como a concebir trabajos que resulten interesantes, motivadores, no desprovistos de dificultad intelectual y donde existan problemas de decisión.

Finalmente, dentro del análisis de tareas, deberíamos incluir un análisis de las conductas del trabajador en los procesos fundamentales.

Terminado el análisis de tareas debemos ser capaces de detectar los disfuncionamientos en el sistema y en el trabajador, para poder proponer las correcciones necesarias.

Sobre la CM en el trabajo, J. Leplat señaló que depende de dos factores fundamentales:

1. Exigencias de la tarea: directamente relacionadas con las características del trabajo.
2. Capacidades del individuo: relacionadas con su grado de movilización.

Dicho autor indicó que la carga de trabajo está influida por otros factores que son externos a la tarea en sí:

- Factores individuales: edad, sexo, salud, capacidades psicomotrices, capacidades sensoriales, capacidades intelectivas, nivel de instrucción, experiencias anteriores, aprendizaje, etc.
- Factores socioculturales: herencia sociocultural, valores, costumbres, etc.

En general, los diferentes autores que han intentado evaluar la CM se han apoyado fundamentalmente en el concepto de «fatiga». Pero este concepto no resulta del todo claro, pudiendo diferenciar dos clases de fatiga, que de alguna manera llegan a estar relacionadas:

1. Fatiga física: es la fatiga muscular. Tiene un efecto sobre el músculo que trabaja, pero además puede tener efectos sobre otros músculos que no trabajan y sobre el sistema nervioso, como consecuencia de la liberación de sustancias tóxicas, como el ácido láctico.
2. Fatiga nerviosa: tiene un efecto directo en los centros nerviosos y el cerebro. Puede ser causada por una carga muscular excesiva, como acabamos de ver, pero fundamentalmente tiene su origen en una sobrecarga de los órganos sensoriales:
   - Condiciones ambientales desfavorables (luz, ruido, temperatura) pueden fatigar los órganos sensoriales.

– Exceso de demanda, provocando fatiga en el sistema perceptivo, que tiene relación más directa con el cerebro que con los órganos sensoriales. De esta manera, puede perturbarse la actividad intelectual consciente, el pensamiento automático o la memoria, al igual que toda la actividad de coordinación y regulación.

Es difícil poder diferenciarlas de forma clara. Autores como J. Leplat y otros creen que no hay diferencia alguna en cuanto a su naturaleza, pudiéndose distinguir solamente en sus manifestaciones o sintomatología, correspondiendo los músculos y sistema vascular a la fatiga física, y el sistema nervioso central a la fatiga mental.

La fatiga puede darse o considerarse en tres niveles diferentes:

1. Normal: simple deterioro pasajero que constituye una señal de alarma (límite del organismo). Para el músculo, la función protectora autorreguladora viene dada por el reposo. Para el cerebro, es necesario un cambio de dirección del pensamiento y el abandono del pensamiento consciente y voluntario, dejando de prestar atención y cayendo en un estado de imaginación vaga y somnolienta.
2. Crónica: se presenta cuando, a pesar del estado anterior de fatiga, el pensamiento sigue su actividad, consiguiéndola a costa de un esfuerzo creciente de voluntad. En estos casos, la fatiga deja de ser pasajera y pasa a ser crónica.
3. Patológica: se provoca cuando el estado anterior se mantiene durante un tiempo, produciéndose una desestabilización de las funciones reguladoras e integradoras del hipotálamo, derivando en graves perturbaciones psicosomáticas (modificaciones del humor y carácter, perturbaciones del sueño, astenia mental, etc.).

Para A. Wisner, todas las actividades laborales pueden tener tres aspectos que están interrelacionados y que pueden influir en la carga de trabajo:

a) Carga física: debida al esfuerzo muscular.
b) Carga cognitiva: debida al esfuerzo mental.
c) Carga psíquica: debida al componente afectivo de la tarea. Es la parte emocional del trabajo.

Dejando aparte la carga física, A. Wisner considera tareas con carga cognitiva predominante a aquéllas, que son organizadas de forma muy estricta y en las que se da una obligación de rapidez que impone el propio ritmo del trabajo, indicando que también se deben considerar los trabajos complejos donde interaccionan diversas tareas y/o se da un desequilibrio entre las exigencias del trabajo y el personal disponible. Este autor señala que en el resultado final de la CM influyen de manera importante factores como las dificultades perceptivas (deformación o enmascaramiento de mensajes, vibraciones, problemas de iluminación, etc.), que entorpecen la lectura de los elementos informativos, lo que contribuye de forma importante en el esfuerzo mental requerido para la ejecución de la tarea.

En cuanto a la carga psíquica (concepto nuevo que introduce el profesor Wisner), se refiere a ciertos aspectos que lleva inherentes el propio trabajo, y se puede definir como los niveles de conflicto en el seno de la representación consciente e inconsciente de las relaciones entre la persona y la situación, considerando también las alteraciones afectivas que son provocadas por situaciones como la fatiga, la falta de sueño, la sobrecarga, trabajos peligrosos, etc. A esto lo llamó sufrimiento psíquico. Ejemplos de sufrimiento psíquico los podemos encontrar en la actitud agresiva de otras personas con las que tiene que relacionarse, recepción de protestas del cliente, trabajos psíquicamente peligrosos, decisiones muy importantes en situaciones inciertas, etc., lo que provoca un aumento de la ansiedad y de la tensión nerviosa.

Toma de información y procesos perceptivos

Cuando en el mundo laboral hablemos de comportamientos, conductas o acciones (respuestas), siempre deberemos remitirnos o basarnos en aquello que es capaz de producirlos (estimulación ambiental), por lo que es necesario que antes de hablar de las respuestas del sujeto (externas o internas) nos refiramos, aunque sea sucintamente, a estos conceptos.

En general, podemos decir que el ser humano recibe continuamente estímulos de su medio ambiente (formas de energía que reciben los órganos sensoriales), pero esos estímulos no son mera forma de energía, sino que llevan un significado, por lo que son interpretados mediante procesos perceptivos y asociaciones intelectivas, produciéndose una acción o respuesta en función de ello y de las exigencias de su tarea. Así, será necesario que estudiemos lo que se entiende por estimulación del entorno y sus formas de presentación, cómo son captadas por el sujeto y sus procesos de selección, cómo se interpretan y sus procesos de percepción, cómo elabora esa información percibida y sus procesos de decisión, teniendo en cuenta las limitaciones humanas en la elaboración de la información recibida.

Estimulación

En biología se entiende por estimulación la excitación de un órgano, tejido, nervio o receptor. Para Fechner, estímulo es la energía física que afecta a un receptor.

Para algunos, como Fechner, es necesario definir el estímulo en sí mismo y también señalaban el error de definir el estímulo por la dudosa propiedad de poder provocar una respuesta. Otros autores, como Miller, decían que un estímulo es cualquier fenómeno al que puede conectarse una respuesta. Pero hoy, la psicología científica define el estímulo con independencia de la respuesta y estudia la percepción y demás procesos cognoscitivos señalando que es necesario estudiar las respuestas interiores (intelectivas), comenzando por la sensación. Los psicólogos del aprendizaje siguen la línea del estudio de la percepción y creen que los estímulos físicos no tienen por qué ser efectivos en un momento determinado, indicando que los estímulos son ocasiones potenciales para que un organismo inicie una actividad, naciendo así la necesidad de diferenciar el estímulo potencial del estímulo efectivo.

Las hipótesis mecanicistas mantienen que a un mismo estímulo corresponde una misma sensación, pero hoy se admite que ante un mismo estímulo la experiencia interior final puede ser diferente. La conducta perceptiva nos lleva a informarnos sobre muchas cosas, no sólo sobre colores o sonidos puros aislados, aunque debido a los niveles fisiológicos y bioquímicos sean precisamente las energías las que hacen estimular los receptores.

Los estímulos-información no son exactamente iguales que los estímulos-energía. Los segundos son propios de la actividad fisiológica y bioquímica, mientras que los primeros son relaciones entre los estímulos-energía, es decir, son relaciones energéticas que informan al organismo sobre cosas del ambiente necesarias para desarrollar una conducta adaptada. Ejemplos de esas relaciones pueden ser claridad-oscuridad, posición vertical-horizontal, caliente-frío, etc. Los sentidos (receptores de estímulos energéticos) son sistemas que dan al organismo la información necesaria.

Pero el organismo no recibe estímulos aislados, sino una constelación estimular, por lo que cabe preguntarse si la estructura estimular es en sí misma un estímulo o un conjunto de estímulos, o bien si la estructura que percibimos la posee el estímulo o se la confiere el sujeto.

Para los psicólogos de la Gestalt se percibe una estructura global y los estímulos son los elementos de esa estructura. En lo espacial el estímulo tiene una estructura y en lo temporal tiene una secuencia.

Hoy se considera que el estímulo no es sólo una cantidad de energía, ni existe por ese momento de su actuación: hay que añadir a esa estructura espacio-temporal su dimensión significativa. Los estímulos se dan en una situación determinada, con un contenido significativo, que proporciona información según las características de cada organismo, es decir, los sujetos estructuran el ambiente en un mundo significativo; así, por ejemplo, si el semáforo cambia de rojo a verde, no respondemos al cambio de color, sino a lo que significa.

En cuanto a la relación existente entre el estímulo y la respuesta, algunos, como Watson, creen que existe una clara relación causal entre estímulo y respuesta; para otros, sin embargo, el estímulo no es causa suficiente de respuesta (no siempre que se presenta estímulo hay respuesta), a veces ante un estímulo no hay respuesta o hay respuestas diferentes. Vemos que además del estímulo hay otros factores que determinan la respuesta. Woodworth ya resaltó la necesidad de introducir otros factores que emanan del organismo (variables intermedias o mediacionales).

Así, hoy se considera que la estimulación se puede apresar en sus componentes energéticos, pero lo que incide sobre el sujeto y se relaciona con su conducta son estructuras estimulares espacio-temporales con carga significativa, que abordan el organismo con una organización bio-psicofísica particular en unas circunstancias particulares.

Respuesta

Si nos referimos a las respuestas que emite el organismo, las podemos definir como todo cambio en el medio interno o externo introducido por el organismo ante una estimulación. Consideramos que hay respuesta cuando el organismo introduce un cambio en su medio estimulante, de tal forma que cuando éste le vuelva a estimular lo hará de manera diferente. Hay un constante *feed-back* entre el organismo y su medio estimulante, siendo esa interacción vista desde la característica «organización funcional del organismo».

En los organismos simples (sin sistema nervioso central complejo), la información estimular provoca reacción inmediata. Los organismos más complejos necesitan introducir sistemas también más complejos de adaptación, surgiendo así la «sensibilidad» o actividad motriz y glandular. Pero no sólo existen respuestas efectoriales (observables), también se pueden dar respuestas latentes o encubiertas (reacciones mediacionales difíciles de observar): son las respuestas interiores, donde la estimulación (interna o externa) no conduce directamente a una respuesta efectorial

abierta, sino que pone en marcha otros mecanismos que amplían, seleccionan y ponderan el valor de significación que tiene la información recibida para la adaptación. En este nivel se encuentran los procesos perceptivos, la memoria, el pensamiento, etc.

Sensibilidad

En el intercambio con el medio los organismos han evolucionado hacia dos tipos de respuestas: unas eferentes, que son reacciones musculares complejas, como la motricidad y la actividad glandular, y otras aferentes donde se da la captación de información, siendo las segundas las auténticas respuestas y a lo que llamaremos «sensibilidad».

La sensibilidad hacia el medio (color, sonido, olor...) es distinta para diferentes organismos vivos y su característica principal es ser adaptativa.

Para la motricidad conductal es necesario tener información del medio exterior e interior. Así, las «sensaciones» son la forma elemental de reflejar la realidad (interna o externa), siendo la fuente principal de información del organismo y la característica de lo que llamamos conducta consciente.

La sensibilidad es una actividad informativa que responde a estímulos-energía y su papel es traducirlos a señales del código perceptual, sobre las que se basa la «percepción». Pero el problema aquí es cómo explicar la conexión entre estructuras y procesos fisiológicos con experiencias sensoriales cualitativas.

El psicofisiólogo J. Müller fue el primero en explicar las modalidades sensoriales con su «Ley de la energía específica de los nervios sensoriales», indicando que la cualidad sensorial dependerá del tipo de fibra nerviosa que se excite y no del tipo de energía física. Pero estudios posteriores no han podido comprobar esta ley en todos sus aspectos; a veces, diversas fibras sirven a la misma modalidad sensorial, y otras veces una misma fibra provoca diversas modalidades sensoriales.

Los psicólogos de la Gestalt intentaron desarrollar una psicología científica basándose en el método dinámico de la física de la electricidad, donde lo importante está en el estudio de los campos de fuerzas electromagnéticas y no en las propiedades del propio cuerpo. De esta manera, explican los fenómenos de la cualidad sensorial, donde lo importante no está en el propio estímulo material, sino en su disposición dinámica, es decir, las energías estimulares constituyen una forma (Gestalt) del campo de fuerzas físicas y la cualidad sensorial sólo dependerá de esa disposición o forma de campo de energía física. A una forma de campo de energías

físicas corresponderá en el cerebro la misma forma de campo de energías electrofisiológicas, y en la conducta la misma forma de sensibilidad.

Podemos clasificar la sensibilidad según el tipo de información que suministra en tres tipos:

1. Interceptiva: señales o sensaciones sobre el medio interno (sobre la situación homeostática del organismo).
2. Exteroceptivas: informan del ambiente externo. Se alude a modalidades sensoriales clásicas (visuales, auditivas...), pero acercándose a la actividad simbólica del pensamiento.
3. Propioceptivas: informan de todas las respuestas (eferentes y aferentes) afectando a las señales de *feed-back*. Es lo que llamamos conciencia refleja (no sólo veo algo, sino que siento que veo).

La psicofísica se encarga de explicar las relaciones entre respuestas interiores y experienciales en relación con estímulos físicos, investigando problemas sobre sensibilidad absoluta y diferencial, equivalencia de estímulos y relación cuantitativa de magnitudes físicas y sensoriales en un continuo (construcción de escalas). Así, es necesario que definamos los conceptos:

- Umbral absoluto (límite inferior): corresponde a intensidades estimulares de valores muy bajos, que no dan lugar a respuestas.
- Estímulo terminal (límite superior): corresponde a intensidades altas que dan lugar a dolor.

Pero los límites no son puntos fijos, no hay un cambio brusco de ausencia o presencia de sensación, sino que unas veces se percibe y otras no. Así, los límites se definen en términos de probabilidad, siendo el umbral absoluto el límite inferior del continuo que en el 50 % de los casos da lugar a una sensación. Por tanto, si presentamos un estímulo por debajo del umbral sensorial dará respuesta sensorial en menos del 50 % de los casos.

Vemos que es muy importante la definición de umbral a la hora de presentar estímulos (señales) que el sujeto tiene que detectar o percibir en su medio y del que se le exige una determinada acción o respuesta.

Un enfoque actual para determinar la sensibilidad absoluta es la «teoría de detección de señales», de Green y Swets, que permite diferenciar entre la sensibilidad real del sujeto y los criterios que adopta para dar sus respuestas. No vamos a describir aquí la teoría (existen textos que la exponen con suficiente claridad y profundidad), pero diremos que, en esencia, admite que existe un continuo de eventos o estímulos físicos que se producen con

diferente probabilidad en función de que el estímulo sea un «ruido» o una señal definida sobre un ruido de fondo. Incorpora, sobre otros métodos tradicionales, los aspectos subjetivos del comportamiento sensorial. Con esta teoría es posible estimar subjetivamente la proporción de respuestas sensoriales reales y la proporción de seudo respuestas o falsas alarmas que un sujeto da a una clase de señales presentadas. En esta teoría se pone de manifiesto que, cuando se le presentan señales liminales (justamente perceptibles o en el límite del umbral absoluto), la mejor voluntad del sujeto, e incluso un buen entrenamiento, no impiden que falsee de forma no deliberada sus respuestas positivas, reflejando lo que cree haber percibido (imaginado). Permite separar la detección real de la seudo detección y definir objetivamente las características subjetivas de la sensibilidad de un sujeto.

Para finalizar, podemos hacer un resumen, a modo de conclusión, de los estudios psicofísicos en esta área de las sensaciones:

1. Cada sistema sensorial tiene un umbral absoluto. Así, existe una cantidad de energía mínima por debajo de la cual no responde el organismo.
2. Cada sistema sensorial tiene umbrales diferentes. Para percibir cambios estimulares se necesita un cambio energético mínimo, por debajo del cual los cambios pasarán desapercibidos.
3. Los umbrales absolutos y diferenciales varían de forma inversa a la densidad de receptores. A igual densidad la variación es inversa al tamaño del área receptorial estimulada.
4. Los umbrales absolutos y diferenciales varían inversamente a la duración del estímulo. Si la estimulación continúa, se puede trasponer el umbral absoluto y hacerse consciente, pero si la estimulación consciente se prolonga se puede hacer inconsciente.
5. La adaptación sensorial tiene un ritmo negativamente acelerado, y el tiempo de adaptación aumenta con la intensidad del estímulo.
6. Existe un aumento reflejo de la sensibilidad durante los períodos de adaptación.
7. La ley general de la psicofísica (ley de Stevens) indica que es constante la fracción entre la relación del incremento de la sensación (S) y el incremento del estímulo (E), es decir:

$$\frac{\Delta S/S}{\Delta E/E} = K$$

Integrando tenemos que

$$\int_1^2 dS/S = \int_1^2 KdE/E = K \int_1^2 dE/E$$

y resultaría

$$\log_e S_2 - \log_e S_1 = K (\log_e E_2 - \log_e E_1)$$

Despejando:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{E_2^K}{E_1^K} \quad , \quad S_2 = \frac{S_1}{E_1^K} \cdot E_2^K$$

Pero S_1/E_1^K es constante por referirse a los valores del estímulo y la sensación en el umbral absoluto. Por tanto:

$$\boxed{S = C \cdot E^K}$$ (Ley general de psicofísica)

Donde: S = magnitud de la sensación
E = intensidad del estímulo
C = constante arbitraria que determina la unidad de la escala
K = exponente que depende de la modalidad sensorial y condiciones ambientales

Esta ley indica: «La relación entre los estímulos y las sensaciones varía en función de un exponente que indica la modalidad del estímulo físico y su magnitud».

En la Figura 2 podemos ver que la forma que adopta el gráfico de esta función exponencial depende del valor de K.

- Para K = 1: función lineal
- Para K > 1: función positivamente acelerada
- Para K < 1: función negativamente acelerada

Si se toman logaritmos, la ecuación se transforma en:

$$\log S = \log C + K \log E$$

y su representación gráfica viene reflejada en la Figura 3, siendo log S una función lineal del log E.

En muchos experimentos se ha encontrado apoyo empírico a la ley de Stevens.

En la Tabla I se ofrecen algunas de las dimensiones psicológicas de interés para nosotros aquí, que han dado en su medida una ley exponencial.

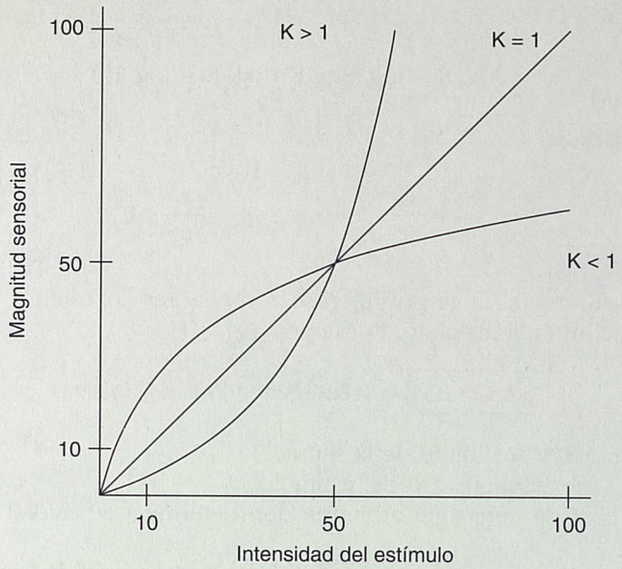


Figura 2. Ley general de psicofísica (Stevens).

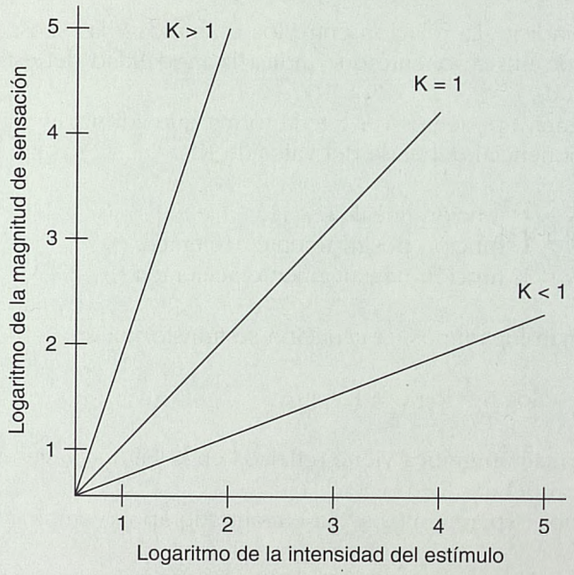


Figura 3. Ley general de psicofísica (Stevens). Función logarítmica.

TABLA I. EXPONENTES QUE RELACIONAN LA MAGNITUD SENSORIAL CON LA INTENSIDAD DEL ESTÍMULO

Continuo	Exponentes	Condición estimular
Sonoridad	0,67	Presión sonora de un tono de 3.000 Hz
Vibración	0,95	Amplitud en el dedo para 60 Hz
Vibración	0,60	Amplitud en el dedo para 250 Hz
Brillo	0,33	Objetivo en la oscuridad de 5 grados
Brillo	0,50	Fuente puntual
Brillo	0,50	Breve fogonazo
Brillo	1,00	Fuente puntual presentada brevemente
Luminosidad	1,20	Reflectancia de papeles grises
Longitud visual	1,00	Línea proyectada
Área visual	0,70	Cuadrado proyectado
Saturación rojiza	1,70	Mezcla rojo-gris
Frío	1,00	Contacto metálico en brazo
Calor	1,60	Contacto metálico en brazo
Calor	1,30	Irradiación de la piel (área pequeña)
Calor	0,70	Irradiación de la piel (área grande)
Frío incómodo	1,70	Irradiación de todo el cuerpo
Calor incómodo	0,70	Irradiación de todo el cuerpo
Dolor térmico	1,00	Calor radiante en la piel
Aspereza táctil	1,50	Frotar tela de esméril
Dureza táctil	0,80	Apretar goma
Pesadez	1,45	Elevación de pesos

Nota: Podemos observar que el valor de los exponentes varía al cambiar las condiciones estimulares.

Podemos ver, como corolario psicológico de las leyes psicofísicas, que el organismo no responde puntualmente a todas las variaciones estimulares del medio. Una gran parte de las variaciones del medio pasa desapercibida, es decir, el organismo tiene sus propias reglas interiores que median entre los estímulos y las respuestas. Se vive subjetivamente en forma de continuidad lo que objetivamente es discontinuo.

Hemos de indicar que para cada dimensión física de estimulación existen diversas modalidades de análisis sensorial y que la información del receptor no se reduce a la especificada por la cualidad sensible que origina el propio sentido, sino que da también una información sobre las causas externas que producen esa energía estimular. Así, por ejemplo, el oído no sólo transduce las vibraciones del aire con impulsos nerviosos auditivos, sino que da también información sobre la velocidad y la distancia a que se encuentra el objeto que origina el sonido.

Podemos decir que, en general, el proceso sensorial consta de los siguientes momentos:

1. Análisis de la energía física que incide sobre el sentido y las funciones de transducción y focalización o rechazo del estímulo.
2. Transmisión de los impulsos, originados en la transducción, hacia las áreas correspondientes de proyección cerebral.
3. Recepción de los impulsos ya codificados en las áreas primarias de la corteza cerebral, siendo inscritos en las áreas asociativas para ser reelaborados y dar origen a la experiencia sensorial consciente.

Según J. J. Gibson hay dos niveles de sensibilidad:

1. Pasivo: los sentidos funcionan como estrictos órganos de la sensación.
2. Activo: los receptores operan como eficaces sistemas de información.

Vemos que Gibson está introduciendo el paso de la sensación a la «percepción», donde el organismo capta o actualiza las propiedades y relaciones objetivas del medio. Pero a este nivel no se construye la realidad, sólo se detecta su organización. Otras funciones psíquicas, íntimamente ligadas a la percepción de los sentidos, se encargarán de reelaborar mentalmente las representaciones de esa percepción, haciendo que el aprendizaje y el pensamiento reobren sobre ella y le den una dimensión constructiva que siempre deberemos tener presente. Así, entraremos en el estado de la «percepción» para analizar este nivel de conocimiento.

Percepción

Una definición psicológica de la percepción podría expresarse así: «Es un proceso por el que el organismo se informa de los objetos y de los procesos que se manifiestan en ellos, mediante la configuración sensorial de

estímulos informativos». Es la captación de la realidad a través de los sentidos, de tal manera que no se perciben cualidades sensoriales, sino objetos, y éstos se hacen manifiestos a través de la experiencia; pero la experiencia no es un reflejo pasivo ni una captación sólo figural del objeto, sino que para percibir es necesario saber sobre los objetos y sus relaciones. Es una respuesta interior que consiste en una organización *sui generis* determinada por leyes propias, estando esa organización perceptual regida por propias experiencias (aprendizaje). Por esa organización perceptual de orden superior, distinta a la captación sensorial, aparecen las leyes perceptuales de las que luego hablaremos.

En la percepción están imbricadas funciones cognitivas, afectivas y motivacionales, por lo que se encuentra abierta a la interpretación de la información estimular. Sartre lo expresó diciendo: «Percibo siempre más y de otro modo, que veo...». Es un proceso que comienza con una apertura a la realidad, la «atención», un concepto sobre el que es necesario detenerse un poco.

A través de los sentidos estamos recogiendo permanentemente estímulos diferentes con intensidades diferentes, pero sólo recibimos unos pocos en cada momento; unos de forma muy clara, otros de forma muy difusa y otros pasan desapercibidos. Por tanto, podemos decir que la atención es selectiva y sólo recoge los estímulos a que atendemos (o a los que «tendemos», como indica el profesor Pinillos). Así, no es suficiente con que los sentidos sean capaces de recoger la información del medio, es también necesario que el organismo se abra a la recepción de los estímulos, debe atender.

Debemos destacar que la percepción va precedida por «expectativas», por lo que muchas de las cosas que no esperamos ver nos pasan desapercibidas. Pavlov ya introdujo la importancia perceptiva y atencional, al señalar que la percepción podía verse como un estímulo condicionado.

Para que el organismo atienda debe ser activado. Esta activación es una liberación de energía que supone activación psicológica, cuya misión es alertar al organismo. La formación reticular, situada en la base del cerebro, es la parte del sistema nervioso más directamente relacionada con la alerta o la intensidad de activación, teniendo por misión dar a la corteza cerebral el tono necesario para descodificar las señales que le llegan y tener conciencia de ellas. Las aferencias sensoriales (estímulos que llegan al sistema nervioso central procedentes de los receptores periféricos) pasan por el sistema reticular, lo excitan y emite descargas difusas que desincronizan los ritmos amplios de la corteza cerebral y ocasiona cambios en la conducta de tipo atencional. Para que el organismo atienda y la corteza pue-

da descodificar los impulsos que le llegan, es necesario un nivel adecuado de activación.

Mediante el electroencefalograma (EEG) podemos registrar las ondas cerebrales, corrientes eléctricas que produce el cerebro según su estado de activación, quedando representadas en la Figura 4 sus modalidades principales:



Figura 4

- Beta: estado de alerta. Representada por ondas rápidas de unos 20 ciclos por segundo, de bajo voltaje y mal sincronizadas. Están mezcladas con algunas lentas.
- Alpha: estado de relax. Producido por sincronización de ondas más lentas y bien formadas. Se da en sujetos despiertos, pero relajados y con ojos cerrados. Desaparece cuando un estímulo rompe la calma y se da paso a las ondas beta de alerta.
- Theta: estado de somnolencia. Reaparece la desincronización mezclada con ondas lentas poco amplias y ráfagas de ondas en espina.
- Delta: estado de sueño, donde se pueden diferenciar:
  a) sueño ligero: se mezclan ondas delta lentas e irregulares con ráfagas de ondas en espina de alto voltaje.
  b) sueño profundo: predominan ondas delta muy lentas, grandes, irregulares y de alto voltaje.

Hemos dicho que la activación es necesaria para que se inicie el proceso perceptivo, pero, aunque el organismo esté «despierto», todavía no se puede hablar de conducta atenta, ya que, para tener conciencia de los estímulos del medio, debe pasar por una primera fase de toma de contacto con el medio (alertamiento), donde la atención es difusa por intentar percibir la mayor cantidad posible de datos, atendiéndose sin la focalización de la atención plena y sin selectividad. En la segunda fase se pasa a una conducta curiosa, actividad motivacional donde interviene el sujeto buscando un objeto que destaque entre los otros del medio y concediéndole una atención especial.

Parámetros y determinantes atencionales

La atención es un determinante interno de la conducta muy importante en el proceso perceptivo, siendo sus parámetros principales los siguientes:

1. Amplitud: ¿cuántas cosas se pueden atender a un tiempo? La capacidad informativa del sistema nervioso es muy limitada y parece haber una focalización de la atención que se centra en un campo no muy amplio. Hay un límite definido para el número de elementos a los que se puede atender de modo fiable, habiendo variaciones según los estímulos utilizados. Se ha considerado que el número varía entre 6 y 11, aunque experiencias recientes han puesto de manifiesto que la amplitud de la atención puede llegar a ser dos o tres veces mayor, pero siempre puede mejorarse con aprendizaje y sufrir variaciones en función del nivel de interés y necesidades reales de los sujetos.

2. Límites: ¿se pueden considerar simultáneamente distintas secuencias de estímulos? No se trata de ver el número de objetos que puede atender, sino de estímulos diversos que llegan por distintas vías sensoriales. ¿Existe la atención dividida? (Ej.: leer y conversar.) Parece que la limitación de la capacidad de atender no se debe tanto al número de información que llega como a la imposibilidad de codificar el contenido de información. Así, se explica el porqué de la necesidad de desarrollar la capacidad del sistema de selectividad o atención.

3. Selectividad: los mensajes que llegan a nuestros sentidos se tratan en dos fases:

a) Identificación de formas físicas generales, su procedencia y otras características globales. Aquí se pueden manejar varios mensajes a un tiempo.
b) Análisis del contenido del mensaje. Aquí sólo se puede codificar la información de un mensaje, sólo puede tratar con un mensaje.

Vemos que existe un sistema selectivo entre las fases y que, por los límites estrechos de la capacidad atencional, al sistema nervioso se le exi-

ge la necesidad de establecer prioridades de forma rigurosa, tanto en la entrada de estímulos como en su forma. La complejidad de la información juega un importante papel en esta selectividad, y, conforme su codificación requiere una atención menos dividida, la información que recibimos se va bloqueando. A este sistema Broadbent lo llamó «filtro», y en la teoría de la información este filtro es necesario para seleccionar la información que llega y que supera la capacidad de entrada de su canal central.

Se ha demostrado que podemos ampliar nuestro foco atencional, pero para esto hemos de movernos en un campo de objetos relativamente homogéneo, resultando imposible que podamos atender diversos asuntos a un tiempo. La heterogeneidad y la capacidad de atención están reñidas. Podemos observar que al ir centrándonos más en un objeto vamos perdiendo la capacidad de atención para con otros, es decir, la focalización de un objeto conlleva la desfocalización de otros.

También se sabe desde hace tiempo que existe un problema sobre la capacidad para permanecer en estado atencional, no pudiendo, por regla general, permanecer largo tiempo. Las experiencias indican que si se debe mantener la tensión atencional, el cansancio sobreviene relativamente pronto.

Así es que resulta interesante preguntarse sobre cuestiones como por qué atendemos y qué mecanismos nos llevan a focalizar la atención. Para contestar a esto lo haremos a través de los «determinantes atencionales» que, para su estudio, los vamos a clasificar en internos y externos:

1. Determinantes externos: la atención es algo intrínseco al sistema nervioso, pero para que se dé necesita el estímulo del medio, aunque no todos los estímulos son capaces de captar nuestra atención, siendo necesario para ello que reúnan ciertas características que han sido claramente establecidas por la psicología científica:

1.1. Modificaciones del medio: en general, cualquier modificación de nuestro entorno acapara la atención o focaliza el campo de conciencia. Ejemplos de ello pueden ser un silencio repentino, un ruido fuerte, un cartel que cambia de sitio o aparece de nuevo, etc.

1.2. El tamaño: los objetos grandes suelen llamar más la atención que los de tamaño reducido. Nuestra atención es captada por lo inusitadamente grande respecto a su tamaño real, por darse una ruptura de la constancia del tamaño.

1.3. Color y brillo: al igual que en el punto anterior, aquí también se trata de la ruptura de la constancia del color y del brillo.

1.4. La repetición: llama nuestra atención que el estímulo se repita frecuentemente, aunque esta repetición es eficaz hasta cierto nivel, ya que puede llegar un punto en que el organismo se habitúe a esos estímulos, de tal manera que perderá interés por ellos y los desatenderá. Es necesario que consideremos el factor novedad para evitar la habituación y la pérdida de atención al estímulo. Esta técnica, como las anteriores, es utilizada de forma eficiente por la publicidad.

1.5. La novedad: cuando algo deja de ser novedoso el interés se pierde y la atención se debilita. Pero la novedad no es sólo modificar el medio para ser algo distinto, necesita además ser interesante. La curiosidad es una motivación básica del ser humano y debe ser unida a la novedad. Así, el estímulo será novedoso cuando vemos algo en él que necesita ser conocido, no lo podemos abarcar de un golpe que en la primera inspección no presenta todos sus aspectos.

1.6. El movimiento: los objetos estáticos, en general, captan la atención en menor grado que los dinámicos, aunque lo cierto es que todo se da en un contexto de relatividad, por lo que en un contexto donde todo se mueve la atención será captada por un objeto estático.

2. Determinantes internos: los determinantes anteriores, los externos, son los de nivel fisiológico y necesarios para la activación; pero también hemos de considerar los relacionados con la experiencia interna y constructos psicológicos, como los intereses, los motivos, las expectativas y otros. La psicología científica los ha establecido en los siguientes:

2.1. Motivaciones: aquello que nos «mueve» desde «dentro» a hacer algo. Se trata de cubrir una necesidad en un momento determinado, por lo que el sujeto buscará en su entorno aquello que lo satisfaga. Como ejemplos tenemos las activaciones que produce el hambre, la sed, el afán de prestigio, el poder, etc.

Es importante tener en cuenta que esa motivación o «interés» desaparece tan pronto como la necesidad queda satisfecha, pero que si no se logra satisfacer puede darse una focalización de la atención en ese objeto de necesidad y resultar obsesionante (Maslow se basa en esta propiedad para construir su «teoría de necesidades»).

2.2. Curiosidad: todos los seres cognoscentes, o con un sistema nervioso suficientemente desarrollado, tienen necesidad de explorar el medio en que viven o están, llamándose a esto curiosidad.

La psicología experimental tiene suficiente evidencia en cuanto a que la estimulación nueva tiene un cometido real de refuerzo sobre la conducta. Así, es necesaria cierta estimulación novedosa o curiosidad y con la deprivación esa necesidad se acumula. También hay suficiente evidencia acerca de la necesidad «trófica» de estimulación del sistema nervioso; la evidente falta de estímulos, la penuria esti-

mular, ocasiona problemas psíquicos, como alteraciones perceptivas y atencionales, entre otras.
De ahí la necesidad de que en todo trabajo se tenga en cuenta la evitación de la monotonía estimular y optar por un enriquecimiento de las tareas, donde la variedad y la responsabilidad tengan el suficiente peso.
2.3. Expectativas: es un factor muy influyente en la selección atencional y perceptiva. Puede decirse que la percepción va precedida de un proceso anticipatorio, es decir, si se introduce la anticipación en la sensibilidad, la percepción recibe ayuda por:

- Facilitarse el proceso exploratorio, reduciéndolo a lo esperable.
- Reducir al máximo las alternativas interpretativas.
- Actuar como refuerzo al ser confirmada la percepción en el acto.
- Alertar al individuo al anticipar el refuerzo o la amenaza.

Un ejemplo claro lo tenemos en una cadena de montaje donde el control de calidad está integrado y el operario debe detectar ciertos defectos que pueden aparecer. El saber de antemano qué tipo de defecto cabe esperar y su situación aproximada le ayudará en la búsqueda y eliminará procesos de interpretación y decisión innecesarios que influirán en la aparición más temprana de la fatiga mental.
2.4. Componentes sociales: nos referimos a los intereses específicos de la curiosidad, en función de sus propias costumbres cotidianas o de aprendizaje, así como de los propios valores del individuo. Es decir, que ante un mismo paisaje se atenderá a aspectos diferentes según la costumbre que cada uno tenga de indagar, no siendo lo mismo para un pintor, un agricultor o un botánico. De la misma manera, sus valores o ideales, muchas veces influidos por su entorno educacional, van a condicionar su capacidad de atender de una forma sustancial.

Antes de terminar con la atención, como preámbulo de la percepción, conviene preguntarse sobre la distracción o falta de atención. ¿Por qué nos distraemos? ¿Por qué algunas veces no nos podemos concentrar en el trabajo? ¿Por qué en ocasiones pasan desapercibidos estímulos a los que normalmente deberíamos atender? ¿Por qué a veces respondemos a estímulos de forma incoherente? Las explicaciones a esto giran en torno a:

- Existencia de una limitación informativa del sistema nervioso y su selectividad, por lo que ciertos estímulos no tienen cabida y han de quedar fuera de nuestro campo atencional, por lo menos momentáneamente o mientras se atiende a otros, pudiendo ser atendidos de una forma marginal o preconsciente, desfocalizados de esa atención principal.
- Existencia o aparición de la fatiga o debilidad.

De ahí que en todo diseño de un puesto de trabajo se tenga en cuenta la limitación atencional en cuanto a la capacidad máxima de variedad estimular que puede atender en una unidad de tiempo, así como el trabajar en condiciones de fatiga, donde la posibilidad de cometer errores en el trabajo se acrecienta considerablemente.

Leyes de la percepción

Hemos visto que la percepción no es un reflejo pasivo, sino que entraña elaboración activa de una configuración estimular significativa que no se da de forma aislada en los otros procesos psicológicos con que funciona la personalidad y que el estímulo perceptual es molar, organizado y significativo. Existen unas leyes de la percepción que es importante conocer para poder tenerlas en cuenta y para ayudar a percibir exactamente y sin error lo que queremos transmitir y para conseguir una respuesta adecuada a las condiciones del momento.

El organismo, para poder percibir, necesita organizar la estimulación en «todos funcionales», respondiendo esta organización a los principios de la teoría de la Gestalt, que considera que la percepción se forma bajo ciertas leyes dinámicas que son responsables de esa organización.

La teoría de la Gestalt se basó en los estudios de Rubin, que demostraron que el tipo más fundamental de experiencia de «forma» consiste en una figura que destaca sobre un fondo, concluyendo que la figura y el fondo son objetos de experiencia diferentes, siendo sus características principales las siguientes:

1. La figura tiene carácter de cosa y el fondo de sustancia.
2. La figura tiene forma y el fondo no. La figura procede del contorno que la delimita y el fondo parece extenderse por detrás de la figura.
3. La figura tiene color de superficie, el fondo no.
4. La figura queda localizada frente al fondo.
5. Dos estímulos se diferencian más fácilmente si son figuras que si son fondos.
6. Las figuras conectan más fácilmente con significados, sentimientos y valores estéticos que el fondo.

Así, la teoría de la Gestalt, basándose o apoyándose en los principios anteriores, consideró que la experiencia «figura-fondo» es el tipo funda-

mental de percepción y que cada percepción es una totalidad (una gestalt), donde la parte más estructurada es la figura y la más indiferenciada el fondo del que surge la figura. Esta teoría de la Gestalt considera que la percepción se forma bajo ciertas leyes que podemos resumir, sumándonos a Helson, en las siguientes:

1. Naturaleza de la forma: un campo tiende a organizarse y tomar una forma, los grupos tienden a formar estructuras y las unidades separadas tienden a conectarse.
2. Figura-fondo: la forma tiende a ser una figura que se destaca sobre un fondo y esto es fundamental para la percepción.
3. Articulación: las formas varían de simples a complejas según el grado de articulación o diferenciación.
4. Formas buenas y malas: la forma buena está bien articulada y tiende a grabarse en el observador, a persistir y repetirse.
5. Formas fuertes y débiles: la forma fuerte tiene coherencia y resiste la desintegración por análisis de sus partes o fusión con otras formas.
6. Formas buenas y abiertas: la forma abierta tiende a cambiar hacia una cierta forma buena. Cuando la forma adquiere un equilibrio estable realiza un cierre.
7. Persistencia de la forma: una vez que la forma se ha percibido tiende a persistir y a repetirse si se repite la situación estimular.
8. Constancia de la forma: la forma tiende a conservar su propia forma, tamaño y color.
9. Simetría de la forma: la forma tiende hacia la simetría, equilibrio y proporción.
10. Proximidad y semejanza: las unidades semejantes en tamaño, forma y color, tienden a combinarse para crear formas mejor articuladas. Las unidades cercanas se combinan con más facilidad que las lejanas.
11. Significado de las formas: la forma tiende a ser significativa y tener objetividad. La más significativa se percibe con más facilidad y tiene mayor persistencia.
12. Fusión de formas: dos formas se pueden fusionar y dar una nueva forma, o bien la más fuerte puede persistir y eliminar la más débil. Las formas simples y poco articuladas se fusionan con más facilidad que las complejas y buenas. Un significado mayor tiende a predominar sobre otro menos significativo.

Estas leyes no actúan de modo simple, sino que existe un grado complejo de interacción entre ellas que determina la potencia de unas leyes sobre otras y su actuación. Así pues, el proceso de percepción es un proceso de abstracción de información a partir de las características particulares que en cada momento presenta la configuración estimular, específicamente en función del número y disposición de los elementos que la forman y su ensamble en un contorno determinado.

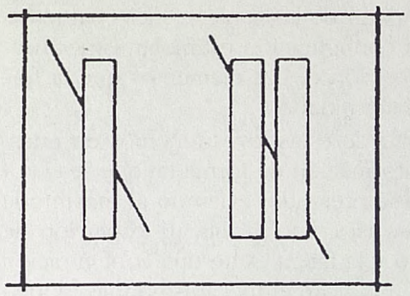
Por lo tanto, teniendo conocimiento de estas leyes tenemos en nuestras manos el poder de presentar la información de forma tal que sea captada e interpretada de la manera que se pretende, evitando al máximo la posibilidad de los errores perceptivos, así como facilitar la captación de esa información sin llegar al cansancio y la fatiga. Ante una configuración determinada, las leyes de la percepción indican el mecanismo más idóneo para que el individuo alcance la mayor cantidad posible de información y esto le permita acciones más adaptadas a la situación.

La actuación de las leyes de la percepción, que regulan la captación de información, se enmarca en dos principios generales: redundancia y economía. La discriminación es necesaria para que se dé la percepción; así, es más fácil seguir la estructura del estímulo que presenta mejores señales para la discriminación, como también resulta más fácil conseguir una información más segura ordenando los elementos en grupos semejantes, al ser muy redundante y conseguir la información con poco esfuerzo de codificación (economía). También es más fácil diferenciar estructuras abiertas que otras con mucha cercanía, como es más fácil y económico en caso de darse simetría, porque sólo tiene que responder a una característica importante por ser la otra fiel reflejo de la anterior. Igualmente, se facilita la discriminación en las leyes de cierre, buena continuidad y dirección por permitir la detección de los cambios directrices de sus contornos, donde se sitúan las características esenciales de la forma.

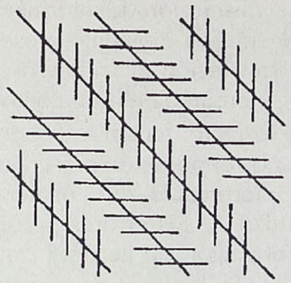
Vemos que las leyes de la percepción aseguran máxima eficacia porque por medio de la economía ponen de relieve el aspecto informativo básico de la forma, y por medio de la redundancia reducen al mínimo los errores.

En el recuerdo de las formas percibidas con anterioridad, la figura se recuerda atribuyéndole una mayor pregnancia, lo que se consigue mediante un proceso de agudeza o concentración de la información en los puntos esenciales y mediante el proceso de nivelación o recogida sólo de la información esencial. Estos cambios están influidos por la experiencia o aprendizaje del sujeto, habiendo claros indicios de que un factor determinante en la percepción es la posible carga significativa del estímulo, que viene determinada por esa experiencia anterior o aprendizaje.

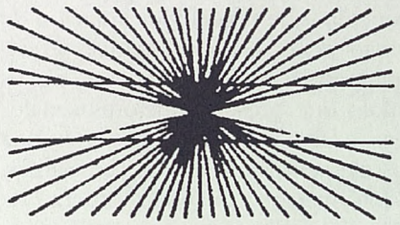
Un fenómeno interesante es el de las «ilusiones ópticas», percepción visual que no refleja la pauta estimular, de tal manera que su forma es independiente del estímulo presentado. Entre las ilusiones más conocidas (Figura 5) están:



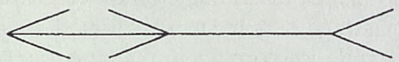
a) Ilusión de Poggendorf.



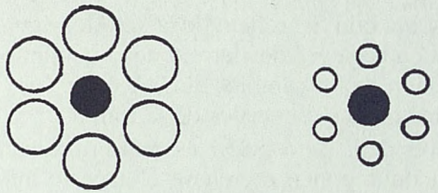
b) Ilusión de Zollner.



c) Ilusión de Hering.



d) Ilusión de Müller-Lyer.



e) Ilusión de contraste de tamaños.

Figura 5

- Ilusión de Poggendorf: la línea diagonal se desplaza al ser interrumpida por un rectángulo vertical. Se debe a la tendencia a sobrestimar los ángulos agudos.
- Ilusión de Zollner: desplazamiento de las líneas diagonales al ser interceptadas por otras verticales y horizontales. Es un caso especial de la ilusión de Poggendorf.
- Ilusión de Hering: distorsión de líneas paralelas al ser interceptadas por líneas concurrentes. Es una variante de la ilusión Zollner.

- Ilusión de Müller-Lyer: se produce al establecer marcas divisorias sobre líneas. El segmento limitado por trazos abiertos se percibe más largo que al estar limitado por trazos cerrados.
- Ilusión de contraste de tamaños: se da distorsión del tamaño del objeto en función del contexto o tamaño de los objetos circundantes.
- Ilusión horizontal-vertical: siendo iguales, la percepción de la vertical parece más larga que la horizontal.

Según Gregory (teoría más probada y aceptada), las ilusiones están relacionadas con la percepción de profundidad y perspectiva.

En general, se puede hablar de dos tipos de percepción, de la realidad física y de la realidad social:

1. Percepción de la realidad física: el ser humano vive inmerso en un ambiente físico, y para poder responder a él de forma adaptativa necesita ordenar los objetos y sus relaciones, lo que sólo puede hacer mediante una serie de percepciones que son características:

1.1. Percepción de objetos: configuración de los estímulos-información en cosas físicas individuales, constantes y significativas. Se explica por las leyes perceptuales de la constancia del tamaño, del color y de la forma. Su característica es que no hay cambio en el tamaño, color o forma, aunque cambien las circunstancias sensoriales en que percibimos el objeto.

1.2. Percepción del espacio: el espacio es el marco de referencia donde percibimos los objetos, es el fondo donde se perciben las figuras. Esta percepción es fruto de la percepción de relaciones entre objetos, de las que nos informamos a través de varias modalidades sensoriales: cinestesia, tacto, oído y vista.

1.3. Percepción del movimiento: en situaciones de desplazamiento del objeto sobre la retina, sin desplazamiento real del objeto pero moviendo la cabeza. Se debe a la coordinación de los sistemas imagen-retina y ojo-cabeza, de tal forma que los impulsos nerviosos por la acomodación del cristalino (músculos ciliares) producen también acomodación de los ojos mediante los músculos orbitales, siendo esta relación tan perfecta que un sistema puede anular o rectificar las señales del otro.

1.4. Percepción del tiempo: los objetos se perciben en un tiempo, habiendo relaciones temporales entre ellos. Esta percepción es fruto de una serie de señales indirectas, habiéndose socializado y exteriorizado extraordinariamente (dependemos de la hora, día, mes, año...). La aprehensión directa de la duración del tiempo se hace sobre espacios temporales breves y sobre la memoria de acontecimientos

recientes, siendo sólo de 5 o 6 segundos; por encima de ese límite la percepción del tiempo se va haciendo cada vez más imprecisa y se debe recurrir a instrumentos de medida para su valoración o bien a la ocurrencia de eventos con periodicidad conocida.

2. Percepción de la realidad social: podemos decir que existen determinantes sociales y culturales que influyen en la percepción de la realidad. Así, se ha visto concluyentemente que, en ciertas condiciones, el grupo puede producir una reestructuración cognitiva en el individuo, haciéndole percibir de diferente manera (juicios conformados a la opinión de la mayoría), habiendo ciertas condiciones que pueden favorecer ese cambio:

- Grado de ambigüedad del estímulo.
- Grado de certeza subjetiva sobre la respuesta.
- Tamaño del grupo.
- Unanimidad de juicio en el grupo.
- Necesidad de aprobación (conformistas).
- Confianza en la propia competencia.

También se ha visto que existe un aprendizaje de la percepción debido a la exposición y familiarización con cierto tipo de estímulos en su entorno ambiental, o que se hacen inferencias partiendo de una serie de indicios que tienen «validez ecológica», por lo que hay influencias de las características específicas ecológicas sobre las tendencias a la inferencia y a la susceptibilidad a las ilusiones. Cuando existen muchos indicios se dan situaciones naturales, pero si la situación es pobre en indicios se ve obligado a basar sus inferencias en un solo indicio o muy pocos y pobres, pudiendo verse engañado por la sobrevaloración de ese indicio, provocando una ilusión (error interpretativo).

Otra forma de influencia en la percepción es la cultura donde está incluido (familiar, de entorno profesional...), que puede favorecer unos aspectos selectivos en la percepción. La familiaridad con el objeto es muy importante en la selección perceptiva del mismo.

Hemos visto que la actividad laboral se desencadena, orienta y controla en función de las informaciones que proceden de su entorno. Así, es muy importante que conozcamos qué síntomas son los que informan al trabajador sobre el desarrollo de su trabajo, qué referencias son las que utiliza para saber si lo está desarrollando de acuerdo con lo estipulado, al tiempo que conoce cuáles son las señales más útiles y las condiciones más favorables de presentación teniendo en cuenta las limitaciones sensoriales y perceptivas del ser humano.

Hemos visto, por tanto, la importancia de la función perceptiva que depende de las propiedades de los sistemas receptores que se pongan en juego, de las condiciones externas o características del campo perceptivo y de los objetivos asignados a la actividad que se va a realizar. También hemos visto que la percepción se abre con la atención, estando ésta definida por una serie de parámetros que la determinan, y que la percepción está regida por una serie de leyes que es interesante conocer para ayudar a percibir mejor y sin errores.

Ahora vamos a pasar a un terreno más práctico donde, dentro de las dificultades que representa el llevar la percepción a un terreno objetivo (casi siempre vinculado a la idea de exactitud), vamos a tratar de analizar las limitaciones del ser humano en la captación de los estímulos informativos en el área laboral y determinar las situaciones límite donde se puede encontrar la captación precisa de esa información, con la posible CM y sus consecuencias derivadas.

La ergonomía interviene de una forma directa en la carga de trabajo modificando las condiciones exteriores; por ello será necesario que se definan esas modificaciones, siendo esencial el conocimiento del efecto de esas condiciones exteriores sobre la actividad, lo que veremos más adelante.

Tratamiento de la información y teoría de la información

En el sistema hombre-máquina es esencial la implicación del ser humano, por lo que será necesario hacer referencia al papel que el hombre desempeña en el sistema, además de determinar las características del sistema, sus funciones, sus componentes y sus propósitos o las especificaciones que ha de satisfacer.

En todos los sistemas puede realizarse una especificación de sus funciones operacionales, pudiendo hacerse un diagrama esquemático sobre esas funciones y su asignación a componentes físicos o humanos; aunque no siempre queda claramente diferenciada la asignación a uno u otro componente, este intento siempre resultará de utilidad.

En toda ejecución de una función operacional se da siempre una combinación de cuatro funciones básicas:

1. Recepción de información mediante los sentidos: en el ser humano se percibe la información mediante los sentidos corporales (visión, audición, tacto); en la máquina los sentidos son simples sustitutos de las funciones sensitivas del hombre. Una parte de la información vie-

ne del exterior, pero también puede haber información procedente del interior del sistema, pudiendo esta última ser debida a un *feed-back* (leer la acción del acelerador en el velocímetro, leer la presión ejercida, leer la temperatura, etc.) o bien ser una información que está almacenada en el sistema mismo.

2. Almacenamiento de la información: en la máquina este almacenamiento de la información se hace en componentes físicos, y generalmente en forma codificada o simbólica (tarjetas perforadas, tablas de datos, cintas magnéticas, discos...). En el ser humano este almacenaje es sinónimo de memoria.

3. Procesamiento de información y toma de decisiones: si está implicada la máquina, el proceso informativo (operaciones realizadas con la información recibida y almacenada) debe estar programado en cierta manera para que el componente responda a cada *input* o señal de una forma determinada. Si es el ser humano el implicado, el proceso de información dará como resultado una toma de decisión para actuar.

4. Acciones: son las operaciones resultantes de las decisiones tomadas. Pueden ser al menos de dos clases: de control físico o de proceso (acción en mecanismos de control, modificación o movimiento de materiales) y de comunicación (con habla, con señales, con grabaciones...).

De las funciones anteriormente señaladas, tres de ellas (recepción de información, procesamiento de información y acciones) corresponden a lo que en psicología se denomina «paradigma estímulo-organismo-respuesta» (E-O-R) y son parte integrante de toda actividad humana, indicando que todo estímulo actúa sobre el ser humano (organismo) para provocarle una respuesta.

La implicación humana en el sistema está predeterminada por la propia naturaleza del sistema. Los sistemas pueden clasificarse en función del grado de control del hombre sobre la máquina, resultando esencialmente los siguientes:

1. Manuales: el operador transmite a sus herramientas y recibe de ellas gran cantidad de información, actuando generalmente a su propia velocidad. La fuente de energía es proporcionada por el mismo operador.

2. Mecanismos: la fuente de energía está en la máquina, no en el operador, siendo la función de éste de control, que suele hacerse con la ayuda de aparatos o mecanismos modificadores. El sistema mecánico se puede representar, basándonos en F. V. Taylor, de la siguiente manera: el hombre recibe información sobre el estado de la máquina con la ayuda de los *display,* realiza una función de procesamiento de la información y toma de decisión, llevando a cabo sus decisiones con la ayuda de aparatos de control.

3. Automáticos: si el sistema es completamente automático realiza todas las funciones operacionales (recepción de información, procesamiento, toma de decisiones y acciones), necesitando, por tanto, estar programado para la toma de medidas en caso de presentación de contingencias. Pero estos sistemas no ofrecen una confianza completa y el hombre tiene que intervenir en funciones de vigilancia, además de otras funciones previas como las de orientación, programación y mantenimiento.

Es importante que introduzcamos el concepto de «criterio» o evaluación del comportamiento del sistema o sus componentes, reflejando en general el grado en que el sistema resulta útil para lo que ha sido proyectado. A nosotros, aquí, nos interesa sobre todo el criterio humano, por ocuparnos del comportamiento humano, sus limitaciones y su valoración. Así, el criterio humano podemos verlo desde cuatro aspectos diferentes:

1. Funcionamiento: medirlo en términos estrictos de actividad en el trabajo resultará muy difícil porque está muy influida por el comportamiento del equipo físico que utilice. Este comportamiento humano deberá reflejar actividades sensoriales, mentales y motrices.

2. Índices fisiológicos: se incluirán respuestas fisiológicas, como ritmo cardíaco, presión arterial, respuestas galvánicas de la piel, ritmo respiratorio, ondas cerebrales (EEG), temperatura de la piel, etc.

3. Respuestas subjetivas: opiniones personales sobre ciertos aspectos en el trabajo, como nivel de ruido, adecuación de la temperatura, ritmo de trabajo, comodidad de los asientos, dificultad de la tarea, etc.

4. Frecuencia de accidentes o incidentes: esto nos reflejará hasta qué punto el sistema falla y el hombre comete errores en sus acciones. Esto lleva (aquí no lo trataremos) al estudio de la fiabilidad del funcionamiento del sistema o del operador.

Teoría de la información. Capacidades humanas

En los años cuarenta se consideraba al ser humano como mero receptor de la estimulación del exterior, respondiendo a dicha estimulación de una manera prácticamente automática o refleja, pero, posteriormente, con el desarrollo de la psicología cognitiva, se empieza a considerar la importancia de la intervención humana entre la recepción de la información y sus respuestas o comportamiento; es decir, los estímulos son interpretados

a través de nuestros procesos perceptivos y de aprendizaje. En otras palabras, los estímulos no son simples manifestaciones de energía que excitan nuestros sentidos, sino que van cargados de significado (transmiten información) y debemos interpretarlos mediante los procesos perceptivos; por tanto, es necesario que los estímulos sean correctamente reconocidos por el receptor sensorial, pero además su significado (lo que transmiten) debe ser entendido, es decir, debemos ser capaces de captar el significado que tienen las variaciones en los caracteres de los estímulos visuales, auditivos, etc.; así, el color rojo significa peligro, o una luz roja intermitente puede significar reponer rápidamente el agua en la caldera, etc.

Se estableció un interés por los procedimientos del tratamiento de la información y en la evolución de estas investigaciones ocupa una etapa intermedia la «teoría de la información», que fue concebida para poder cuantificar la información en unidades. Esta teoría indica, muy esquemáticamente, que una fuente emite información en forma de mensajes que un emisor debe codificar para que se pueda transmitir. La señal resultante llega hasta un receptor que descodifica los mensajes recibidos para poder ser interpretados y utilizados. En el transcurso de esta comunicación entre emisor y receptor hay una degradación de la información como consecuencia de los efectos del «ruido».

La unidad elegida para cuantificar la información es el BIT, que se define como la cantidad de información que emite una fuente al especificar una de dos alternativas igualmente probables. Cuando las alternativas son equiprobables la cantidad total de información transmitida (H) es la siguiente:

$$H = \log_2 n$$

donde n es el número de alternativas igualmente probables.

Aplicado a situaciones laborales, para tener una idea más clara de lo que significa un BIT, podemos imaginar tres situaciones:

1. Sólo dos alternativas: si se enciende la luz roja le llaman de recepción, si la que se enciende es la verde le llama el director. Aquí, la información transmitida es, haciendo operaciones y redondeando:

$$H = \log_2 2 = 1 \text{ BIT}$$

2. Cuatro alternativas: un tablero de control se compone de cuatro tipos de luces que indican estados diferentes, pero sólo una luz se puede encender. Aquí, la información transmitida es:

$$H = \log_2 4 = 2 \text{ BIT}$$

3. Ocho alternativas: el mismo tablero de control de antes, pero con ocho luces y sólo se puede encender una. Aquí, la información transmitida es:

$$H = \log_2 8 = 3 \text{ BIT}$$

Muchos estudios experimentales se han basado en esta teoría de la información para evaluar la capacidad humana en el tratamiento de la información de variadas tareas (memoria inmediata, percepción, discriminación sensorial, etc.). Ya Broadbent expuso una teoría indicando que el sistema nervioso actúa, en cierto modo, como un canal de información simple, por lo que tiene una capacidad limitada, viéndose el individuo obligado a realizar una «selección» ante la enorme cantidad de *input* sensoriales que recibe y a los que no puede atender al mismo tiempo por esa limitación, que Miller indicó que era de 7 ± 2 (5 a 9); es decir, el ser humano es capaz de captar entre 5 y 9 diferencias del estímulo, dependiendo del tipo y dimensión del estímulo, del individuo, formación, familiaridad, voluntad de esfuerzo, etc. Aunque la teoría del canal único está ya superada, sin embargo, se sigue aceptando la limitación de las diversas capacidades cerebrales, como identificar, memorizar, poner en memoria, llamar a la memoria, decidir y operar, siendo el tiempo más largo el exigido por las operaciones de decisión.

Es evidente que el obstáculo para recibir información no está en los órganos sensoriales, sino en la corteza cerebral. Podemos «sentir» la gran variedad de estímulos a nuestro alrededor, pero en ciertos momentos sólo podemos atender a uno o a un determinado aspecto de un determinado estímulo. Steinbuch indicó, de forma muy resumida, cómo la información se va reduciendo de forma muy progresiva desde el momento de la recepción sensorial hasta el proceso final de su almacenaje en la memoria, dando por sentado que existen procesos intermedios entre las conexiones neuronales de los órganos sensoriales y la percepción consciente de los estímulos. La reducción es del orden de:

Proceso	Información recibida (BIT/seg)
– Recepción sensorial	1.000.000.000
– Conexiones nerviosas	3.000.000
– Conciencia	16
– Almacenamiento permanente	0,7

Puede observarse, según Steinbuch, que el ser humano es capaz de manejar, a nivel consciente y de almacenamiento en la memoria, sólo una pequeñísima fracción de la información que llega a los órganos sensoriales.

A la vista de lo expuesto, no es necesario pensar mucho para deducir que el ser humano, por las limitaciones que tiene y debido a la gran cantidad de estímulos que le rodean durante el trabajo, necesita la máxima ayuda que se le pueda prestar para que le sea lo más fácil posible atender sólo a aquello que necesita para la ejecución de su tarea, así como otro tipo de ayudas (recepción clara de la información, presentación en cantidad y velocidad suficiente, localización inmediata de la información más pertinente, codificación clara, formación suficiente, etc.), para que pueda tomar las decisiones oportunas en el menor tiempo posible y sin errores.

El profesor A. Wisner[2] midió la capacidad cerebral mediante la actividad cerebral de toma de decisión (la operación cerebral que lleva más tiempo), concluyendo (Figura 6) que:

- La capacidad máxima del ser humano, en tiempos cortos, es de 76 decisiones por minuto en tareas de elección binaria.
- Esa capacidad disminuye con el tiempo, y en función de la fatiga y de la motivación.
- Debe distinguirse entre capacidad máxima posible (disponible, y que está alrededor de 76 decisiones por minuto) y la capacidad que admite poner gustosamente a disposición del trabajo (es la capacidad normal en situación de trabajo prolongado, y está alrededor de 25 decisiones por minuto).

También dedujo en sus investigaciones, sobre las capacidades humanas, que:

- Existen variaciones interindividuales e intraindividuales.
- Se da una evolución en el tiempo (aprendizaje). Cuando la primera tarea es de mediana exigencia (entre 29 % y 70 % de la capacidad máxima) existe aprendizaje de la segunda tarea, extendiéndose el progreso en un número elevado de días.

[2] A. Wisner creó y desarrolló el Laboratorio de Fisiología y Biomecánica de la Régie Renault. Actualmente dirige el Laboratorio de Ergonomía y Neurofisiología del Trabajo, habiendo desarrollado importantes investigaciones en fisiología y psicología experimental, así como en neurofisiología sensorial.

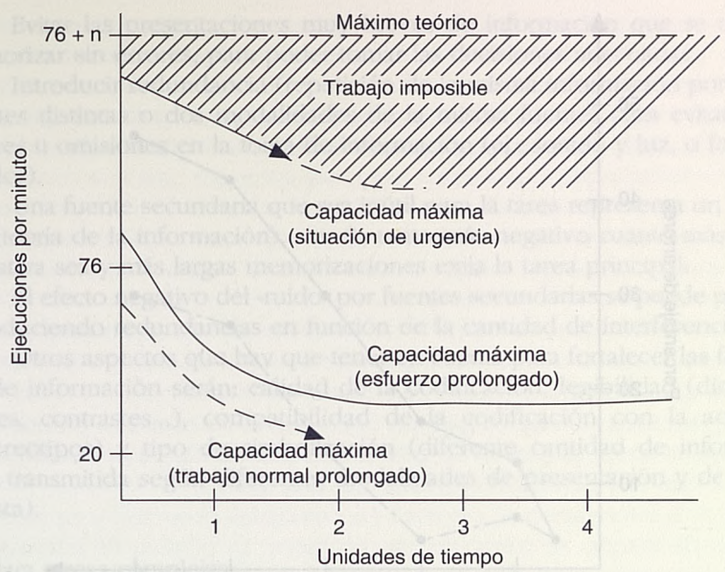


Figura 6. Variaciones de la capacidad mental según situaciones (A. Wisner).

- En la industria que desarrolla trabajos en serie, las cadenas muy rápidas impiden el aprendizaje. Para el aprendizaje es necesario realizar un aumento en la velocidad muy paulatino.

De las investigaciones realizadas en los laboratorios del profesor Wisner se extrajeron también una serie de conclusiones en torno a la carga cognitiva que, a modo de recomendaciones, podemos resumirlas haciendo una diferenciación entre tareas simples y tareas complejas:

Para tareas simples:

– El aumento de fuentes de información tiene un efecto negativo. Para una misma cantidad de información presentada en una unidad de tiempo, los errores crecen al crecer el número de fuentes de información (Figura 7). Los errores están también relacionados con el mayor número de decisiones que se van a tomar en la unidad de tiempo.

– Para igual presentación de información, los errores aumentan en función de la cantidad de información presentada.

– Los errores son proporcionales al producto de la cantidad de información por el número de fuentes presentadas.

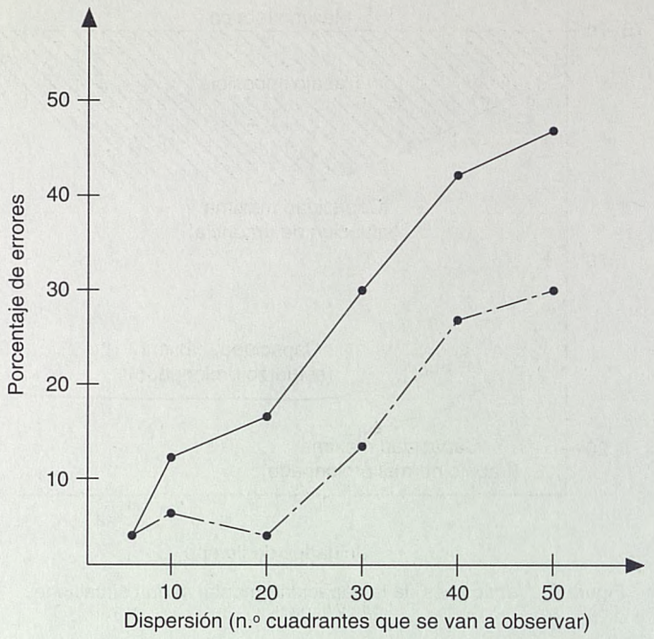


Figura 7. Efectos debidos al incremento de la carga (fuente: A. Wisner).

– Si la segunda señal llega al mismo tiempo que la primera, o muy poco antes que la respuesta a esa primera señal, las posibilidades de error y de retardo a la respuesta son mayores (el canal único todavía no está disponible). Se recomienda disponer en la práctica de un intervalo no menor de 0,5 segundos entre la primera respuesta y la segunda señal.

– La memoria inmediata ocupa una parte del canal único, ya que las informaciones presentadas que deben guardar turno han de ser memorizadas, lo que perturba y retarda las decisiones, pudiendo darse un olvido de ciertas informaciones.

– Se deben evitar las presentaciones de información en bloque, siendo preferible que se trate un problema después de la resolución del anterior y, a ser posible, con ritmo libre.

– Han de evitarse, en la medida de lo posible, las presentaciones de información a un ritmo impuesto, sobre todo cuando el ritmo no es compatible con la fluctuación de la atención y el plazo necesario entre señal y señal debe ser de 0,5 segundos como mínimo.

– Evitar las presentaciones muy breves de información que se debe memorizar sin errores, para poder tomar las decisiones adecuadas.

– Introducir redundancia (repetición de la misma información por dos fuentes distintas o dos modalidades de la misma fuente) para evitar los errores u omisiones en la toma de información (ej.: sonido y luz, o forma y color).

– Una fuente secundaria que sea inútil para la tarea representa un «ruido» (teoría de la información), siendo tanto más negativo cuanto más significativa sea y más largas memorizaciones exija la tarea principal.

– El efecto negativo del «ruido» por fuentes secundarias se puede paliar introduciendo redundancias en función de la cantidad de interferencia.

– Otros aspectos que hay que tener en cuenta para fortalecer las fuentes de información serán: calidad de la codificación, legibilidad (dimensiones, contrastes...), compatibilidad de la codificación con la acción (estereotipos) y tipo de simbolización (diferente cantidad de información transmitida según diferentes modalidades de presentación y de respuesta).

Para tareas complejas:

Se consideran tareas complejas aquellas donde predomina el lenguaje o donde se deben integrar datos múltiples.

Para este tipo de tareas los resultados concluyentes de los estudios fueron:

– Cuanto más rico es el vocabulario mayor es la cantidad de información transmitida por unidad de tiempo, habiendo un límite relacionado con el conocimiento del vocabulario que tenga el sujeto. La información en vocabularios ricos es la siguiente:

N.º de palabras	Información en BIT
2	1
16	4
256	8
5.000	12,3

Cuando las palabras son escuchadas con una frecuencia de 3,5 por segundo, la información transmitida equivale a:

N.º de palabras	Información en BIT/seg
4	7
256	24-28
2.500	34-39

Nota: los datos pueden aplicarse a todos los lenguajes (escritura, gestos, dibujo...).

– Tener en cuenta la densidad de información, especialmente en trabajos informatizados de oficina. Así, para ciertos textos ya estereotipados, existe una débil densidad de información (se mide mediante las técnicas de índice de segmentación empleadas en lingüística), mientras que otros, como las listas de cifras o anuncios clasificados, tienen una fuerte densidad de información.

– Entre la densidad de información y el número de fijaciones visuales existe una alta correlación (0,7 para miradas al texto y 0,83 para miradas a la pantalla), de tal manera que a mayor tasa de segmentación corresponde mayor número de miradas.

– Cuando existen códigos, la duración de las fijaciones visuales aumenta al elevarse el número de caracteres codificados. La familiaridad que tengamos con los códigos influirá positivamente.

– En tareas no verbales, como operaciones de centrado y evaluación de una situación partiendo de gran número de datos, las operaciones terminan con una pérdida de información muy grande.

– Si la información se presenta en cantidades pequeñas y en períodos largos de tiempo, se memoriza mucho mejor. La pérdida de información (peor memorización) se debe a mayor cantidad de información emitida por unidad de período de estudio y a la menor longitud de esos períodos.

– En tareas de localización de señales luminosas, al aumentar la velocidad de ejecución y la duración de la experiencia, aumentarán proporcionalmente la inclinación de cabeza, la contracción de los músculos de la nuca y el número de parpadeos. Así, en una tarea de ejecución de agujeros, a mayor tiempo de ejecución y velocidad en la tarea, mayores indicaciones de actividad de los músculos de la nuca (registros electromiográficos), o a mayor velocidad de ejecución corresponde un mayor número de parpadeos. Esto explica los trastornos visuales (escozor y cansancio visual) y los dolores posturales en algunos trabajos donde se obliga a una fijación visual prolongada, con las consecuentes cargas posturales (montajes electrónicos, pantallas de datos, etc.).

– Las interrupciones frecuentes, en trabajos donde se exige el uso de la memoria inmediata, favorecen la pronta aparición de la fatiga mental, ya que después de cada interrupción debe volver a reorganizar el proyecto de acción.

– Se dice que hay densidad de trabajo cuando, en general, se da un aumento de la cantidad de trabajo que se va a realizar en el mismo tiempo, o un aumento del número de operaciones que se realizan simultáneamente (cuando se da una reducción de personal o se concentran muchas tareas en una sola persona, cuando se aplican primas de producción o bien cuando se ha ajustado demasiado el ritmo de producción sobre todo para algunas personas, como trabajadores con menores aptitudes, discapacitados o trabajadores que envejecen).

Los factores que intervienen en la densidad de trabajo son el uso de la memoria inmediata y las microdecisiones, empeorando esta densidad la aparición de carga cognitiva, las largas secuencias de trabajo y las interrupciones.

Es imprescindible, en primer lugar, analizar el trabajo para detectar la existencia de densidad y, en estos casos, actuar, fundamentalmente con una orientación hacia la reducción de esa densidad, y, en todo caso, alternar trabajos de baja densidad o introducir frecuentes pausas, para que la sobrecarga cognitiva no llegue a alcanzar niveles demasiado elevados.

Antes de terminar con los resultados de las investigaciones, vamos a dedicar un apartado a las consideraciones sobre el envejecimiento, dada la importancia que tiene sobre el individuo la aplicación de estos conocimientos, resultado de los estudios e investigaciones.

Consideraciones sobre el envejecimiento

Durante el envejecimiento del individuo se va produciendo una disminución de ciertas facultades, que es necesario tener en cuenta para evitar sobrecargas innecesarias durante el trabajo.

De los diferentes fenómenos que van ligados al envejecimiento, solamente vamos a citar aquellos que de una u otra forma están relacionados con la carga mental.

Desde el mismo nacimiento comienzan una serie de fenómenos involutivos que nos acompañan toda la vida:

– Disminución del metabolismo basal.

– Reducción del número de neuronas y su actividad.

– Degradación continua de la agudeza auditiva de la amplitud de la acomodación visual y de la transparencia del cristalino.

– Aumento de los tiempos de reacción, sobre todo en las acciones más complejas.

– Degradación del sistema nervioso, con un 20 % de reducción de neuronas aproximadamente hasta los 60 años. Pero junto con la detención de la macrogénesis (producción de células) se da la microgénesis (modificación de neuronas y nuevas creaciones de redes de información), que es desarrollada mediante la experiencia, el aprendizaje y la formación; si esto

último se da suficientemente, la degradación del sistema nervioso por la pérdida de neuronas carece de importancia.

Es necesario especificar algunos fenómenos concretos que se dan por la importancia que puedan tener a la hora de la ejecución de las tareas, sobre todo si éstas son con apremio de tiempo o con cargas excesivas de trabajo:

- Reducción de la aptitud muscular y cardiovascular.
- Aumento progresivo de la presión arterial media.
- Reducción de la masa celular activa rica en potasio, con acrecentamiento del tejido adiposo y conjuntivo.
- Transformación del tipo de macrocélulas de la matriz intercelular, provocando la aparición y desarrollo de la artrosis (velocidades diferentes según personas).
- Para un mismo criterio hay diferentes resultados, en función del entrenamiento físico y mental, así como del tipo de vida que se lleve (sedentariedad, régimen alimenticio, alcohol, tabaco, etc.).

Cuando en el medio laboral se dan agresiones, el nivel de respuesta a las mismas se va reduciendo al avanzar en edad (menor tolerancia). Así se ha comprobado que:

- En cargas físicas moderadas las respuestas son iguales, pero en cargas fuertes se eleva más la frecuencia cardíaca y tarda más en normalizarse en el sujeto que envejece.
- Con la edad disminuye el consumo máximo de oxígeno y la frecuencia cardíaca máxima, lo que limita aún más la respuesta ante aumentos de carga física.
- Mayores riesgos con la edad, de trastornos ligados al deterioro de la vascularización (como infartos por esfuerzos).
- Dificultad de trabajar en ambientes calurosos, así como mantener su temperatura corporal en ambientes fríos.
- Dificultades de sueño si se los somete a horarios irregulares.

A una edad determinada, el estado físico y mental es una combinación entre el envejecimiento propio del organismo y los efectos de la vida social y profesional, pero las aptitudes físicas y psicológicas, que de forma general quedan disminuidas, dependerán mucho del nivel de exigencia determinada en las diferentes tareas, del hábito adquirido y del tipo de exigencia para cada momento de edad. En las diferentes investigaciones sobre el tema se han determinado, entre otras, las siguientes conclusiones:

- Conforme envejecen soportan peor las posturas difíciles.
- A partir de los 40-45 años se tolera muy mal el trabajo por turnos rotativos.
- Limitación creciente de la capacidad física con la edad. Se aconseja no alcanzar de forma habitual 1/3 de su capacidad de trabajo máxima.
- Aumento del tiempo de reacción simple (mayor si es compleja).
- Reducción de la cantidad de información que se trata en la unidad de tiempo. Así, tienen dificultades en la ejecución con éxito de una doble tarea.
- Cuando en el aprendizaje de nuevas tareas se deben adquirir estereotipos semejantes a los practicados durante mucho tiempo, o cuando las indicaciones son más simbólicas que prácticas, el trabajador que envejece disminuye sus aptitudes para ese aprendizaje.
- Conservación de las capacidades generales de aprendizaje.
- Conservación de la memoria a largo plazo y del vocabulario.
- Se conservan, sin alteración sensible, las habilidades manuales difíciles.
- Los diferentes aspectos de la inteligencia se degradan poco con la edad cuando han sido favorecidos en la juventud, sobre todo en los aspectos superiores de la inteligencia, como creatividad, juicios globales, etc.

Así, para los trabajadores que envejecen, se deberán tener presentes qué facultades se degradan y cuáles se conservan y se potencian, para conseguir que la ejecución de su trabajo sea satisfactoria y no estemos introduciendo sobrecargas adicionales innecesarias. Por ello, debería acondicionarse el trabajo o buscar las condiciones favorables para los trabajadores que van creciendo en edad, teniendo presentes los siguientes puntos fundamentales:

- Al cambiar de puesto, en general, pierde las ventajas de la conservación de la memoria a largo plazo, teniendo que hacer uso de la memoria a corto plazo y del aprendizaje, a menudo deteriorados.
- Dar mayores plazos para la formación de trabajadores que envejecen. Los éxitos finales serán los mismos que en los jóvenes si se emplea el método conveniente (evitar sistemas simbólicos y abstractos, así como partir de lo real para las construcciones lógicas).

último se da suficientemente, la degradación del sistema nervioso por la pérdida de neuronas carece de importancia.

Es necesario especificar algunos fenómenos concretos que se dan por la importancia que puedan tener a la hora de la ejecución de las tareas, sobre todo si éstas son con apremio de tiempo o con cargas excesivas de trabajo:

- Reducción de la aptitud muscular y cardiovascular.
- Aumento progresivo de la presión arterial media.
- Reducción de la masa celular activa rica en potasio, con acrecentamiento del tejido adiposo y conjuntivo.
- Transformación del tipo de macrocélulas de la matriz intercelular, provocando la aparición y desarrollo de la artrosis (velocidades diferentes según personas).
- Para un mismo criterio hay diferentes resultados, en función del entrenamiento físico y mental, así como del tipo de vida que se lleve (sedentariedad, régimen alimenticio, alcohol, tabaco, etc.).

Cuando en el medio laboral se dan agresiones, el nivel de respuesta a las mismas se va reduciendo al avanzar en edad (menor tolerancia). Así se ha comprobado que:

- En cargas físicas moderadas las respuestas son iguales, pero en cargas fuertes se eleva más la frecuencia cardíaca y tarda más en normalizarse en el sujeto que envejece.
- Con la edad disminuye el consumo máximo de oxígeno y la frecuencia cardíaca máxima, lo que limita aún más la respuesta ante aumentos de carga física.
- Mayores riesgos con la edad, de trastornos ligados al deterioro de la vascularización (como infartos por esfuerzos).
- Dificultad de trabajar en ambientes calurosos, así como mantener su temperatura corporal en ambientes fríos.
- Dificultades de sueño si se los somete a horarios irregulares.

A una edad determinada, el estado físico y mental es una combinación entre el envejecimiento propio del organismo y los efectos de la vida social y profesional, pero las aptitudes físicas y psicológicas, que de forma general quedan disminuidas, dependerán mucho del nivel de exigencia determinada en las diferentes tareas, del hábito adquirido y del tipo de exigencia para cada momento de edad. En las diferentes investigaciones sobre el tema se han determinado, entre otras, las siguientes conclusiones:

- Conforme envejecen soportan peor las posturas difíciles.
- A partir de los 40-45 años se tolera muy mal el trabajo por turnos rotativos.
- Limitación creciente de la capacidad física con la edad. Se aconseja no alcanzar de forma habitual 1/3 de su capacidad de trabajo máxima.
- Aumento del tiempo de reacción simple (mayor si es compleja).
- Reducción de la cantidad de información que se trata en la unidad de tiempo. Así, tienen dificultades en la ejecución con éxito de una doble tarea.
- Cuando en el aprendizaje de nuevas tareas se deben adquirir estereotipos semejantes a los practicados durante mucho tiempo, o cuando las indicaciones son más simbólicas que prácticas, el trabajador que envejece disminuye sus aptitudes para ese aprendizaje.
- Conservación de las capacidades generales de aprendizaje.
- Conservación de la memoria a largo plazo y del vocabulario.
- Se conservan, sin alteración sensible, las habilidades manuales difíciles.
- Los diferentes aspectos de la inteligencia se degradan poco con la edad cuando han sido favorecidos en la juventud, sobre todo en los aspectos superiores de la inteligencia, como creatividad, juicios globales, etc.

Así, para los trabajadores que envejecen, se deberán tener presentes qué facultades se degradan y cuáles se conservan y se potencian, para conseguir que la ejecución de su trabajo sea satisfactoria y no estemos introduciendo sobrecargas adicionales innecesarias. Por ello, debería acondicionarse el trabajo o buscar las condiciones favorables para los trabajadores que van creciendo en edad, teniendo presentes los siguientes puntos fundamentales:

- Al cambiar de puesto, en general, pierde las ventajas de la conservación de la memoria a largo plazo, teniendo que hacer uso de la memoria a corto plazo y del aprendizaje, a menudo deteriorados.
- Dar mayores plazos para la formación de trabajadores que envejecen. Los éxitos finales serán los mismos que en los jóvenes si se emplea el método conveniente (evitar sistemas simbólicos y abstractos, así como partir de lo real para las construcciones lógicas).

- Limitar los esfuerzos físicos y la exposición al calor. Dar períodos de aclimatación.
- Procurar que adopten posturas adecuadas y que no desequilibren la columna vertebral.
- Presentar las señales de forma visible y estructurada.
- Evitar la simbolización compleja e inútil, así como las exigencias de memoria inmediata.
- Evitar en lo posible las cadencias impuestas, los trabajos en cadena o con ritmo ligado a la máquina. En estos casos, si no es posible buscarles otro trabajo, se deberán evitar puestos intermedios de la cadena, siendo preferible que ocupen puestos al principio de la cadena (caso de productos voluminosos) o bien disponer de puestos individuales (caso de productos con poco volumen).
- Disponer de aprendizajes largos en caso de cambiar de puesto de trabajo, al tiempo que se utilizan las técnicas intelectuales y materiales más adecuados, para facilitar la mejor comprensión.

Consideraciones objetivas para mejorar la percepción de señales

Si nos centramos en la recepción y percepción de señales, diremos que para una adecuada percepción es necesario, primero, que se mantenga un estado de vigilia con intensidad suficiente para recibir y descodificar las señales, segundo, que se realice una atención selectiva o actividad operacional en su compromiso de detección de señales.

Mantenimiento del estado de vigilia

Se han realizado estudios para ver las fluctuaciones en diferentes tareas (simples y complejas), centrándose principalmente en las variaciones de la atención. Resumiendo, podemos indicar que, entre los factores que influyen en las variaciones de la atención o vigilancia, se encuentran:

Según la naturaleza de las señales:

- Las características de los estímulos que aumentan la vigilancia son: intensidad, novedad y significación.
- Hay un descenso de vigilancia si las señales son auditivas respecto a las visuales.
- Si las señales auditivas doblan las señales visuales, se mejora la vigilancia.

- Si se sitúan las señales en el centro del campo de visión, son mejor percibidas y se mantiene una mejor vigilancia que si se sitúan periféricamente.
- Si la llegada de las señales se hace imprevisible, desciende la vigilancia.

Según los modos de acción en la tarea:

- En las tareas de vigilancia monótona, se da un descenso importante de vigilancia y una bajada en la actividad pasada la primera media hora. Conforme se prolonga la actividad se acusará más el descenso, en función de que las señales sean menores en número, bajen en intensidad y sean más irregulares.
- Si el trabajador tiene conocimiento sobre los resultados de su acción ante las señales detectadas u omitidas, los descensos en la atención y actividad se atenúan y pueden llegar a desaparecer.
- Si se dan pausas, aunque sean breves, o se introducen variaciones capaces de romper la monotonía en el trabajo, se aumenta el mantenimiento de la vigilancia.
- Si se introduce una actividad motriz, al tiempo que la vigilancia de señales, se aumenta en general el nivel de vigilancia, pero puede haber interferencias si el trabajo adicional exige un nivel de atención excesivo.

Según el estado fisiológico del sujeto:

- Durante la jornada laboral se dan variaciones en la vigilancia de forma más o menos periódica, dependiendo de la calidad y cantidad del sueño anterior.
- El nivel de vigilancia suele depender de ciertos momentos clave:
  - Es menor antes del adormecimiento y justo después de despertar.
  - Es máximo a las tres y diez horas de haber despertado.
  - Es más fácil mantenerlo durante la mañana que después de comer.
  - Parece tener una alta correlación con los ritmos nictamerales de las funciones vegetativas y con las variaciones de la temperatura central del cuerpo.

Según el medio ambiente:

- Los estímulos claramente supraliminares influyen positivamente en la vigilancia (elevación y mantenimiento).
- Los ruidos dan resultados complejos, siendo estimuladores al principio, pero muy pronto aparece un efecto inhibidor. Un papel muy importante juega el significado que dicho ruido tiene.

- Si la temperatura ambiente está por encima de los valores considerados confortables, se dará un descenso de la vigilancia.
- Puede ocurrir que factores ambientales por separado no influyan en la vigilancia, pero si se interaccionan varios pueden influir negativamente.
- Con la presencia de otras personas, aunque estén inactivas y calladas, se aumenta la vigilancia, pero no se impide el adormecimiento de otros comportamientos.

Los factores estudiados (su conocimiento y aplicación) son particularmente importantes en trabajos donde el adormecimiento comporte un riesgo elevado, como en las tareas de supervisión, de vigilancia de señales en un panel o de conducción de vehículos. Sobre esta última tarea se han realizado numerosas investigaciones y se ha llegado a importantes conclusiones, como la disminución del nivel de vigilancia al alargar la conducción en situación monótona, la influencia positiva de las pausas, la aparición de ráfagas de ondas lentas en el EEG (períodos cortos de micro sueños) como indicadores de tendencia al adormecimiento antes de darse manifestaciones en la conducción, etc. De ahí la aparición de legislación para limitar, en los conductores de autobuses y camiones, el tiempo de conducción permanente, estableciendo períodos de descanso en rutas prolongadas.

Atención selectiva

Remarcamos la importancia de la atención en todos los procesos cognitivos, que tiene sus inicios en la toma de información y dependerá de factores como las actitudes previas del sujeto, la información sobre el momento de llegada de la señal y su naturaleza, la velocidad de percepción de la señal (tiempo de reacción), la precisión de la percepción en riqueza y fiabilidad, cantidad de fuentes que se tratan simultáneamente, etc. Así, si queremos evaluar el nivel de esfuerzo requerido por una tarea o sus exigencias, un aspecto importantísimo que se debe considerar es el grado de atención requerido.

Los estudios sobre la atención se han dirigido fundamentalmente a tareas de vigilancia en situación monótona y con baja estimulación sensorial, habiéndose estudiado las situaciones siguientes:

- Señales de baja intensidad y cercanas al umbral de percepción.
- El trabajador desconoce el momento de aparición de la señal y/o su localización en el campo visual.

- Eventualmente se mezclan señales no pertinentes con pertinentes. Es poco elevado el contraste figura-fondo.
- Los trabajadores no pueden modificar la aparición de las señales, sus características o su probabilidad.
- Los trabajadores no conocen sus resultados o sus errores.
- Largos períodos de trabajo donde las señales que hay que detectar son raras y con distribución desigual en el espacio y el tiempo.

En las anteriores situaciones de estudio se establecieron los siguientes criterios para la medición del rendimiento:

- Detecciones correctas.
- Falsas detecciones u omisiones.
- Umbral de detección.
- Duración de la detección.
- Fijaciones oculares (localización y duración).

De los resultados de estas investigaciones se ha concluido:

Si el trabajador desconoce el punto de localización de las señales:

- En la exploración del campo visual está privilegiada la parte superior y la parte izquierda, estando casi la mitad de las fijaciones oculares centradas en el cuadrante superior izquierdo.
- El centro se explora mejor disminuyendo la frecuencia de detección en función de la distancia «centro del campo-posición central».
- Cuando el trabajador aprende el reparto de aparición de las frecuencias de las señales, esas zonas son mejor exploradas.
- Las preferencias de exploración son izquierda-derecha y arriba-abajo, teniendo esto una posible relación con los hábitos de lectura.
- Si existe «ruido» de fondo, la duración de la detección de la señal aumenta conforme aumenta aquél, es decir, la dificultad de detección influye en la exploración de la señal.
- El tiempo de detección disminuye en función de la diferenciación de las variables de las señales pertinentes y no pertinentes.
- Las dimensiones estimulares tienen diferente poder discriminatorio, siendo mayor en el color y menor en la forma, estando el tamaño en una posición intermedia.
- Una buena estructuración del fondo permite una mejor exploración, dando como resultado mayor precisión.

Si el trabajador desconoce cuándo va a aparecer la señal:

- La frecuencia de detección aumenta en una cantidad equivalente al logaritmo de la frecuencia media de aparición de la señal.
- Al aumentar la dispersión en el tiempo de las señales, disminuye la frecuencia de detección.
- Si los intervalos de aparición de señales son regulares, la frecuencia de detección aumenta en un valor equivalente al logaritmo del intervalo entre señales. El efecto desaparece cuando los intervalos son irregulares.
- Después de media hora de vigilancia aparece un descenso de rendimiento. Al prolongarse la tarea, el descenso del rendimiento crece cuando la intensidad de la señal es pequeña, la duración de la señal es breve y su posibilidad de detección es baja.
- Cuando el trabajador conoce los resultados después de cada señal, desaparecen los efectos de bajo rendimiento antes comentados, al tiempo que la duración del aprendizaje se reduce.
- El descenso del rendimiento se detiene al introducir pausas en el trabajo, aunque sean cortas.
- El hecho de aparecer señales no pertinentes no influye, en general, en el rendimiento. Dependerá de las características de las señales pertinentes y no pertinentes y del tipo de modalidad sensorial. El mayor efecto positivo se obtiene cuando se combinan señales de diferentes categorías, debido a la redundancia informativa.

Recomendaciones en la práctica laboral

Así, a la vista de los resultados experimentales, se pueden sugerir algunas recomendaciones para la práctica laboral:

- Las señales deben tener una intensidad ampliamente superior a los umbrales de sensación.
- Se aconsejan codificaciones multidimensionales redundantes.
- Los descansos tienen un efecto beneficioso. Conforme aumenten las experiencias perceptivas los descansos deben ser más frecuentes.
- Informar al trabajador sobre los resultados de su trabajo tiene un efecto positivo, sobre todo durante los períodos de aprendizaje.
- Durante los períodos de aprendizaje se enseñará cuál es la estrategia óptima de inspección de campo, los criterios de elección y toma de decisiones. Es importante para poder obtener los rendimientos adecuados.

- Para mejorar la exploración y guiarla, se aconseja estructurar el campo perceptivo, debiendo ser, sobre todo, dependiente de las características de la tarea y elegirse después de analizar detenidamente el trabajo real y sus objetivos.

La importancia de la presentación de la información

La forma en que presentemos la información tiene muchísima importancia para conseguir captarla sin errores y poder responder en el tiempo previsto y con los criterios establecidos, habiendo tenido la psicología de la percepción aportaciones de considerable valor.

Algunas consideraciones sobre display

Entramos así de lleno en el amplio e interesante mundo de los *display* (una forma de presentar la información), aunque existe amplia y muy precisa literatura sobre este tema, no obstante, haremos aquí un intento de dar algunas pautas que consideremos de interés.

No toda la información del medio laboral puede ser captada directamente y sin problemas por el trabajador, siendo necesario, a veces, recurrir a los *display* para transformar la información y ofrecerla de tal forma que sea mucho más fácil su recepción. Las situaciones más típicas donde hace falta recurrir a *display* son:

- Señales con valores mínimos (poco intensos, muy pequeños, muy lejos...) que necesitan ser amplificadas para su mejor recepción.
- Señales excesivamente grandes para su adecuada recepción y que necesitan ser reducidas (uso de mapas).
- Señales dentro de grandes ruidos perturbadores que necesitan ser amplificadas o filtradas.
- Señales fuera de los límites de la percepción humana que deben convertirse en otro tipo de energía y otra forma que permita su captación (ej.: televisión y radio).
- Cuando ciertas señales, como la temperatura, sonidos, pesos, etc., necesitan ser captadas con una precisión mayor de la que es capaz el ser humano.
- Señales que se pueden captar de una forma más clara si se transforman en otro tipo, con la misma o diferente modalidad sensorial (ej.: gráficos, alarmas, etc.).

- Señales que necesitan ser usadas en el futuro y se deben almacenar (ej.: grabaciones, fotografías, etc.).

Así, los *display* presentan información que puede ser de diferentes tipos:

- Cuantitativa, reflejando valores de cantidad (presión, temperatura, etc.).
- Cualitativa, reflejando valores aproximados (tendencias, dirección de cambio, etc.).
- De estado, reflejando la condición o estado de un sistema (parada-marcha, ocupado-libre, etc.).
- De alarma y señal, indicando condiciones de inseguridad (emergencia) o presencia-ausencia de un objeto o condición (señales de peligro, balizas, etc.).
- De identificación, indicando situaciones determinadas, generalmente mediante códigos (detección de situación peligrosa, colores en tuberías, etc.).
- Alfabético-numérica y simbólica, dando valores de información verbal, numérica o codificada en diversas formas (etiquetas, señales, instrucciones, carteles, etc.).
- Figurativas, representando en forma gráfica o pictórica configuraciones de objetos, áreas u otros (cine, electrocardiograma, gráficos, etc.).
- De fase, representando señales pulsadas o de fase (intermitencia de luces, morse, etc.).

Conclusiones más importantes de los estudios sobre display

A continuación exponemos las conclusiones más importantes de los estudios sobre *display:*

1. La naturaleza de la tarea servirá de criterio para la forma de presentar la información. Por ejemplo, no es lo mismo que prime la rapidez o la precisión, siendo inútil adecuar un dispositivo que optimice la velocidad en la captura de información si el trabajador dispone de tiempo más que suficiente.

2. Si se presenta demasiada información en una unidad de tiempo, la información que no pueda tratar o procesar (la capacidad de procesamiento es limitada) tendrá el papel de «ruido» perturbador, aumentando así la carga mental. Por ejemplo, si el tiempo de ejecución es muy corto, la información presentada en una esfera (relojes) no debe ser mediante demasiadas divisiones o muy finas (no son bien apreciadas y se convierten en «ruido» perturbador), ni tampoco demasiado pocas o muy anchas (debe hacer interpolaciones para decidir sobre la información que se le presenta). Así, según cada caso particular, se empleará el *display* adecuado en tamaño, graduación, formas, caracteres, etc.

3. También puede haber una correspondencia en rapidez y precisión entre los dispositivos de señalización y los dispositivos de mando y maniobra, así como entre la lógica seguida por el trabajador al utilizarlos y su capacidad de respuesta.

La eficacia del ser humano para transmitir información será función del tipo de ésta y de la respuesta exigida (responder verbalmente puede hacerlo a un ritmo de 7,9 BIT por segundo, mientras que con una respuesta motora, como pulsar una tecla se reduce a 2,8 BIT por segundo), habiendo sido calculado por Singleton que su valor máximo es del orden de 10 BIT por segundo.

4. Siempre cabe cierta elección en las características de la información que se va a presentar y en el tipo de *display* que se va a utilizar. En la codificación estimular, puede elegirse la modalidad sensorial (visual o auditiva) o la dimensión del estímulo (color, forma...). En cuanto a la modalidad sensorial que se va a elegir en un momento determinado, podemos servirnos, a modo de una simple guía del Cuadro A.

Cuadro A

Tipo de *display* más apropiado según la situación donde se reciba la información	
***Display* visual**	***Display* auditivo**
– Se presenta la información en un ambiente ruidoso – El mensaje es largo y complicado – El mensaje debe volverse a consultar – El sistema auditivo se sobrecarga – El mensaje no requiere una respuesta inmediata	– El mensaje requiere una respuesta inmediata – El sistema visual queda sobrecargado – Se necesita presentar la información independientemente de la posición de la cabeza del operario – La visión es limitada

5. Aunque es muy difícil generalizar sobre el empleo de los códigos, por ser un área muy compleja, podemos indicar que se debe tener en cuenta lo siguiente:

– El estímulo debe ser detectable o captado por el mecanismo sensorial. Debe estar por encima del umbral de sensación.

– Los símbolos del código deben ser, además de detectables, discriminados de otros símbolos del código. Cuando se deben establecer diferencias en una determinada dimensión del estímulo han de tenerse en cuenta las diferencias de discriminabilidad según el tipo de dimensión (brillo, tamaño, frecuencia, intensidad...) y si se hace en base absoluta o relativa[3].

– Los códigos deben ser compatibles con las respuestas y expectativas humanas, de tal forma que requieran un mínimo de transformación de la información (codificación-decodificación). Por tanto, si existen asociaciones en el repertorio humano (instintivas o aprendidas) se deben aprovechar (ej.: el color rojo siempre significa peligro, por lo que sería un error grave cambiar su significado en una situación determinada, ya que obligaría a volver a codificar).

– El significado del código debe ser evidente y manifiesto, es decir, corresponder simbólicamente con lo que representa, así como estar estandarizado para facilitar su uso.

6. Debe haber una correspondencia entre las diferentes capacidades visuales y el diseño y colocación de los *display*.

7. La presentación de la información debe estar organizada (número de estímulos, tipo de estímulos...) de tal manera que no rebase la capacidad humana de los procesos perceptivos y de mediación. Así, se deberá tener en cuenta tanto la variedad de estímulos que hay que atender en tipo y número (carga) como el número de estímulos en la unidad de tiempo o el tiempo de que se dispone para cada estímulo (velocidad).

En una investigación realizada por Mackworth se comprobó que los errores aumentan con la carga, tanto para velocidades rápidas como para velocidades lentas, aunque es mayor para las primeras. La Figura 8 muestra los resultados del experimento.

Los estudios de R. Conrad demuestran que el producto aritmético de la carga y la velocidad dará como resultado una relación lineal con el funcionamiento, de forma que a mayor producto corresponde mayor número de omisiones en una labor de detección.

[3] Base absoluta: en los juicios no se tiene oportunidad de comparar entre sí dos o más estímulos o sus dimensiones.

Base relativa: se da la oportunidad de comparar dos o más estímulos o sus dimensiones.

Ejemplo: comparar el tono de color de piezas de control de calidad puede hacerse reteniendo el color referente en memoria (base absoluta) o teniendo al lado la pieza referente para poder comparar (base relativa).

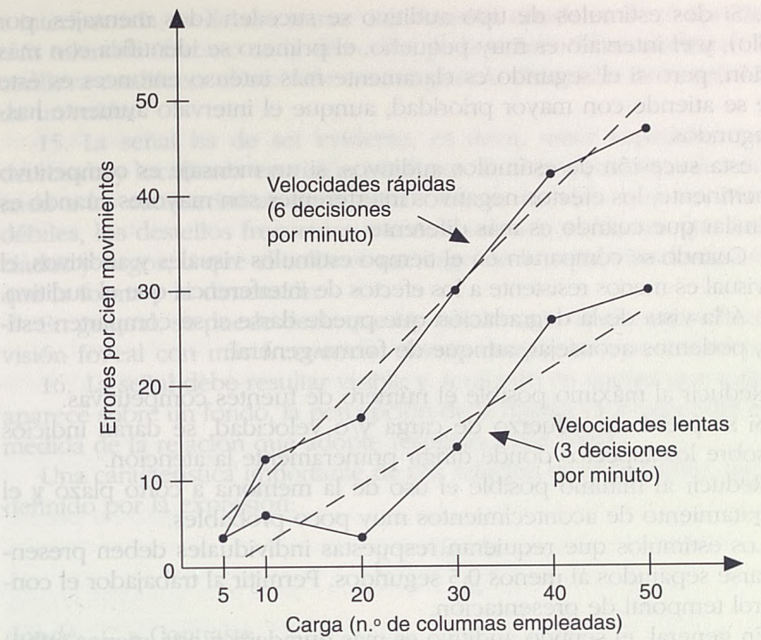


Figura 8. Efecto de la carga sobre los errores cometidos (fuente: Mackworth y Mackworth).

8. Si los estímulos se presentan brevemente y en intervalos muy cortos, puede darse un esfuerzo de velocidad y carga, por lo que es posible la presentación de fallos perceptivos, de tal manera que se dé un fallo en la respuesta, se retrase o se afecte. Como ya hemos indicado en otro momento, se ha establecido que si el intervalo entre estímulos es menor de 0,5 segundos es muy probable que los estímulos se confundan en uno solo. Pero si se permite que el trabajador tenga algún control de marcar estas señales, tiende a mejorar su funcionamiento.

9. Cuando en el trabajo se dan dos o más situaciones donde compartir o distribuir la atención, si las demandas llegan al límite del trabajador, puede darse un esfuerzo de carga y/o velocidad.

Podría decirse que sólo se puede prestar atención a un aspecto de la situación (considerando que requiere toda la intensidad atencional), por lo que si debe atender a dos o más funciones de forma simultánea, en realidad lo que hace es ir cambiando la atención de uno a otro aspecto, a veces tan rápidamente que deja de ser consciente.

10. Si dos estímulos de tipo auditivo se suceden (dos mensajes, por ejemplo), y el intervalo es muy pequeño, el primero se identifica con más precisión, pero si el segundo es claramente más intenso entonces es éste el que se atiende con mayor prioridad, aunque el intervalo aumente hasta 2 segundos.

En esta sucesión de estímulos auditivos, si un mensaje es competitivo y no pertinente, los efectos negativos interferentes son mayores cuando es más similar que cuando es más diferente.

11. Cuando se comparten en el tiempo estímulos visuales y auditivos, el canal visual es menos resistente a los efectos de interferencia que el auditivo.

12. A la vista de la degradación que puede darse si se comparten estímulos, podemos aconsejar, aunque de forma general:

- Reducir al máximo posible el número de fuentes competitivas.
- Si se prevé un esfuerzo de carga y/o velocidad, se darán indicios sobre los aspectos donde dirigir primeramente la atención.
- Reducir al mínimo posible el uso de la memoria a corto plazo y el tratamiento de acontecimientos muy poco probables.
- Los estímulos que requieran respuestas individuales deben presentarse separados al menos 0,5 segundos. Permitir al trabajador el control temporal de presentación.
- En general, el sentido auditivo es más duradero y está menos influido por otros estímulos, lo que se tendrá en cuenta en aquellas situaciones donde exista competición en los estímulos perceptivos y sea posible la elección de la modalidad sensorial.
- Para aumentar la posibilidad de recepción de la señal, se puede recurrir a algún medio que dirija la atención a fuentes o aspectos más importantes y pertinentes.
- Si deben compartirse en el tiempo dos o más estímulos auditivos, se deben programar para que no ocurran simultáneamente y separar mensajes pertinentes de los impertinentes. Esto puede permitir filtrar los mensajes impertinentes y, si esto no fuera posible, hacer más diferentes los pertinentes.
- En tareas manuales repetitivas, divididas en tiempos y con estímulos sensoriales no relacionados, el mayor aprendizaje de la tarea manual hará que ésta influya menos en la recepción del estímulo.

13. La representación simultánea de la misma información mediante sentidos diferentes, como el oído y la vista (codificación redundante), aumentará la posibilidad de ser recepcionada la información.

14. Si la señal que se va a transmitir se combina con «ruido», dicha señal se debe resaltar claramente. Si no se puede evitar una superposición

e interferencia, se deberá tomar una decisión donde se dé el tipo de error más tolerable (fracaso en la detección de la señal o falsas alarmas)[4], lo que conlleva establecer el nivel de criterio para la detección de la señal dentro de un ruido.

15. La señal ha de ser evidente, es decir, tener capacidad para ser detectada y localizada en visión periférica. Esta evidencia queda condicionada a las características de la señal. Así, se ha visto que, en contrastes débiles, los destellos frecuentes y cortos son más evidentes que los espaciados y largos, o que el color es un rasgo de la señal visual más evidente que la forma y la dimensión.

En general, se puede decir que las señales más evidentes se llevan a la visión foveal con más frecuencia, siendo detectadas con mayor rapidez.

16. La señal debe resultar visible y, teniendo en cuenta que toda señal aparece sobre un fondo, la percepción de la misma va a depender en gran medida de la relación que adopte respecto a ese fondo.

Una característica importante de esa relación es el contraste, que viene definido por la expresión:

$$C = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$$

donde: C = Contraste
L_1 = Luminancia de la figura
L_2 = Luminancia del fondo

El contraste será mejor percibido al mejorar la iluminación.

17. Otra característica importante se refiere a la captación de la posición de un índice o aguja sobre una escala con diferentes formas, habiéndose observado que para conseguir lecturas rápidas y precisas influyen tanto el número como el espaciamiento de las señales.

18. También es importante considerar la legibilidad de la señal. Si hay dificultades en las condiciones de lectura (insuficiente iluminación, insuficiente contraste, distancia de lectura próxima al umbral, exigencia de tiempo, etc.), se puede hacer muy lenta y hasta penosa la lectura.

Se han estudiado otros aspectos también importantes para la legibilidad de la señal, como la relación altura-anchura del carácter que resulte óptimo para la lectura en función de las distancias consideradas, o aspectos de materiales simbólicos (cuadros, mapas, tablas numéricas, etc.), o bien otros como discriminación táctil (especialmente, para distinción de mandos en la manipulación sin mirar).

---

[4] Ver Lindsay y Norman, *Procesamiento de información humana*, Tecnos.

Para profundizar en este tema se puede recurrir a manuales sobre *display,* donde se dan datos de forma muy exhaustiva y con todo género de detalles, en relación con las condiciones más favorables para la mejor percepción de la señal.

19. Importancia de la detección de la señal para el proceso de decisión. Existen determinados trabajos donde las señales críticas son difíciles de diferenciar del fondo, o señales no críticas. Nos referimos a trabajos del tipo control de calidad sobre aspectos del producto, donde se han de detectar pequeñas rayaduras, impurezas, defectos de soldadura, tonos de color, etc.

Aquí se puede aplicar la teoría de la decisión estadística[5] (teoría de detección de señales), donde si al trabajador se le pide que detecte, en caso de artículos con un solo defecto posible, pueden aparecer dos tipos de errores:

- Error tipo 1 (e_1): rechazar un artículo bueno por creer percibir el defecto donde no lo hay o donde es aceptable.
- Error tipo 2 (e_2): aceptar un artículo que es malo porque no percibe el defecto o lo considera aceptable.

La teoría prescribe que cuando al trabajador se le pide que evite un tipo de error, aumentará la frecuencia del otro, dándose un mecanismo de respuesta (aceptación o rechazo), donde se distinguen dos componentes:

a) discriminabilidad de la señal que hay que detectar.

b) criterio de decisión adoptado (afinar más o menos, o aceptar más o menos artículos con defecto).

De esta manera, según sea el criterio adoptado (más o menos severo), aparecerán variaciones en cuanto a la frecuencia de uno u otro error.

En la elección del criterio influirán de forma decisiva las consecuencias que deriven de los resultados (aparición de uno u otro error y los incentivos conectados), las probabilidades *a priori* que tenga el trabajador y sus objetivos. Así, para un determinado objetivo, dará una regla de decisión y un valor óptimo del criterio.

Bennett señala cuáles pueden ser las consecuencias de los posibles errores (e_1 y e_2) si éstos no se tienen en cuenta, indicando que es necesario dar a los trabajadores consignas claras que señalen muy bien la importancia que se debe conceder a los errores. Es muy explícito al señalar la vanidad de las consignas del tipo «evitar todos los tipos de errores», que figuran en determinadas empresas.

[5] Para mayor información, estudiar la teoría de detección de señales.

Para evitar las desviaciones de la norma, que suelen ser frecuentes, es conveniente realizar «calibrados» de forma regular, consistentes en dar al trabajador, para que los inspeccione, grupos de productos previamente clasificados por expertos.

20. Relación entre la incertidumbre espacial y la experiencia perceptiva. En determinadas tareas, las informaciones pueden aparecer en determinados lugares y, a veces, estar fuera de su normal campo de visión (ej.: productos muy voluminosos o cuadros de control muy grandes), no pudiendo recibir al tiempo las diferentes informaciones que le puedan llegar. Aquí, se ve obligado a realizar una exploración basada en fijaciones sucesivas.

La forma de exploración dependerá de factores diferentes: características del campo visual, ley de aparición de las señales informativas, objetivo de la tarea y características del trabajador. También existen factores que pueden influir, en mayor o menor medida, en la exploración, siendo los más importantes los siguientes:

a) Estructuración del campo, introduciendo marcas de referencia que orienten la exploración. Para alcanzar la máxima eficacia, la estructuración del campo de observación debe ser acorde con el tipo de exploración que se ha de realizar.

b) Visibilidad y discriminabilidad de las señales, para conseguir mayor facilidad y rapidez de exploración.

La probabilidad de detectar una señal en un campo viene determinada por:

$$P = e^{-t_1/t_2}$$

donde: t_1 = tiempo dedicado a la exploración
t_2 = tiempo medio calculado para detectar la señal (dificultad discriminativa)

Se desprende que, con el tiempo, decrece la probabilidad marginal de detectar la señal.

Para Drury, que combinó esta expresión de probabilidad de detección con el modelo de detección de señales, en toda inspección puede comprobarse que al crecer el tiempo de exploración disminuye la probabilidad de aceptar un producto que es bueno y aumenta la probabilidad de rechazo de un producto que es malo.

c) Reducir la incertidumbre mediante un mayor conocimiento sobre la tarea, en relación con aspectos como constatación de regularidades en la aparición de defectos, incidentes típicos esperados en las diferentes etapas de transformación del producto, conocimiento de incidentes anteriores y mayor probabilidad de aparición de ciertos defectos.

21. Aumento de la certidumbre espacial y temporal en la llegada de la información que se va a percibir, es decir, tener anticipación sobre dónde y en qué momento aparecerán las señales informativas.

Cuando la señal es visual y muy corta en duración, la incertidumbre puede ocasionar la total ausencia de percepción si coincide la señal con la orientación de su mirada en otra dirección. El trabajador, ante la falta de certidumbre, responde aumentando el número de exploraciones a las diferentes fuentes informativas (aumento de la carga mental). El tiempo medio entre observaciones sucesivas será más corto:

- Conforme aumente la frecuencia de presencia de anomalías.
- Conforme se hacen más graves las consecuencias de un retraso u olvido en la percepción.
- Conforme las indicaciones se acercan con rapidez al límite de un funcionamiento normal.
- Conforme se reduce la zona de tolerancia de funcionamiento normal.
- Conforme las señales son más breves y menos persistentes.
- Conforme se reduce el número de dispositivos que están bajo su control.

La carga de trabajo puede evaluarse con el conocimiento de los diferentes factores de incertidumbre y sus consecuentes formas de exploración, lo que ayudará en la concepción de los dispositivos y en la consecución de un equilibrio en las exigencias de las tareas.

22. Aumento del acoplamiento entre las respuestas y las exigencias perceptivas. Las percepciones no son independientes, sino que están orientadas según el tipo de respuestas que se van a ejecutar y éstas se organizan, a su vez, en función de las percepciones.

El avance en el aprendizaje de las tareas va cambiando la forma de control perceptivo, desde los de tipo visual a los propioceptivos. Los operarios muy experimentados disponen de actividades totalmente automatizadas.

Debe tenderse al máximo acoplamiento entre los dispositivos de señalización y los de respuesta, teniendo en cuenta los estereotipos[6] de la población trabajadora e integrándolos en la organización y diseño de los equipos.

[6] «Estereotipo» es la tendencia que tiene una población de asociar una determinada señal con un significado, como el color rojo con el peligro o un giro en el sentido de las agujas del reloj con el desplazamiento de izquierda a derecha.

Con este acoplamiento se conseguirá:

- Mejor y más rápido aprendizaje por aprovechar un esquema ya establecido.
- Menor sensibilidad a la rapidez en la tarea o a la interferencia de otras.
- Mayor seguridad, sobre todo en las situaciones de urgencia. Una formación sólo puede paliar una falta de acoplamiento, ya que en situación de urgencia se irá siempre hacia el estereotipo, que está en contra de lo aprendido y funciona en situación normal.

23. Evitar al máximo la ambigüedad en la presentación de la información. Pavlov, un eminente fisiólogo ruso, demostró la relación existente entre la ambigüedad de la información y la presentación de signos neuróticos. En un experimento (ya clásico) con perros, presentaba alternativamente una señal ligada al placer (recibe alimentos) y otra señal ligada al dolor (recibe *shock* eléctrico). Estas señales las fue haciendo cada vez menos diferentes hasta resultar muy difíciles de distinguir. En esos momentos empezaban a presentarse perturbaciones neuróticas, como agresividad o sueño, y si esto se prolongaba aparecían, en algunos, alteraciones psicosomáticas (úlceras en tubo digestivo).

La ambigüedad en la información recibida y ante la que se deben tomar decisiones y dar respuestas es, por desgracia, bastante frecuente en los trabajos industriales y en la empresa en general. Un ejemplo lo tenemos en las cadenas de control de calidad, donde se tienen que rechazar piezas según un determinado criterio de aceptación-rechazo. En muchos momentos, la diferencia entre el criterio (pieza-criterio) y la pieza observada es tan difícil de detectar que aparece la ansiedad al no saber qué decisión tomar. Hay que tener en cuenta que la capacidad humana de discriminación es muy pequeña (del orden de 7 a 15) cuando se hace sobre base absoluta (imagen mental de la pieza de referencia, por no tenerla presente) y muy grande (del orden de millones) cuando se hace sobre base relativa (hay imagen real de la pieza de referencia, por estar presente), al poder comparar pieza con pieza en cada ocasión. Así pues, deducimos que este problema frecuente se podría solucionar con el simple hecho de disponer de forma permanente de la pieza de referencia, de manera que pueda ser comparada en todo momento requerido.

Semiótica y su organización

Es muy interesante el estudio de la semiótica y su organización. La actividad semiótica se ejerce sobre signos, objetos o entidades, siendo el primero el «significante» (expresión del signo) y el segundo el «significado»

(contenido del signo). Un código se define al aplicar un conjunto de significantes sobre sus significados. Un sistema semiótico comprende un conjunto de significantes y significados junto con la aplicación del código que los vincula.

La función esencial de un sistema semiótico es la comunicación, y el signo es quien la asegura. Este signo lo modela el ser humano para conseguir un determinado comportamiento o acción en el trabajo, y lo puede emitir de forma directa (gesto, palabra, etc.) o vehiculizarlo en soportes (escritura, esquemas, dibujos, etc.).

Se hace imprescindible un estudio profundo de los sistemas semióticos, si se quiere llegar a conocer la elaboración, interiorización y empleo de los códigos, que dará como resultado una actividad con formas diferentes según cada individuo y cada momento. Conocer cuáles son los determinantes de esa actividad puede ayudar a orientar las acciones ergonómicas sobre los sistemas. Debido a su complejidad y extensión no nos ocuparemos ahora de este tema, pero dirigimos al lector interesado a textos apropiados, donde poder estudiarlo con la profundidad que requiere.

Evaluación de la carga mental

Para la medición de la carga de trabajo con predominio físico, han sido superadas las dificultades y se han puesto a punto métodos de evaluación muy satisfactorios, como el consumo energético, cambios en la frecuencia respiratoria y cardíaca, modificaciones cardiovasculares (electromiografías) y diversos indicadores químicos y psicosensoriales.

Sin embargo, no podemos decir lo mismo para la medición de la CM, donde todavía se siguen presentando dificultades, a pesar de los enormes avances en la investigación.

La mayor parte de la investigación está basada en el concepto de la capacidad limitada en el tratamiento de la información, teniendo como marco la teoría de la información, que considera al ser humano como un canal único de transmisión de información con una capacidad limitada para tratar una cierta cantidad de información presentada en la unidad de tiempo. Si la cantidad de información presentada es inferior a su capacidad puede tratarla sin problemas, pero si es superior el tratamiento no lo podrá hacer y aparecen errores y omisiones.

Si esa capacidad se evalúa en unidades de la teoría de la información, resulta estar alrededor de 3 BIT por segundo, que equivale a una discriminación media de unas 7 señales por segundo (señales unidimensionales), aunque, como ya dijimos, varía mucho de una situación a otra y según el tipo de señal, habiendo también importantes diferencias individuales; por lo tanto, es muy difícil y comprometido tratar de definir la capacidad de tratamiento con un valor único.

La teoría del canal único no indica que solamente pueda estar ocupado en una única actividad, sino que puede estar en diversas actividades en alternativas muy rápidas. Así, podrá efectuar elecciones sucesivas no rutinarias, pero no le es posible efectuar simultáneamente más de un determinado número de elecciones conscientes, de tal manera que, si sobrecargamos el sistema nervioso central, se dará un deterioro en la tarea.

Pero si nos apoyamos en la teoría del canal único, sólo podremos explicar la fatiga por una sobrecarga (por recibir el cerebro un número excesivo de señales informativas que tiene que tratar), no considerando aquellas situaciones donde el número de señales es muy bajo. En esta situación se debe realizar un sobreesfuerzo para mantener su estado de vigilia, lo que puede llegar a producir fatiga, además del ya mencionado empobrecimiento intelectual por la escasa o la falta de utilización de las estructuras superiores de la inteligencia (pensamiento abstracto), lo que se debe no tanto al bajo número de señales que se tratan como a la poca calidad o características de la información, siendo esto común a los trabajos simples y repetitivos, donde está muy reducido el número de variaciones a las que se enfrenta. Esta situación conviene tenerla siempre presente.

En el intento de evaluar la CM han sido planteados diversos procedimientos, con diferentes niveles de aplicabilidad en situaciones reales de trabajo, en función de diferencias de validez[7], especificidad[8] y aceptabilidad[9]. Estos indicadores nos van a determinar, de alguna manera, la calidad de la técnica que vamos a emplear.

Las técnicas de evaluación que se utilizan para la CM pueden clasificarse en:

1. Indicadores fisiológicos.
2. Estimación subjetiva de los sujetos (cuestionarios).
3. Método de la doble tarea.
4. Análisis de las variaciones del comportamiento operativo.

---

[7] Validez: debe medir solamente la carga mental; es decir, permitir la apreciación de los diferentes niveles de carga, variando su índice con las variaciones de la misma.

[8] Especificidad: su índice de medición debe ser poco sensible a otras fuentes diferentes a la carga mental.

[9] Aceptabilidad: está relacionada con la interferencia que la medición pueda provocar en la tarea, molestias e incomodidad causadas al trabajador, así como con el coste que su aplicación acarrea.

Indicadores fisiológicos

Entre los indicadores fisiológicos de la CM que, de alguna manera, pueden tener interés se encuentran:

Frecuencia cardíaca (FC)

Es una técnica de fácil aplicación, poco costosa y bien aceptada por el trabajador.

En tareas mentales de larga duración se suele observar una disminución progresiva de la FC, lo que se interpreta como una bajada en el nivel de activación, que es un signo de aparición de la fatiga. Pero su especificidad es muy baja porque la FC depende también de otros factores, como la actividad muscular, la temperatura ambiental, la postura, la digestión, etc., incluso de factores internos como el sistema nervioso autónomo. Así pues, el interés que pueda tener como indicador de la CM es muy bajo.

Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

Al principio se vio que existía una relación de tareas de elecciones binarias, de tal manera que estas tareas provocan una sistemática disminución de la VFC. Pero la VFC depende del valor medio de la FC y ésta está influida, como hemos visto, por factores como la actividad muscular, la temperatura, etc., por lo que se elimina su especificidad. Además, es una técnica muy costosa por necesitarse obtener el espectro de frecuencias de los intervalos R-R mediante el análisis de Fourier.

También esta técnica carece de interés como indicador de CM.

El electroencefalograma (EEG)

La actividad eléctrica de la corteza cerebral tiene una relación directa con los procesos de adquisición y tratamiento de la información.

En la actividad cortical se han clasificado cuatro diferentes ritmos de frecuencia:

Beta: entre 14 y 30 c.p.s.
Alpha: entre 8 y 13 c.p.s.
Theta: entre 4 y 7 c.p.s.
Delta: entre 0,5 y 3,5 c.p.s.

En la mayoría de los estudios sobre CM se han escogido las variaciones de las ondas alpha, habiéndose observado que están muy disminuidas, e incluso desaparecen cuando el sujeto tiene una actividad mental y aumentan cuando entra en un estado de relajación próximo a la somnolencia.

Algunos autores también han estudiado las ondas delta, habiéndose observado que su aparición durante el trabajo está vinculada a una situación de hipovigilancia.

Pero, aunque el índice alpha parezca relacionado con variaciones a corto plazo de las actividades y rendimientos, su validez no es muy alta, porque:

- No siempre está disminuido durante tareas mentales, a veces aumenta.
- Los diferentes niveles de CM no quedan establecidos.
- Las variaciones a largo plazo son difíciles de interpretar.

Además, esta técnica es agresiva para el trabajador por la necesidad de llevar electrodos en el cuero cabelludo y requiere un sistema informático muy especializado para el análisis del espectro de frecuencia del EEG; por el momento parece estar reducida al campo de la experimentación.

Potenciales evocados (PE)

Son potenciales eléctricos vinculados a la aparición de un estímulo repentino y breve.

La estructura de la secuencia de ondas que aparece después de la presencia del estímulo es, simplificando mucho, primero una serie de 6 ondas de amplitud débil (no pasan de 0,5 μV) durante los 8 milisegundos siguientes a la aparición del estímulo, no estando influenciadas por el estado de activación del sujeto, representando, por tanto, el llamado componente exógeno del PE. Le siguen hasta los 50 milisegundos otras ondas de algo más de amplitud (pero tampoco llegan a 1μV) que también pertenecen al componente exógeno del estímulo.

Hasta aquí la estructura de las ondas dependerá del tipo de estímulo que aparezca. Seguidamente, entre los 50 y 250 milisegundos aparece otra serie de ondas con una estructura similar para todo tipo de estímulos y con una amplitud variable en función del estado de vigilia, y en función de si la atención la dirige al estímulo o no, representando por tanto el componente endógeno del PE.

Estos potenciales evocados proporcionan un índice objetivo del procesamiento de información cerebral, habiendo sido utilizados especialmente en los estudios psicológicos de los procesos sensoriales y percepti-

vos, siendo los más relevantes en este contexto los componentes de latencia comprendida entre 50 y 250 milisegundos, con componentes identificados como N_1, P_1, N_2 y P_2, que están relacionados con aspectos comportamentales de la sensación y la percepción.

Estudios experimentales han concluido lo siguiente:

- Existe una relación directa entre amplitud de los PE y la intensidad del estímulo, pero la relación es inversa entre la latencia del PE y la intensidad de los estímulos.
- La percepción de estímulos visuales con forma, tamaño y orientación diferentes darán cambios diferenciados en los PE.
- Si existe fenómeno de enmascaramiento (estímulos visuales similares se presentan en proximidad temporal y espacial, enmascarando el segundo la percepción del primero), habrá PE disminuidos en respuesta al estímulo enmascarado, especialmente en la amplitud de los componentes N_2 y P_2.
- Se han encontrado diferencias entre PE en respuesta a la percepción de estímulos diferentes en color y brillo.

Otro potencial, descubierto por Sutton en el año 1967, es el P_{300}, onda de polaridad positiva que aparece con una latencia aproximada de 300 milisegundos a la presentación del estímulo (Figura 9). Está relacionado con gran variedad de actividades cognitivas, como atención selectiva, respuesta de orientación, probabilidad del estímulo, toma de decisiones, etc., siendo su característica principal el procesamiento activo por parte del sujeto de la información que proporciona el estímulo, reflejando el P_{300} un proceso de decisión perceptual, con independencia de las características del estímulo.

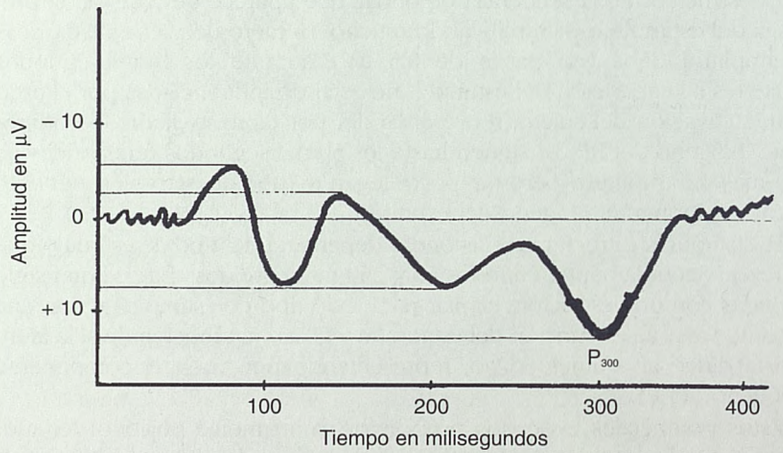


Figura 9. Potencial evocado (P_{300}).

En tareas de tiempo de reacción en la elección o discriminación sensorial, se ha observado la aparición de P_{300}. No es la relevancia ni la información del estímulo *per se* lo que provoca P_{300}, sino la misma actividad del sujeto como procesador de información, siendo el término «indecisión» el que mejor describe esta función psicológica.

Otros potenciales de interés que se han estudiado son:

– Potencial de preparación: es un cambio lento en negatividad, con una amplitud de 10 a 15 µV y que comienza poco antes de un movimiento voluntario, alcanzando su máxima amplitud en el mismo momento de la respuesta (Figura 10).

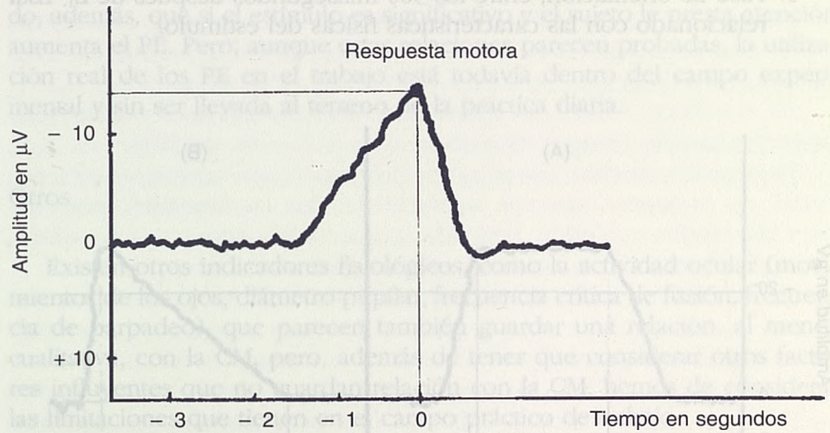


Figura 10. Potencial de preparación.

Se inicia entre 500 y 1.000 milisegundos antes del movimiento. La amplitud de este potencial está influida por el nivel de motivación y el esfuerzo en la realización del movimiento, de tal manera que a mayor motivación se da mayor amplitud. Si el movimiento va a ser lento y suave, el potencial se inicia antes y tendrá mayor amplitud que si va a ser un movimiento más rápido.

– Variación negativa contingente: este cambio de potencial se da durante el intervalo de dos estímulos; el primero, que sirve de aviso, y el segundo, que es el que debe responder en forma interna o externa.

El cambio de potencial es negativo, lento y de larga duración, empieza después de la presentación del primer estímulo (E_1), unos 200-400 milisegundos, y termina de forma abrupta al ser presentado el segundo estímulo (E_2). Su amplitud está entre 20-40 V, superior a la de otros potenciales.

Se dan dos tipos de potencial diferentes, que están relacionados con el nivel de expectativas del sujeto y que varían con las instrucciones recibidas:

tipo A: hay incertidumbre en cuanto a la ocurrencia de E_2. Se dan tiempos de subida rápidos (Figura 11 A).

tipo B: hay seguridad sobre la ocurrencia de E_2. Se dan tiempos de subida lentos (Figura 11 B).

En este potencial se dan tres componentes:

1. Fase de orientación, entre los 500 milisegundos después de E_1. Está relacionado con las características físicas del estímulo.

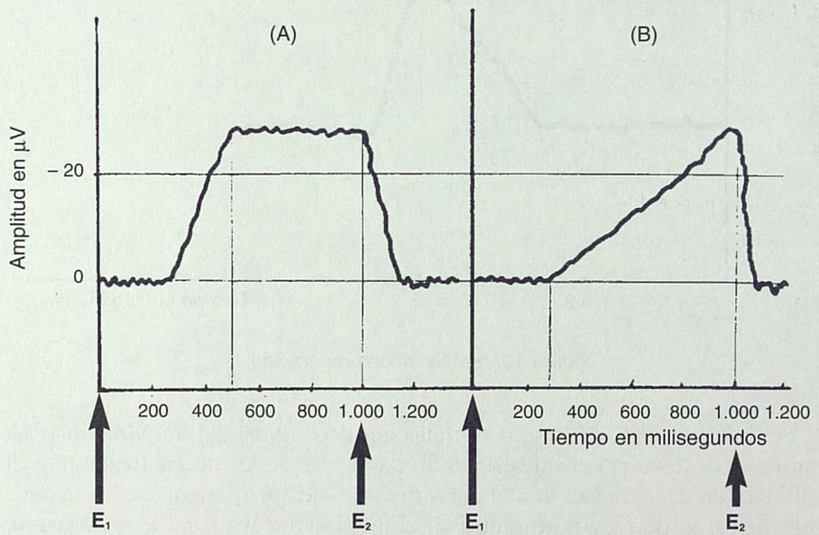


Figura 11. Variación negativa contingente.

2. Fase de expectativa, entre la anterior y la aparición de E_2. Está relacionado con la complejidad de la tarea, las expectativas y los criterios de decisión.
3. Fase de realización, posterior a la aparición de E, relacionada con la certidumbre e incertidumbre respecto a lo correcto o incorrecto de la respuesta dada. Si se da incertidumbre persistirá la onda negativa después de aparecer E.

En general, además de lo ya indicado, existe una relación entre los niveles de *arousal*[10] y la atención-distracción. Con niveles bajos de arousal, la atención es mayor y se observan mayores magnitudes de potencial.

En estudios diversos sobre registro de los PE durante 80 minutos de tareas de vigilancia, se ha podido apreciar que, en el transcurso del tiempo, baja progresivamente el número de señales detectadas, lo que coincide con una menor amplitud de las ondas endógenas y un mayor tiempo de latencia, siendo esto signo de un descenso de vigilancia.

Así pues, parece muy probada la relación entre la amplitud de las ondas tardías o endógenas y la vigilancia del sujeto, habiéndose observado, además, que si el estímulo es significativo y el sujeto le presta atención aumenta el PE. Pero, aunque estas relaciones parecen probadas, la utilización real de los PE en el trabajo está todavía dentro del campo experimental y sin ser llevada al terreno de la práctica diaria.

Otros

Existen otros indicadores fisiológicos, como la actividad ocular (movimientos de los ojos, diámetro pupilar, frecuencia crítica de fusión, frecuencia de parpadeo), que parecen también guardar una relación, al menos cualitativa, con la CM, pero, además de tener que considerar otros factores influyentes que no guardan relación con la CM, hemos de considerar las limitaciones que tienen en el campo práctico de trabajo.

Por tanto, a la vista de lo expuesto, hemos de considerar que los indicadores fisiológicos presentan variaciones con la actividad mental, pero sus informaciones son de índole cualitativa más que cuantitativa, no habiéndose demostrado una relación proporcional entre el parámetro medido y el nivel de CM. Además, no pueden superar la prueba de vali-

[10] Arousal: comportamiento atencional todavía receptivo. Es una atención no focalizada, difusa (primer nivel atencional).

dez en una situación real de trabajo, o bien la aplicabilidad en el plano real de trabajo no está todavía superada.

Por ello, se habrá de recurrir a otros métodos de evaluación de la CM que nos permitan una aproximación más real, aunque siempre con las limitaciones que cada método por separado tiene.

Estimación subjetiva de los sujetos (cuestionarios)

Tratan de obtener una información, lo más real y fiable posible, de los estados internos del sujeto, intentando establecer una relación entre los factores de trabajo y las vivencias de cada trabajador.

Esta forma de evaluación es propia de la psicología clínica, que se sirve de herramientas como los cuestionarios, test, encuestas y entrevistas.

Mediante cuestionarios elaborados para este fin se realiza un intento de valoración de la CM, basándose en las respuestas subjetivas de los trabajadores a una serie de preguntas cerradas que guardan relación con unas determinadas condiciones de trabajo, particularmente influyentes en la carga mental y que manifiestan determinados estados del sujeto que se suponen son resultado de una sobrecarga en tareas cognitivas.

En el método ANACT se realiza un intento de este tipo con una serie de preguntas que recogen situaciones de trabajo muy variadas.

Hemos de constatar que si queremos hacer una valoración subjetiva fiable, no podemos basarnos solamente en los cuestionarios, por muy bien elaborados que estén, teniendo que recurrir a entrevistas de apoyo, con todo el personal o con una muestra significativa.

Método de la doble tarea

Persigue medir, de forma indirecta, cuál es la fracción de capacidad mental que no es utilizada en una tarea determinada (tarea principal).

Este método se basa en la noción de «capacidad residual» o no utilizada durante un trabajo que exige una carga inferior a la capacidad máxima del sujeto. Consiste en dar un segundo trabajo (tarea secundaria) hasta saturar la capacidad del operador, evaluando el deterioro de la prueba.

La elección de la segunda tarea deberá ajustarse a cada caso, de tal manera que se ceñirá a las siguientes condiciones:

- No variará la capacidad de trabajo.

- No interferirá en la tarea principal.
- Ha de ser gradual y ponderable.

Un ejemplo aclaratorio es que si la tarea principal es viso-manual, la tarea secundaria podría ser discriminar sonidos al tiempo que acciona unos mandos con los pies en función de la variación de aquéllos, pero no podría ser accionar unos mandos con las manos en función de la discriminación de luces porque interferiría totalmente en la tarea principal.

En caso de ser la tarea secundaria la elección binaria de sonidos, si es grave pisará el pedal derecho y si es agudo pisará el pedal izquierdo; se irá variando la velocidad de aparición de sonidos. Se pretende ver la capacidad de atención que requiere la tarea principal según se varía la velocidad de aparición de los sonidos. Superado el límite de la capacidad residual (sobrante de la tarea principal) con la tarea secundaria, aquélla se irá deteriorando conforme se vaya requiriendo mayor atención en esta última.

Este método se basa en la teoría del canal único que postuló A. T. Welford, que demuestra la capacidad limitada de la atención. Se apoya en dos postulados:

1. El sistema nervioso central (SNC) funciona como un canal único y por él pasan todas las diversas formas de actividad cerebral: identificación, decisión, acción, memorización, etc.
2. La capacidad del canal único es limitada, siendo el resultado final como si estuviera ocupado por diversas actividades en alternativas muy rápidas.

Por tanto, podrá efectuar elecciones sucesivas no rutinarias, pero no le será posible efectuar simultáneamente más de un número determinado de elecciones conscientes, por ser limitado el número de elecciones que el cerebro humano es capaz de realizar. Si ocasionamos sobrecarga en el SNC se dará un deterioro en la tarea, indicando que hay saturación.

Análisis de las variaciones del comportamiento operativo

Las situaciones más corrientes de trabajo no son monodimensionales, donde la sobrecarga de trabajo se traduce en todo o nada, sobreviniendo una saturación brusca, sino que, en general, el sujeto responde a la sobrecarga mediante una adaptación de su comportamiento, ensayando estrategias diferentes, adoptando formas operativas que sean más compatibles con su propia capacidad de trabajo. Estas formas operativas más econó-

micas son usadas cuando el esfuerzo de trabajo aumenta y su capacidad está al límite de la saturación. Así, se puede relacionar y dar una interpretación de esos cambios operativos, por ser consecuencia de la carga mental de trabajo, y responder a un esfuerzo, por mantener la carga global a un nivel inferior a su capacidad límite.

Es un método poco estructurado y difícil de aplicar, teniendo que adaptarse siempre a cada caso concreto, intentando establecer escalas que relacionen los cambios operacionales sucesivos con diferentes niveles de exigencia de la tarea. Pero la escala que se pueda establecer no tendrá valor absoluto y debe ser interpretada en cada modalidad de trabajo.

Una dificultad interpretativa será diferenciar los cambios que se deben estrictamente a la carga de trabajo mental y no a una respuesta de adaptación a las nuevas condiciones de trabajo.

Notas finales a los métodos de evaluación

1. Sobre los métodos de evaluación fisiológicos, hemos de indicar las limitaciones que tienen en el campo práctico del trabajo (muchos son técnicas invasivas en mayor o menor grado), además del difícil control de otros factores influyentes que no tienen relación alguna con la CM, por lo que su uso queda todavía reducido al campo experimental. Esperamos que de estos experimentos salgan pautas de aproximación que nos indiquen, para diferentes tipos de tareas, cuáles son los factores influyentes en la CM, así como su grado de intervención, para que, desde un terreno práctico, podamos detectar, valorar y corregir los aspectos negativos intervinientes en la sobrecarga mental.

Pensamos que, con todas las precauciones metodológicas que en su utilización se deben adoptar, el método de «frecuencia de fusión crítica» puede emplearse para la valoración de la fatiga global (de orden físico, sensorial o mental) sin que suponga una agresión al trabajador. El índice de fatiga se correlaciona con un conjunto de síntomas subjetivos de fatiga, por lo que puede emplearse junto con otros métodos de valoración subjetiva de los sujetos implicados.

2. Los métodos de estimación subjetiva no son fáciles de utilizar, debiendo ser adaptados para cada caso en particular y ser aplicados por un profesional experto.

Bien aplicados pueden darnos una visión muy profunda y amplia de las condiciones de trabajo y los aspectos negativos que intervienen en la sensación de fatiga mental. En combinación con otros métodos de valoración más objetiva son ideales.

3. El método de la doble tarea puede darnos una estimación del nivel de exigencia atencional de la tarea, pero este método se basa en la teoría del canal único y sólo puede dar explicación de la fatiga por sobrecarga (excesivo número de señales informativas).

Si el cerebro recibe muy pocos datos, también se puede producir fatiga (sobreesfuerzo para mantener su estado de vigilia), además de un empobrecimiento intelectual. Así, es necesario que tengamos un conocimiento, aunque sea general, sobre el funcionamiento de la inteligencia y del pensamiento.

Pasamos a dar unas nociones muy sucintas, pero necesarias, apoyándonos en la teoría de la inteligencia de J. Piaget.

Funcionamiento de la inteligencia y pensamiento

Es importante que nos ocupemos, además del aspecto cuantitativo (número de informaciones tratadas), del aspecto cualitativo (calidad o características de la información tratada). La calidad de esa información exigirá que se utilice, según J. Piaget, una determinada estructura mental, estando ésta estratificada en cuatro niveles:

a) Estructura sensoriomotriz: sólo usa la actividad perceptiva y motriz, coordinando las percepciones sucesivas y los movimientos. Se tiende a la acción no al pensamiento, por tanto, es una inteligencia no reflexiva.
b) Estructura simbólico-intuitiva: hace que la realidad quede representada por medio de significantes. Se establecen correspondencias por regulaciones sucesivas, construyendo series cortas por tanteos sucesivos. No hay reversibilidad ni asociatividad.
c) Estructura lógico-aritmética: posibilita la intervención simultánea (no sucesiva) de movimientos y transformaciones. Puede establecer un orden temporal y construir operaciones cualitativas, pero siguen siendo concretas y ligadas a la acción y a la realidad.
d) Estructura formal o hipotético-deductiva: maneja conceptos y hace razonamientos abstractos sin apoyarse en la acción concreta y en la realidad. El pensamiento formal y abstracto puede descentrarse sobre la percepción y la acción.

Además de identificar la información y responder a ella, puede manipular los conceptos abstractos para dar la respuesta. Desde el principio, el pensamiento puede sintetizar lo posible y lo necesario y, a partir de premisas, deducir conclusiones.

Simplificando mucho, podemos agrupar la estructura de la inteligencia en dos partes:

Pensamiento concreto:
- Estructura sensoriomotriz.
- Estructura simbólico-intuitiva.
- Estructura lógico-aritmética.

Pensamiento abstracto:
- Estructura formal o hipotético-deductiva.

Dependiendo del tipo de tarea, será necesario utilizar mayoritariamente estructuras más o menos elementales, es decir, pensamiento concreto o pensamiento abstracto, siendo este último el considerado idóneo.

La mayoría de los trabajos simples y repetitivos recurren a la inteligencia concreta, siendo muy reducido el número de variaciones a las que se enfrenta, no pudiendo ejercer ni desarrollar todas sus posibilidades. Esta subutilización del pensamiento abstracto no permite la formación del concepto, para lo que se necesita disponer de numerosas informaciones que debe comparar, combinar, etc., corriendo el riesgo de una rápida esclerosis del pensamiento abstracto. El trabajo parcelario y repetitivo da poca información y siempre idéntica, con lo que se limita la función de conceptualización.

En el razonamiento se combinan las informaciones resultantes de experiencias anteriores para la resolución de un nuevo problema, siendo necesario algo más que la simple reproducción de la experiencia anterior. El razonamiento será más rico si las experiencias han sido variadas y numerosas. Si solamente se ha tenido que enfrentar a situaciones ya conocidas y donde puede contestar de modo habitual y automático, no habrá podido emplear el razonamiento y, por tanto, habrá un déficit en el desarrollo de sus capacidades.

Cada estructura de la inteligencia, concreta o abstracta, puede solicitarse a diferentes niveles. El nivel medio equivale a una carga normal y satisfactoria, mientras que los niveles superior e inferior corresponden a una sobrecarga y subcarga, respectivamente.

4. El método por análisis de variaciones del comportamiento operativo es un método observacional de las estrategias aplicadas para operar de una forma más compatible con una capacidad de trabajo, como respuesta a sobrecargas en el trabajo. Es un método muy difícil de aplicar por tener como objetivo relacionar los cambios operacionales con niveles de exigencia de la tarea, pero esto es muy complicado por haber factores difíciles de controlar que interfieren esta relación, como adaptaciones debidas a las condiciones variables de trabajo, más que a la exigencia de la tarea que determine una CM.

Evaluación de la carga mental: un acercamiento práctico

Hemos ido viendo lo difícil que resulta definir un índice de la CM, por la dificultad que entraña la elección de los criterios que definan y cuantifiquen dicho índice. La actividad cerebral nunca es nula y no se debe considerar desfavorable cierto esfuerzo de atención y de memoria, mientras que la falta de estímulos dará una situación monótona y fatigante. También se ha de considerar que existe una gran variedad de trabajos, desde los más monótonos y repetitivos (intervención del pensamiento concreto) hasta los más cualificados o intelectivos (intervención principal del pensamiento abstracto), siendo más fácil acercarse a un índice de CM en los primeros. Igualmente, las diferencias individuales en cuanto a aptitudes, preferencias y motivaciones se han de tener también presentes en toda valoración de la carga mental.

Es necesario un umbral óptimo de tensión nerviosa para alcanzar una buena eficacia funcional o, lo que es lo mismo, se necesita un cierto grado de tensión y buen tono para poder funcionar operativamente bien.

El nivel de tensión necesario es individual, dependiendo de muchos factores, aunque puede afirmarse que una falta de tensión (hipotono) ocasiona dificultades operativas y que un exceso de tensión (hipertono) también las genera, aunque existe una gran diferencia entre subcarga y sobrecarga.

- Subcarga: el trabajo no implica ningún compromiso mental, pudiendo resultar insuficiente y enojoso.
- Sobrecarga: el trabajo absorbe mentalmente, excediendo los límites tolerables del individuo.

En las sobrecargas se produce «destrucción cognitiva» (olvidos, confusiones, alteraciones en las secuencias, faltas de atención, etc.), además de «disgregación operativa» (falta de coordinación, errores, imprecisiones, etc.).

Otro aspecto importante que hay que considerar es la diferencia entre volumen y carga de trabajo o entre carga y exigencias. Éstas son características de la tarea (calidad, tiempo...) y carga son ciertas consecuencias en el sujeto por las exigencias, por lo que de las exigencias nunca se deberá

deducir la carga, ya que cada sujeto responderá de forma diferente ante las mismas exigencias.

Muchas veces, la intensidad de la actividad se identifica con carga (por ejemplo, que habrá mayor carga si cierta tarea debe realizarse en un tiempo más corto), pero tampoco la intensidad puede tomarse como un evaluador directo de la carga, dependiendo esto del método operativo empleado.

Vemos que no existe un indicador único, y que para analizar la CM se deben analizar los sistemas funcionales que se ponen en juego en la actividad, habiendo grandes diferencias individuales en la recopilación de la información y tratamiento de la misma, con diferentes estrategias utilizadas. Hay diferencias en los límites cognitivos y en los valores subjetivos. Así, los factores de la CM se refieren a elementos diversos de la situación laboral (tareas, contenidos, factores ambientales y factores de la organización), no siendo el rendimiento, de forma aislada, un buen criterio de carga, por ser diferente de la fatiga, intensidad, etc.

Una necesidad, si queremos entrar en una aproximación valorativa, es la descripción previa de las operaciones mentales y exigencias sensoriales en el desarrollo de la tarea, de una forma detallada (análisis de tareas).

Además de las dificultades ya señaladas para definir el concepto de CM, y otras que se pueden intuir o deducir, hemos de añadir que no es lo mismo carga mental que fatiga, ya que la fatiga es el resultado de una acumulación en el tiempo, mientras que la carga puede ser muy importante en un momento determinado. Así, puede haber fatiga al final de la jornada, sin que en ningún momento haya tenido tensiones ni problemas específicos, del mismo modo que puede haber carga en otro momento por una situación delicada, sin que eso se traduzca en fatiga. La CM está ligada a esa capacidad instantánea o puntual del individuo para tratar las informaciones útiles que le exige su tarea.

La medida

La medida de la CM no puede basarse en factores perfectamente definibles y medibles, de tal manera que, dado el resultado de esas mediciones, pueda deducirse de forma precisa el nivel de CM y si ese nivel sobrepasa el umbral del individuo. La medida de la CM, por el contrario, debe basarse en indicadores que estén relacionados con los factores implicados y que nos aproximen a ellos.

Siguiendo a Leplat, y sin extendernos por haber sido tratado en diferentes partes de este capítulo, estos indicadores son:

1. Fisiológicos: están de alguna manera relacionados con la actividad mental (frecuencia cardíaca, EEG, potenciales evocados, reacción electrodermal, frecuencia de fusión...).
2. De comportamiento: como variaciones en el comportamiento operativo y cambios temporales en la actividad. Están basados en el modelo de la capacidad límite para tratar la información.
3. Subjetivos: los índices que se consideran influyentes en la carga mental se recogen a través de cuestionarios directos o mediante una forma más indirecta como la observación.

Podríamos decir que, de forma muy general, los factores que hay que considerar son:

– Relacionados con el individuo:

Nivel de aprendizaje.
Edad, sexo.
Estado de salud.
Fatiga.
Personalidad.

– Relacionados con el trabajo:

Naturaleza de la tarea.
Organización del trabajo.
Adaptación física al puesto.
Condiciones del entorno físico.

– Sociales:

Entorno social inmediato.
Características de vida fuera del trabajo.

Ahora, y como final de este capítulo, vamos a intentar recoger todos aquellos factores que, en mayor o menor grado, puedan intervenir en la carga y/o fatiga mental y darles forma de cuestionario para que podamos responder a cada uno de ellos en una escala valorativa de intervención en nuestra tarea (muchísimo, mucho, normal, poco, muy poco).

De esta manera, y teniendo en cuenta el tipo de tarea o trabajo global que se va a realizar, las características del individuo y los conocimientos sobre las consideraciones que se deben tener en cuenta sobre la carga y fatiga mental, poder determinar cuáles son aquellos factores (de los que ya ha sido evaluado su nivel de intervención en la tarea analizada) que pensamos que puedan estar influyendo en mayor grado, para lo que dare-

mos un «peso» según su importancia en la intervención (la Tabla II puede servir de guía).

Nuestro objetivo final será intervenir en aquellos factores que tengan mayor peso, de tal manera que intentemos reducir su intervención a valores más inferiores.

En la medida en que seamos capaces de intervenir en un mayor número de factores con carga alta y reducir al mínimo su grado de intervención en la tarea, estaremos influyendo en la reducción de la carga y fatiga mental.

Antes de entrar a enumerar los factores intervinientes, es necesario indicar que es importante que se analicen las características del trabajo encomendado y su actividad correspondiente, ya que la actividad está directamente relacionada con las exigencias de la tarea. Así, podrían analizarse la actividad y las tareas con CM.

- La actividad: está directamente relacionada con las exigencias de la tarea; por ello es importante que se analicen las características del trabajo encomendado y las de la actividad correspondiente:
  - Prescripciones para las condiciones del trabajo encomendado y sus objetivos (su naturaleza y calidad).
  - Conocimiento de las prescripciones por parte del operario.
  - Observar si el operario se adapta a las prescripciones o las transforma eventualmente.
  - Observar desviaciones entre exigencias de la tarea encomendada y las tomadas efectivamente en cuenta.

- Tareas con CM: las tareas que se pueden incluir dentro de la consideración de trabajo mental son muchas y muy variadas, pudiéndose agrupar en estas características:
  - Diagnóstico (medicina, control aéreo, reparaciones...).
  - Introducción de datos (en informática).
  - Pilotaje de vehículos (aéreos, marítimos, terrestres).
  - Vigilancia y seguridad.
  - Diseño asistido por ordenador.
  - Trabajos de administración (burocracia).
  - Mando a distancia.
  - Procesos automáticos. Vigilancia y regulación.
  - Control de tráfico (aéreo, marítimo, terrestre).
  - Control de calidad.

Tabla II. Valoración de la CM

Factores intervinientes	Grado de intervención					Peso				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. EXIGENCIAS DEL TRABAJO										
1.1. Toma de información										
1.2. Tratamiento de información										
1.3. Requisitos previos de conocimiento										
1.4. Aspectos psicosociales (aislado...)										
1.5. Otros (precisión, rapidez...)										
2. CARGAS SENSORIALES										
2.1. Funciones sensoriales (grado intervención)										
2.2. Discriminaciones sensoriales (precisión, frecuencia, rapidez)										
3. CONSIDERACIONES ATENCIONALES										
3.1. Ambigüedad señal										
3.2. Tamaño o intensidad señal										
3.3. Conocimiento aparición señal (dónde, cuándo)										
3.4. Posibilidad desviar vista										
3.5. Posibilidad de hablar										
3.6. Riesgo de accidentes y/o deterioro producto										
4. CONOCIMIENTO Y FORMACIÓN										
4.1. Conocimientos exigidos										
4.2. Formación exigida										
4.3. Experiencia exigida										
5. PLANIFICACIÓN Y FORMACIÓN										
5.1. Fallos de la organización										
5.2. Imprevisiones										
5.3. Cambios tecnológicos										
5.4. Falta de instrucciones										
5.5. Indefinición procesos trabajo										
5.6. Ausencia programa y métodos										
5.7. Etc.										
6. DIFICULTADES PERCEPTIVAS										
6.1.										
...										

Grado de intervención: 1. Muy poco; 2. Poco; 3. Normal; 4. Mucho; 5. Muchísimo.
Peso: 1. Muy poco; 2. Poco; 3. Normal; 4. Mucho; 5. Muchísimo.

Son tareas en las que el trabajador no actúa directamente sobre el objeto, sino sobre un intermediario técnico. Pero también se deben incluir tareas en donde la acción es más directa y se tiene que manejar cierta información en períodos cortos de tiempo.

Variables que se deben valorar

Exigencias del trabajo

Las exigencias del trabajo más directamente relacionadas con la carga mental son:

- El trabajador ha de organizar su propia forma de operar.
- Para recibir y tratar la información debe recurrir a la codificación.
- Rapidez (tiempos cortos).
- Precisión (sensorial, motriz, cognitiva).
- Simultaneidad (varias cosas al tiempo).
- Oportunidad (adecuación temporal).
- Plasticidad (ajuste y adaptación de las formas de operar a las variaciones del trabajo).
- Resistencia (repetición y monotonía largo tiempo).
- Hacer diagnósticos sobre el estado del sistema.
- Identificar e interpretar situaciones para actuar.
- Utilización de informaciones memorizadas.
- Sintetizar entre diversas fuentes de información.
- Representaciones mentales.

Podríamos agruparlas, para mayor facilidad en su manejo, en cuatro grupos:

1. Toma de información.
2. Tratamiento de la información.
3. Requisitos previos de conocimientos y saber hacer.
4. Aspectos psicosociales.

Las exigencias en cada grupo están relacionadas con:

Toma de información:

- Número, dispersión y heterogeneidad de fuentes.
- Variedad de canales sensoriales.

- Dificultad en la detección e identificación de señales (interferencias, redundancias, lagunas...).
- Necesidad de inferir o extrapolar.

Tratamiento de la información:

- Grado de elaboración.
- Dificultad de razonamiento.
- Grado de libertad en las acciones.
- Posibilidad de alternativas.
- Urgencia en la toma de decisiones.
- Representaciones mentales del funcionamiento del sistema.

Requisitos previos de conocimientos y saber hacer:

- Requerimiento de conocimiento cultural base.
- Requerimiento de una formación base.
- Requerimiento de un aprendizaje.
- Requerimiento de entrenamiento mantenido.

Aspectos psicosociales:

- Trabajo aislado o en grupo, si es cooperativo y si tiene posibilidad de comunicarse con otros o de interrumpir su trabajo a voluntad.
- Modo de participación en las decisiones organizacionales.
- Responsabilidad sobre su propio trabajo.
- Diferencias entre cualificación requerida por el puesto y cualificación real del trabajador.
- Horarios.
- Incidencias del trabajo en la esfera familiar.

Cargas sensoriales

Funciones sensoriales:

- Intervención de la vista*.
- Intervención del oído*.
- Grado de atención en vista.
- Grado de atención en oído.

---

* Según sea periódica, intermitente, sostenida, permanente.

Discriminaciones sensoriales:

- Precisión.
- Frecuencia.
- Rapidez.
- Previsibilidad.
- Redundancia.
- Significación de las señales.
- Consecuencias de las inadvertidas.
- Demanda de solicitudes (alta-baja).

Consideraciones atencionales:

- Ambigüedad de la señal que se va a detectar.
- Tamaño o intensidad de la señal.
- ¿Conoce dónde y cuándo aparecerá la señal?
- Facilidad de autodetección.
- Posibilidad de desviar la vista.
- Riesgo de deterioro del producto.
- Riesgo de accidentes.
- Posibilidad de hablar.

Conocimientos y formación

- Formación académica exigida.
- Conocimientos exigidos.
- Experiencia exigida.

Planificación y organización

- Fallos en la organización.
- Imprevisiones.
- Cambios tecnológicos.
- Falta de instrucciones.
- Indefinición de procesos de trabajo.
- Imposibilidad de consultar con un superior.
- Ausencia de programa y métodos.
- Decisiones por tanteo (ensayo-error).
- Consecuencias de los errores.

- Procesos complejos con conocimiento de las relaciones entre partes y presión de tiempo para diagnóstico de fallos.
- Tareas con procedimientos no estandarizados y con incidencias imprevisibles.

Dificultades perceptivas

- Iluminación deficiente.
- Iluminación excesiva.
- Brillos.
- Ruido de fondo.
- Vibraciones.
- Señal visual demasiado lejos.

Aspectos sobre procesamiento de la información

- Comprensión incierta.
- Uso de memoria inmediata.
- Uso de memoria a largo plazo.
- Trabajo prolongado con manejo de información por encima de 25 decisiones por minuto (en elección binaria).
- Esfuerzo extremo (76 decisiones por minuto).
- Microdecisiones con:
  - Exigencia de rapidez.
  - Ambigüedad de la tarea.
  - Relaciones difíciles con público.
  - Control agobiante por supervisor.
- Ambigüedad de la tarea en toma de decisiones (ej.: control de calidad sin referentes).
- Períodos de aprendizaje muy cortos.
- Carga de trabajo junto con tensión por contacto con público.
- Decisiones sobre lo incierto (falta de datos y de conocimientos).
- Número elevado de fuentes de información.
- Velocidad elevada para las decisiones.
- Ritmo impuesto en la presentación de información.
- Presentación de la información en «paquete».
- Presentación muy breve de la información y que ha de ser memorizada para adoptar decisiones.

- Interrupciones durante la actividad cognitiva (ej.: respuestas a preguntas, llamadas de teléfono...).
- Alta velocidad de señales informativas.
- Alta complejidad.
- Exigencia de exactitud.
- Muchas horas de trabajo.
- Alta densidad de trabajo:
  - Muchas operaciones simultáneas.
  - Esfuerzo por memoria inmediata.
  - Microdecisiones.
  - Remuneración por primas.
- Ciclos cortos (3-10 minutos o menores).
- Una o dos operaciones diferentes por ciclo.

Aspectos sobre el trabajo y relaciones

- Tipo de contrato.
- Horarios (jornada continuada, turnos...).
- Pausas en el trabajo.
- Autonomía.
- Salarios.
- Promoción.
- Estatus.
- Relación con compañeros.
- Relación con superiores.
- Comunicación impuesta.
- Comunicación permitida.
- Responsabilidad (conflictos, preocupación...).

Características personales

- Aptitudes.
- Gusto por la tarea.
- Motivación.
- Formación.
- Aprendizaje.
- Conocimientos.
- Experiencia.
- Familiaridad.

- Satisfacción.
- Pertenencia a un grupo.
- Reconocimiento por su trabajo.
- Seguridad en el empleo.

En relación con trabajadores que envejecen

- Tareas con apremio de tiempo.
- Turnos en el trabajo.
- Cadencias impuestas.
- Uso de memoria inmediata.
- Aprendizaje de nuevas tareas (adquisición de estereotipos semejantes).
- Uso de sistemas simbólicos y abstractos.
- Duración corta de aprendizaje.
- Presentación de señales ilógicas y no estructuradas.

Signos de fatiga (en orden de importancia)

- Irritabilidad.
- Sensación de fatiga.
- Piensa en el descanso.
- Ojos fatigados.
- Le cuesta concentrarse.
- Se siente adormecido.
- Olvida las cosas.
- Sueña con el trabajo.
- Le cuesta dormirse.
- Comete errores.
- Alteraciones digestivas.
- Consume estimulantes (o ha incrementado el consumo).
- Sufre cefaleas.
- Molestias oculares.
- Siente desinterés.
- Tiene mareos.

Factores que influyen positivamente

Una vez analizados los factores que pueden influir en la aparición de la carga y fatiga mental, es necesario estudiar si existen factores en el tra-

bajo que tengan influencia positiva en las variaciones del estado de vigilia, ya que el trabajo mental ha de realizarse en estado de vigilia y las fluctuaciones de este estado se traducen en variaciones del rendimiento, además de las variaciones en los registros electroencefalográficos (EEG).

Así, vemos que es importante que mencionemos aquellos factores que tienen influencia positiva en las variaciones del estado de vigilia.

Relacionados con las señales

- Intensidad, novedad y significación de los estímulos.
- Mayor número de señales auditivas que visuales.
- Señales visuales en el centro del campo visual.
- Previsibilidad en la llegada de señales informativas (espacial y temporal).

Relacionados con la forma de cumplir la actividad

- En vigilancia monótona evitar la aparición rara de señales que sean de baja intensidad e irregulares en el tiempo y el espacio.
- Dar conocimiento al trabajador sobre sus acciones y calidad del resultado, después de detectar las señales y actuar.
- Dar pausas suficientes, aunque sean cortas, y provocar variaciones en el trabajo que rompan la monotonía.
- Una tarea suplementaria a la vigilancia monótona ayudará a mantener la vigilia, pero deben vigilarse los efectos de interferencia.

Relacionados con el estado fisiológico del sujeto

- Cantidad y calidad del sueño del día anterior.
- Correlación con los ritmos nictamerales de las funciones vegetativas.
- Influencia de los estados generales de salud y de fatiga.

Relacionados con el medio ambiente

- Situaciones visuales claramente supraliminares.
- Temperaturas no demasiado altas.
- Interacción de factores ambientales variados.
- Presencia de otras personas en su entorno inmediato.

Hay otros factores que tienen influencia positiva en la CM y que están relacionados con la detección de errores debidos a discordancia entre exigencias y capacidades:

- Definir el objetivo de forma clara y coherente.
- Conocimiento de los límites de aceptación de resultados.
- Capacidad necesaria para utilizar los medios de evaluación de resultados (capacidad, conocimientos, perspectivas, etc.).
- Cumplimiento de condiciones para una evaluación correcta (visibilidad, instrumentos de medida...).
- Concreción y conocimiento de la importancia de los errores.
- Conocimiento preciso sobre los orígenes y consecuencias de los errores.
- Existencia de instrucciones y medidas para la prevención de los errores. Conocimiento y aplicación por el trabajador (controles preventivos).
- Conocimiento de situaciones críticas que generan errores. Se tienen en cuenta por el trabajador.
- Conocimiento de eventos precursores de algunos errores.
- Conocimiento de la frecuencia de diferentes tipos de errores y en función de qué condiciones.
- Conocimiento de la previsión de medios para hacer más rápidamente detectable el error (sistemas de alarma).
- Conocimiento de la prevención de las consecuencias de los errores.

ANEXOS

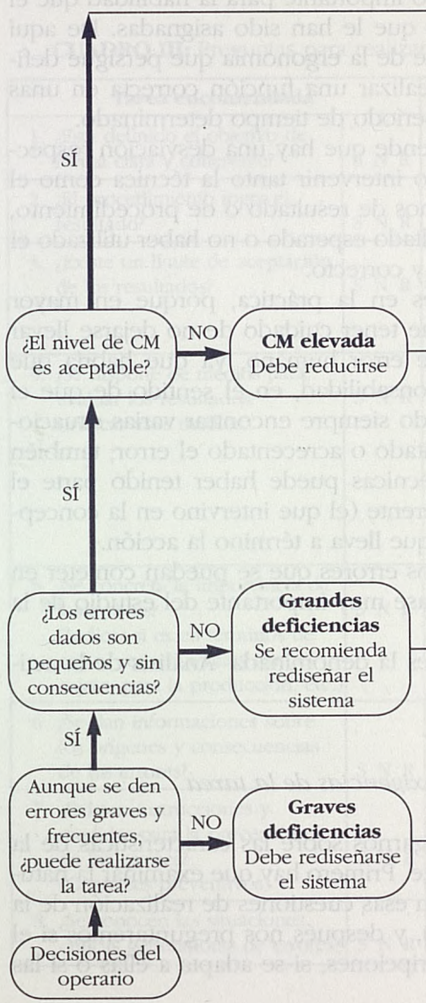
CUADRO I: El test de salud total (TST) de Langner-Amiel

1. En estos últimos tiempos, en general, su apetito ¿es bueno, pasable o malo?
   ☐ Bueno ☐ Pasable ☐ Malo
2. ¿Siente ardor de estómago varias veces por semana?
   ☐ Sí ☐ No
3. ¿Tiene dolor de cabeza: frecuente, a veces o nunca?
   ☐ Frecuente ☐ A veces ☐ Nunca
4. En estos últimos tiempos, ¿ha tardado en dormirse o en permanecer durmiendo?
   ☐ Con frecuencia ☐ A veces ☐ Jamás
5. En estos últimos tiempos, en su conjunto, ¿tiene buena memoria?
   ☐ Sí ☐ No
6. En estos últimos tiempos, en general, ¿está de buen humor?
   ☐ Sí ☐ No
7. En estos últimos tiempos, ¿no le molesta algún estado de nerviosismo, de irritabilidad o de tensión?
   ☐ Con frecuencia ☐ A veces ☐ Nunca
8. ¿Es de temperamento inquieto?
   ☐ Sí ☐ No
9. En estos últimos tiempos, ¿le ocurre a veces verse invadido por una ola de calor?
   ☐ Sí ☐ No
10. En estos últimos tiempos, ¿le ha ocurrido sentirse molesto, sofocado, una sensación de ahogo sin haber realizado esfuerzos físicos?
    ☐ Con frecuencia ☐ A veces ☐ Nunca
11. En estos últimos tiempos, ¿ha tenido a veces pesadez de cabeza o taponamiento de la nariz?
    ☐ Sí ☐ No
12. En estos últimos tiempos, ¿ha tenido momentos de agitación hasta el punto de no poder permanecer quieto algún tiempo?
    ☐ Sí ☐ No
13. En estos últimos tiempos, ¿han pasado días, semanas o meses sin poder ocuparse de nada porque no llegaba a empezarlo?
    ☐ Sí ☐ No
14. En estos últimos tiempos, ¿con frecuencia se ha sentido muy fatigado?
    ☐ Sí ☐ No

15. En estos últimos tiempos, ¿le han molestado palpitaciones?
    ☐ Con frecuencia ☐ A veces ☐ Nunca
16. En estos últimos tiempos, ¿ha llegado a desvanecerse?
    ☐ Sí ☐ No
17. En estos últimos tiempos, ¿se ha sentido invadido por sudores fríos?
    ☐ Con frecuencia ☐ A veces ☐ Nunca
18. En estos últimos tiempos, ¿ha tenido temblor en las manos hasta el punto de preocuparle?
    ☐ Con frecuencia ☐ A veces ☐ Nunca
19. En estos últimos tiempos, ¿ha estado tan intranquilo que ha llegado a sentirse por ello enfermo?
    ☐ Sí ☐ No
20. ¿Se siente algo aislado, algo solo, incluso entre amigos?
    ☐ Sí ☐ No
21. ¿Tiene la sensación de que ahora las cosas le van mal?
    ☐ Sí ☐ No
22. ¿Tiene la sensación de que nada merece la pena?
    ☐ Sí ☐ No

CUADRO II: Escala de Cooper-Harper (modificada por Skipper)

Valoración rápida de la CM



Nivel de dificultad	Grado de movilización	Valoración
Muy fácil Muy deseable	Esfuerzo mental mínimo. Fácil de alcanzar la conducta requerida.	1
Fácil Deseable	Esfuerzo mental bajo. Conducta alcanzable.	2
Justo Ligera dificultad	Esfuerzo mental aceptable para respuestas adecuadas.	3
Leve aunque molesta	Esfuerzo mental moderado en respuestas adecuadas.	4
Molesta moderada	Esfuerzo mental elevado en respuestas adecuadas.	5
Muy molesta aunque tolerable	Esfuerzo mental máximo en respuestas adecuadas.	6
Grande	Esfuerzo mental máximo para reducir los errores.	7
Grande	Esfuerzo mental máximo para reducir los errores graves o frecuentes.	8
Grande	Esfuerzo mental intenso, persisten errores frecuentes.	9
Imposible	La tarea no es posible realizarla.	10

Errores y fiabilidad

Se entiende por fiabilidad la capacidad de un sistema para cumplir las funciones asignadas, en unas determinadas condiciones y en un determinado momento. Pero en el sistema interviene la técnica y el hombre, siendo o pudiendo ser las dos partes responsables de la fiabilidad global del sistema.

El hombre es entonces responsable en la medida en que intervenga en el funcionamiento del sistema, siendo importante para la fiabilidad que él cumpla correctamente las funciones que le han sido asignadas. De aquí nace la «fiabilidad humana», una parte de la ergonomía que persigue definir la capacidad del hombre para realizar una función correcta en unas condiciones determinadas y en un período de tiempo determinado.

Cuando se habla de error se entiende que hay una desviación respecto a lo proyectado, habiendo podido intervenir tanto la técnica como el hombre. Puede expresarse en términos de resultado o de procedimiento, es decir, no haber conseguido el resultado esperado o no haber utilizado el método o procedimiento formulado y correcto.

Es difícil separar los dos errores en la práctica, porque en mayor o menor medida van juntos. Hay que tener cuidado de no dejarse llevar por la costumbre de hablar sólo de error humano, ya que habría que introducir aquí el concepto de responsabilidad, en el sentido de que el error no sólo está cometido, pudiendo siempre encontrar varias situaciones técnicas que puedan haber suscitado o acrecentado el error; también es cierto que en esas situaciones técnicas puede haber tenido parte el hombre, aunque sea un hombre diferente (el que intervino en la concepción del equipo técnico) al hombre que lleva a término la acción.

Intentar descubrir de antemano los errores que se puedan cometer en el sistema hombre-máquina es una fase muy importante del estudio de la fiabilidad.

Una manera de análisis de error es la denominada «Análisis de la actividad», pudiendo tomar dos formas.

A) La actividad en respuesta a las exigencias de la tarea

En este modelo debemos interrogarnos sobre las características de la tarea y de la actividad correspondiente. Primero hay que examinar la naturaleza y calidad de la prescripción (en esas cuestiones de realización de la tarea y para esos objetivos previstos), y después nos preguntaremos si el operario es conocedor de esas prescripciones, si se adapta a ellas o si las

transforma eventualmente. Pueden ser origen de errores las desviaciones entre las exigencias de la tarea y las exigencias tomadas realmente, lo que se habrá de estudiar con más profundidad.

En una primera fase de análisis de errores, podemos formular una serie de preguntas, tanto en relación con la tarea encomendada como en relación con la actividad realizada. En el Cuadro III, basándonos en el profesor J. Leplat, se refleja la serie escalonada de preguntas que cabría realizar.

CUADRO III: Preguntas para realizar en análisis de errores, primera fase

Tarea encomendada		Actividad del sujeto	
1. ¿Está definido el objetivo de forma clara y coherente?	S N R	¿Conoce el sujeto ese objetivo o busca otro?	S N R
2. ¿El procedimiento logra el resultado?	S N R		
3. ¿Existe un límite de aceptación de los resultados?	S N R	¿Conoce el sujeto sus límites? ¿Los tiene en cuenta o busca otros? ¿Qué medios de evaluación utiliza realmente?	S N R S N R S N R
4. ¿Se dispone de medios para evaluar los resultados? (Indicar esos medios)	S N R	¿Tiene el sujeto capacidad necesaria para utilizar esos medios? (Conocimientos, capacidad, perspectiva, etc.) ¿Se cumplen efectivamente las condiciones externas para una evaluación correcta? (Visibilidad, instrumentos de medida, etc.)	S N R S N R
5. ¿Se concreta la importancia de los errores? (Indicar si es en términos de costo, consecuencias para el sujeto, para la producción, etc.)	S N R	¿Conoce el sujeto la importancia de los errores? (Indicar cómo los evalúa el sujeto)	S N R
6. ¿Se dan informaciones sobre los orígenes y consecuencias de los errores?	S N R	¿Tiene el sujeto esas informaciones? ¿Cuáles posee y utiliza?	S N R S N R
7. ¿Existen instrucciones y medidas para la prevención de los errores? (Controles preventivos)	S N R	¿Conoce el sujeto esas instrucciones y medidas? ¿Las pone en práctica? ¿Cuáles utiliza realmente?	S N R S N R S N R
8. ¿Se conocen las situaciones críticas generadoras de errores?	S N R	¿Conoce el sujeto esas situaciones? ¿Las tiene en cuenta?	S N R S N R

(Continúa)

CUADRO III: *(Continuación)*

Tarea encomendada		Actividad del sujeto	
9. ¿Existen eventos precursores de algunos errores?	S N R	¿Conoce el sujeto esos eventos?	S N R
¿Han sido comunicados al sujeto?	S N R	¿Los tiene en cuenta?	S N R
10. ¿Se conoce la frecuencia de diferentes tipos de error?	S N R	¿Conoce el sujeto esa frecuencia?	S N R
– ¿en general?	S N R	¿Cuáles son sus propias estimaciones?	S N R
– ¿en función de algunas condiciones?	S N R		
11. ¿Se han previsto medios para hacer rápidamente detectable el error? (Sistemas de alarma)	S N R	¿Conoce el sujeto esos medios?	S N R
		¿Son eficaces?	S N R
		¿Es adecuado el plazo de percepción del error?	S N R
12. ¿Se ha previsto la corrección de esos errores?	S N R	¿Conoce el sujeto esas posibilidades de corrección?	S N R
		¿Las utiliza?	S N R
		¿Utiliza otras? (Indicar cuáles)	S N R
13. ¿Se ha considerado la prevención de los errores? (Indicar cómo)	S N R	¿Conoce el sujeto esos medios de prevención?	S N R
		¿Los utiliza?	S N R
		¿Utiliza otros? (Indicar cuáles)	S N R

S = Sí; N = No; R = Regular.
Señalar con un círculo la respuesta correcta

B) Distribución de etapas en el período de actividad

Este modelo propuesto por Rasmussen se complementa con el anterior y consiste en localizar qué fase o qué etapa de la acción es origen de error.

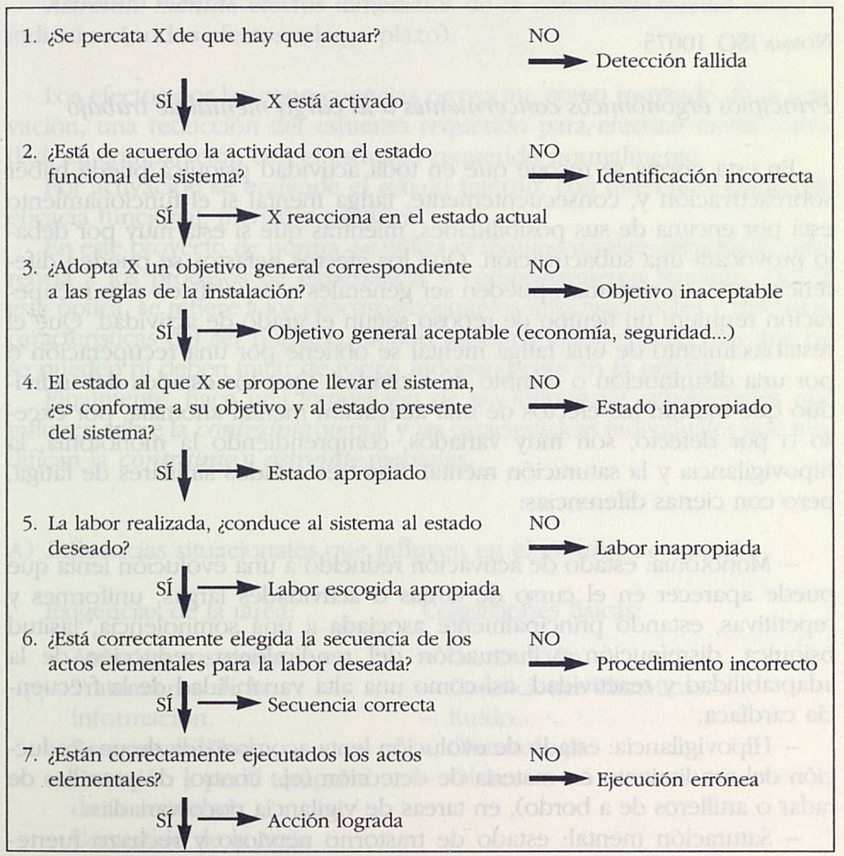
Las etapas que distingue son:

1. Activación: el organismo se pone en marcha para recibir información.
2. Observación: recogida de datos por los órganos perceptivos.
3. Identificación: clasificación de los datos y categorización de las condiciones del sistema.
4. Interpretación o diagnóstico: origen y consecuencias de las condiciones del sistema identificado.
5. Evaluación y elección: examen de las posibilidades de acción y sus consecuencias.

6. Definición de la labor: objetivos y condiciones que se van a considerar.
7. Definición del procedimiento: secuencia operativa en la ejecución.
8. Ejecución: poner en marcha el procedimiento trazado.

Puede establecerse este procedimiento al igual que el anterior, mediante una serie de preguntas variadas, en forma de árbol, donde se tiene que ir contestando SÍ o NO, significando NO la posibilidad de existencia de error en el procedimiento. En el Cuadro IV puede verse reflejado.

CUADRO IV: Análisis de errores por etapas de actividad



X = trabajador.

La mejora de la fiabilidad debería pasar por el acondicionamiento de las instalaciones y de la organización, basándose en aspectos básicos como:

1. Mejorar el conocimiento de la tarea con el uso de sistemas de ayuda al trabajo, como formación e instrucciones adaptadas.
2. Dar mayores posibilidades de anticipación mediante informaciones sobre la evolución del proceso, ampliación del campo de control y mejoramiento de los dispositivos de advertencia.
3. Aumentar la capacidad de diagnóstico del error humano, dando mayores posibilidades de detección y de percepción.

Norma ISO 10075

Principios ergonómicos concernientes a la carga mental de trabajo

En esta norma se recoge que en toda actividad psíquica puede haber sobreactivación y, consecuentemente, fatiga mental si el funcionamiento está por encima de sus posibilidades, mientras que si está muy por debajo provocará una subactivación. Que los efectos nefastos se pueden diferenciar por sus síntomas, pueden ser generales o específicos y su recuperación requiere un tiempo de reposo según el grado de actividad. Que el restablecimiento de una fatiga mental se obtiene por una recuperación o por una disminución o cambio de actividad. Que los estados del individuo que indican los efectos de una activación mental anómala, por exceso o por defecto, son muy variados, comprendiendo la monotonía, la hipovigilancia y la saturación mental. Son tres estados similares de fatiga, pero con ciertas diferencias:

– Monotonía: estado de activación reducido a una evolución lenta que puede aparecer en el curso de tareas o actividades largas, uniformes y repetitivas, estando principalmente asociada a una somnolencia, lasitud psíquica, disminución y fluctuación del rendimiento, reducción de la adaptabilidad y reactividad, así como una alta variabilidad de la frecuencia cardíaca.

– Hipovigilancia: estado de evolución lenta acompañada de una reducción del rendimiento en materia de detección (ej.: control de patrullas de radar o artilleros de a bordo), en tareas de vigilancia poco variadas.

– Saturación mental: estado de trastorno nervioso y rechazo fuertemente emocional de una tarea o una situación repetitiva en aquellas experiencias en las que muestra haber un estancamiento con resultado negativo.

Los síntomas que la acompañan son la cólera, la bajada de rendimiento, impresión de fatiga física y una tendencia a recogerse en sí mismo. Contrariamente a la monotonía y la hipovigilancia, la saturación mental se caracteriza por un nivel de activación sin cambios y una connotación afectiva negativa.

Hace dos diferenciaciones:

Contrainte mental: conjunto de influencias ejercidas por factores externos y que al humano afectan mentalmente.

Astreinte mental: efectos inmediatos de la *contrainte* mental sobre el individuo (no los efectos a largo plazo).

Los efectos por las consecuencias provocan, como resultado de la activación, una reducción del esfuerzo requerido para efectuar cierta actividad, en comparación con el esfuerzo requerido normalmente.

Por activación se entiende el estado interno, con diferentes grados de eficacia funcional, mental y psíquica.

En este proyecto de norma, se utiliza el término «mente» para hacer referencia a los procesos de experiencia y comportamiento humano. Desde esta óptica, se refiere a los procesos cognitivos informacionales y afectivos, características del ser humano, siendo aspectos interdependientes que no se pueden ni deben tratar de forma independiente en la práctica.

Finalmente, hace una exposición de las influencias situacionales que influyen sobre la *contrainte* mental y las características individuales que modifican la *contrainte* y *astreinte* mentales.

A) Influencias situacionales que influyen en el *contrainte* mental

Exigencias de la tarea:

- Atención sostenida.
- Tratamiento de la información.
- Responsabilidad.
- Duración y perfil temporal de la actividad.
- Contenido de la tarea.
- Trabajos peligrosos.

Condiciones físicas:

- Iluminación.
- Condiciones climáticas.
- Ruido.
- Climatología.
- Olores.

Factores sociales y de la organización:

- Tipo de organización.
- Clima de la organización.
- Factores de grupo.
- Encuadramiento.
- Conflictos.
- Contactos sociales.

Factores de la sociedad (externos a la organización):

- Exigencias sociales.
- Normas culturales.
- Situación económica.

B) Características individuales que modifican la *contrainte* y *astreinte*

Hay cuatro grupos diferenciados:

Grupo 1:

- Nivel de aspiración.
- Confianza en sí mismo.
- Motivación.
- Actitudes.
- Estilos de reacción.

Grupo 2:

- Capacidades.
- Cualificaciones.
- Conocimientos.
- Experiencia.

Grupo 3:

- Estado general.
- Salud.
- Constitución física.
- Edad.
- Nutrición.

Grupo 4:

- Estado real.
- Nivel inicial de activación.

Efectos que lo facilitan:

- Irritación.
- Activación.

Efectos que lo deterioran:

- Fatiga mental y/o estados similares a la fatiga (monotonía, hipovigilancia y saturación mental).

Otros efectos:

- Entrenamiento.

QUINTA PARTE

FACTORES ORGANIZACIONALES

1 Los factores organizacionales en ergonomía

La configuración organizacional en ergonomía, que comprende un vasto campo de actuaciones, también es conocida en el mundo anglosajón con los términos «Orgware», «Groupware», «Humanware» o «Peopleware», y trata de relacionar los factores físicos, antropométricos y las solicitaciones mentales con la conducta social y organizacional en el trabajo.

Es probable que actualmente estos factores sean más fronterizos con otras disciplinas y menos característicos de la ergonomía, en la medida en que está claro que se debe y se puede hacer el diseño de una silla, incluso de un indicador o unas instrucciones; pero costará un tiempo asumir que las organizaciones puedan ser objeto de un diseño o proyecto ergonómico.

Y es que no solamente se debe pensar en el diseño organizacional jerárquico del organigrama, sino también en el conjunto de relaciones horizontales y las interacciones entre la tecnología y la organización.

Por ejemplo, el diseño de una empresa de distribución de paquetes y mensajes en una gran ciudad debe ser objeto de un profundo estudio ergonómico de la organización, que tenga en cuenta desde los medios de transporte hasta las comunicaciones sobre recogida, entrega, unidades centrales y periféricas, rutas estándar, rutas alternativas, organización de turnos, etc.

Cada vez resulta más evidente que la organización es el valor estratégico más importante de una empresa, hasta el punto de identificarse con ella. Una empresa es su organización, su alma es su configuración.

Considerando los grandes apartados de este capítulo, éstos se pueden concretar en:

- La división y organización del tiempo de trabajo.
- La conducta organizacional en la ergonomía.
- El contenido del trabajo.
- El teletrabajo y el trabajo en grupo como nuevas alternativas.

La división y organización del tiempo de trabajo

La cronoergonomía es la denominación que en ocasiones se da a todos los aspectos relacionados con el tiempo de trabajo, y en ella se incluyen tanto las consideraciones sobre el trabajo, los ritmos biológicos, como los efectos sobre el desempeño: las jornadas prolongadas, la turnicidad, las rotaciones, las pausas, etc.

Los ritmos biológicos

El descubrimiento de la existencia de los ritmos biológicos ha tenido repercusiones en muchos ámbitos de la investigación tecnológica, especialmente en los relacionados con la salud: desarrollo de fármacos ajustados a los ciclos y actividades bioquímicas, hacia las que van dirigidas fases u horarios favorables para las intervenciones quirúrgicas, etc.

Pero desde los descubrimientos de Marion en el siglo pasado sobre la existencia de ritmos internos, incluso en las plantas, hasta los descubrimientos del doctor Wurtman del MIT sobre el síndrome depresivo estacional de las personas, producido especialmente al comienzo del otoño, y el papel de la serotonina y la exposición a la luz diurna, hay también todo un trecho de estudios y aplicaciones relacionadas con la organización de los horarios, los turnos, etc., en el mundo laboral.

En los siguientes Cuadros I y II se exponen algunos ejemplos de los principales ciclos de base biológica.

En el medio laboral, el ritmo biológico más importante y condicionante es, sin duda alguna, el ritmo circadiano, el que condiciona todo lo relacionado con el trabajo por turnos y, especialmente, el referido al trabajo en el turno de noche.

Aunque pueda parecer una simple obviedad, es cierto que en términos generales los puestos de trabajo están normalmente diseñados durante el día, por y para trabajadores diurnos. Y, sin embargo, como indica el informe de la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y

CUADRO I: RITMOS BIOLÓGICOS

Período		Nombre
< 20 horas	→	Ultradiano
24 ± 4 horas	→	Circadiano
24 ± 2 horas	→	Diano
> 28 horas	→	Infradiano
7 días	→	Circaseptano
15 días	→	Circadiseptano
21 días	→	Circavigintano
30 días	→	Circatrigintano
12 meses	→	Circanual

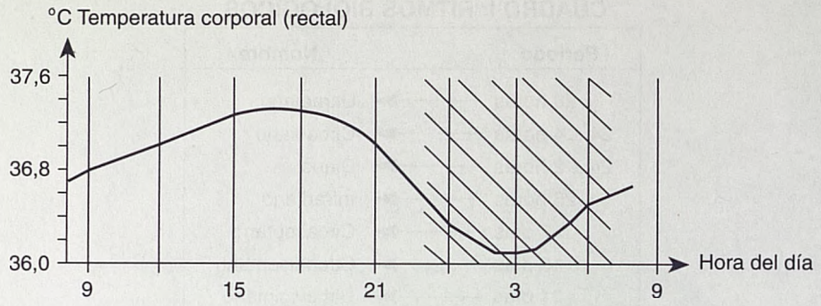
CUADRO II: RITMOS BIOLÓGICOS

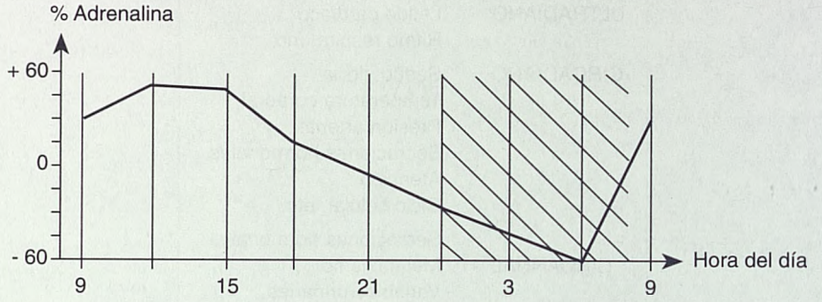
ULTRADIANO	Latido cardíaco Ritmo respiratorio
CIRCADIANO	Sueño-vigilia Temperatura corporal Presión arterial Secreciones hormonales Atención Ciclo celular, etc.
CIRCANUAL	Secreciones hormonales Metabolismo Variables urinarias Actividad sexual Reproducción

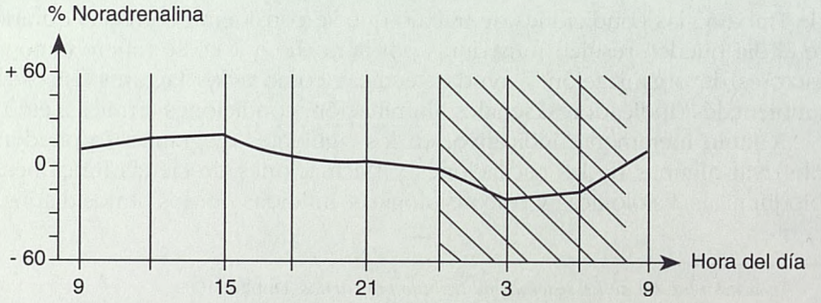
de Trabajo[1], las condiciones de trabajo que se consideran correctas durante el día pueden resultar muy duras por la noche, y esto se refiere tanto a factores de organización y ayudas técnicas como a los factores físicos y ambientales (indicadores, señales, iluminación, condiciones térmicas, etc.).

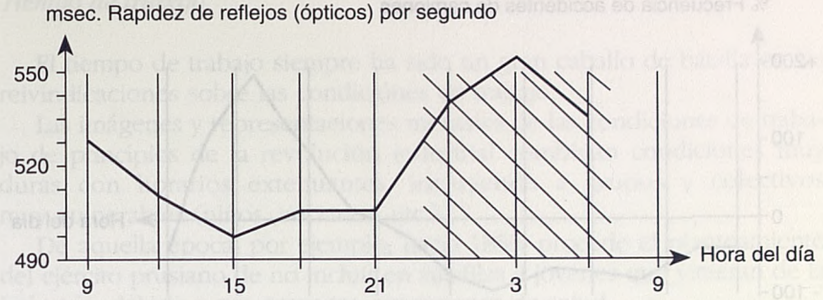
A título meramente indicativo, en los siguientes diagramas se pueden observar algunas de las oscilaciones y fluctuaciones de ciertas funciones: bioquímicas, fisiológicas y psicofisiológicas, influidas por los ritmos diarios.

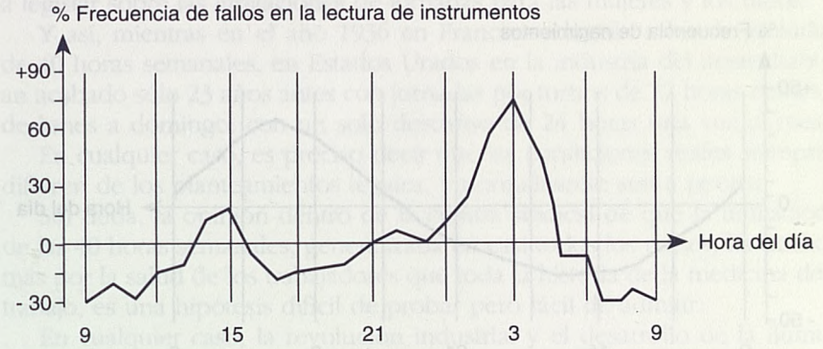
[1] *La adaptación de los sistemas de trabajo por turnos,* Dublín, 1989.

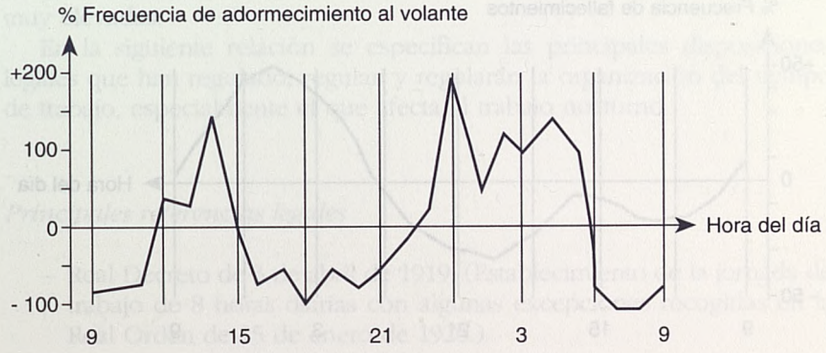

°C Temperatura corporal (rectal)
37,6
36,8
36,0
9
15
21
3
9
Hora del día

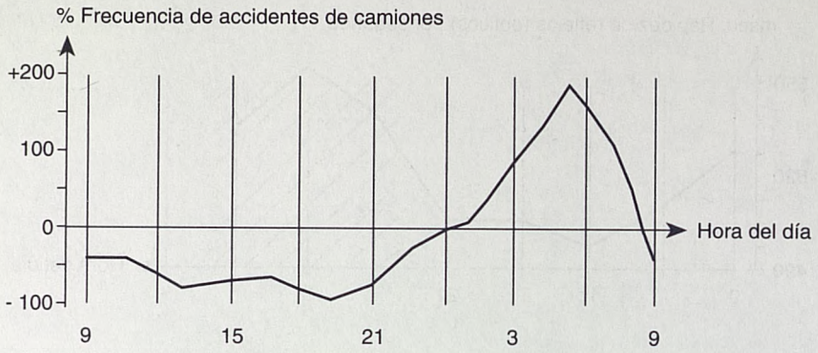

% Adrenalina
+ 60
0
- 60
9
15
21
3
9
Hora del día

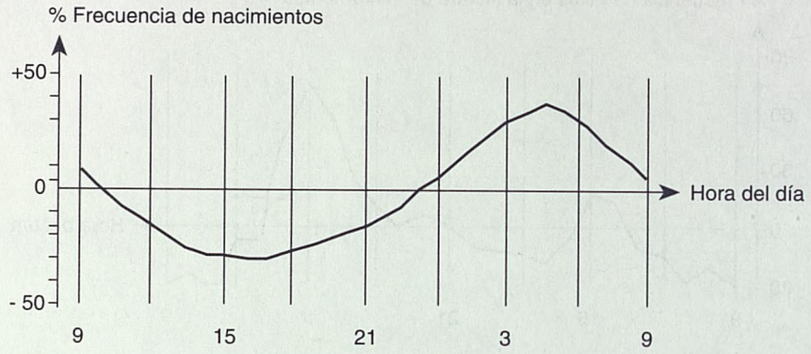

% Noradrenalina
+ 60
0
- 60
9
15
21
3
9
Hora del día

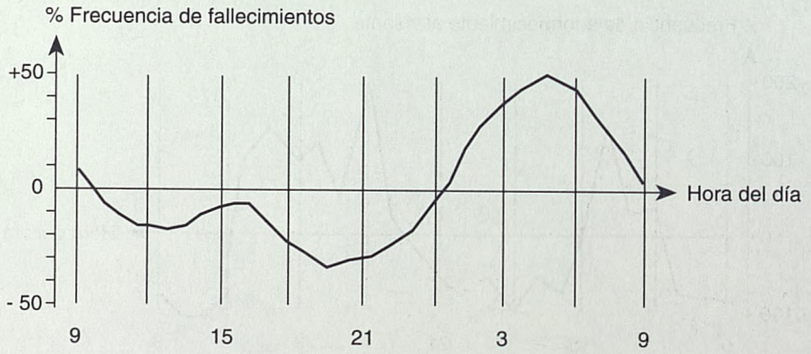

msec. Rapidez de reflejos (ópticos) por segundo
550
520
490
9
15
21
3
9
Hora del día


% Frecuencia de fallos en la lectura de instrumentos
+90
60
30
0
- 30
9
15
21
3
9
Hora del día


% Frecuencia de adormecimiento al volante
+200
100
0
- 100
9
15
21
3
9
Hora del día







Tiempo de trabajo

El tiempo de trabajo siempre ha sido un gran caballo de batalla en las reivindicaciones sobre las condiciones de trabajo.

Las imágenes y representaciones mentales de las condiciones de trabajo de principios de la revolución industrial combinan condiciones muy duras con horarios extenuantes, incluyendo a grupos y colectivos muy vulnerables (niños, ancianos, etc.).

De aquella época, por ejemplo, hacia 1850, procede el planteamiento del ejército prusiano de no incluir en sus filas a jóvenes que vinieran de la industria, debido a sus precarias condiciones de salud.

Por tanto, las limitaciones de los horarios de trabajo son referencias jurídicas que van apareciendo en las disposiciones legales de los países desde comienzos del siglo pasado; como en Inglaterra, en donde se empieza a legislar sobre las limitaciones de jornadas para las mujeres y los niños.

Y así, mientras en el año 1936 en Francia se legisla sobre la jornada de 40 horas semanales, en Estados Unidos en la industria del acero habían acabado sólo 23 años antes con jornadas por turnos de 12 horas diarias, de lunes a domingo, con un solo descanso de 24 horas una vez al mes.

En cualquier caso, es preciso decir que las condiciones reales siempre difieren de los planteamientos legales, y normalmente son a peores.

Sin duda, la opinión dentro de la cultura sindical de que la limitación de las 40 horas semanales, generalizada en casi todos los países, ha hecho más por la salud de los trabajadores que toda la historia de la medicina del trabajo, es una hipótesis difícil de probar pero fácil de admitir.

En cualquier caso, la revolución industrial y el desarrollo de la iluminación eléctrica artificial cambió las pautas de producción y, por supuesto, los hábitos horarios de trabajo de mucha gente.

Anteriormente al invento de Edison, el trabajo nocturno existía, pero las limitaciones de iluminación, a base de antorchas, candiles, etc., eran muy elevadas.

En la siguiente relación se especifican las principales disposiciones legales que han regulado, regulan y regularán la organización del tiempo de trabajo, especialmente el que afecta al trabajo nocturno.

Principales referencias legales

- Real Decreto de 3 de abril de 1919. (Establecimiento de la jornada de trabajo de 8 horas diarias con algunas excepciones recogidas en la Real Orden de 15 de enero de 1920.)

- Ley de Jornada Máxima Legal de 1 de julio de 1931 que reduce considerablemente las excepciones.
- Ley de Relaciones Laborales de 8 de abril de 1976. (Limitación de la jornada a 44 horas semanales con carácter general y a 42,5 horas en jornada continua.)
- Ley 8/1980 de 10 de marzo. Estatuto de los Trabajadores. (Duración máxima de 43 horas semanales.)
- Ley 4/1983 de 29 de junio. (Duración máxima de trabajo en 40 horas semanales de trabajo efectivo.)
- Real Decreto 2.001/1983 de 28 de julio.
- Real Decreto Ley 1/1986 de 14 de marzo. (Posibilidad de regularse jornadas anuales en los convenios colectivos.)
- Directiva 93/104/CEE de 23 de noviembre «relativa a determinados aspectos de la ordenación del tiempo de trabajo».

Trabajo por turnos

Se denomina trabajo por turnos a la forma de organización del trabajo en la que equipos independientes trabajan sucesivamente para lograr la continuidad de una modalidad de producción o servicio (Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y Trabajo).

La organización del trabajo por turnos es un campo relativamente amplio de intervención ergonómica, a diferencia de la duración de la jornada de trabajo, que suele ser un dato fijo de partida, objeto de negociación y modificación en otros ámbitos como el de las legislaciones, las negociaciones sindicales, etc., y donde únicamente caben estudios sobre la posible flexibilización y compatibilización de horarios, etc. Existen otros aspectos muy incipientes todavía, como el teletrabajo o trabajo que requiere el uso de tecnologías informáticas y de telecomunicaciones, que se efectúa a distancia del lugar convencional de trabajo.

La modalidad de teletrabajo *on-line* implica el empleo de enlaces electrónicos entre la persona y la empresa.

La modalidad de teletrabajo *off-line* implica el transporte o transmisión convencional del trabajo realizado y fijado o almacenado en papel o soportes informáticos.

Todos estos nuevos planteamientos tienen repercusiones sobre los horarios, la disponibilidad y organización del tiempo, pero sobre todo afecta a la propia organización intrínseca del trabajo y su contenido.

Evidentemente, el trabajo por turnos, que a veces se entiende o asocia exclusivamente al turno o trabajo de noche, está sometido a una fuerte contradicción. Por un lado, las recomendaciones sobre salud y calidad de vida indican que deben limitarse y reducirse al mínimo; por otro, las necesidades sociales y la tendencia a la tercerización de las sociedades industriales (dominancia del sector servicios sobre la producción directa de bienes) lleva a más personas a trabajar de noche, sin que las automatizaciones y robotizaciones de bastantes puestos y operaciones hayan invertido, por ahora, la tendencia hacia el crecimiento del trabajo nocturno.

En la siguiente relación se incluyen los sectores que trabajan o tienden a trabajar las 24 horas del día:

- Sanidad.
- Transporte.
- Seguridad.
- Comunicaciones.
- Distribución minorista.
- Industrial (procesos continuos).

De hecho, en la CEE se estima que el 20 % de los trabajadores del sector industrial y el 18 % del de servicios trabaja por turnos, con un volumen de 18 millones de personas con este tipo de trabajo.

En la siguiente relación se exponen las principales variables que influyen en la adopción del trabajo nocturno, siendo las de carácter económico las que tienen un peso relevante y decisivo en la mayoría de los casos:

- Costes de energía.
- Costes de mano de obra.
- Costes de amortización de instalaciones.
- Obsolescencias (progreso técnico).

Duración de los turnos

Normalmente, la duración de los turnos suele ser la misma, independientemente del número de éstos (2 x 12 h., 3 x 8 h., 4 x 6 h., etc.), pero en algunas empresas se han ensayado e implantado otras posibilidades, como las de la fábrica alemana de cervezas Tuborg, donde el turno de noche está reducido a 7 horas, y ampliado el de mañana a 9 horas, tratando de compensar según las preferencias existentes al respecto.

Tipos de turnos

El tipo más común es el turno rotatorio, si bien existen casos en donde se implantan turnos fijos, especialmente cuando alguno de los turnos tiene un carácter estacional y supone el ingreso temporal de nuevas personas en la empresa.

Período de rotación

En los turnos rotatorios el período de rotación más común es el semanal, pero atendiendo a otras necesidades como las relacionadas con los ritmos biológicos; se tiende a recomendar períodos de rotación más rápidos, como los de 2 días de noche y 2 días de tarde y 2 días de mañana, o incluso períodos de rotación variable:

Lentos	7 - 7 - 7 5 - 5 - 5
Rápidos	2 - 2 - 2 3 - 3 - 3
Variables	5T - 3N - 5M - 2N

Variables de la organización del trabajo por turnos

Las principales variables que hay que tener en cuenta para la organización del trabajo por turnos son:

- Duración de la jornada: esta variable, como ya se ha indicado, es un parámetro que viene dado por la legislación o convenios y determina el número de equipos necesarios para cubrir unas determinadas actividades, bien sean continuas, semicontinuas, discontinuas, etc.
- Número de turnos: históricamente la división del día en 3 fracciones de 8 horas ha sido la tónica general; sin embargo, las características del trabajo y la reducción del tiempo global del trabajo han llevado al establecimiento de otras divisiones con los 4 turnos, del orden de 6 horas, con algún solapamiento anterior y posterior, o a otras divisiones como la de 2 turnos, del orden de 12 horas diarias, especialmente en puestos cuya función básica es la disponibilidad (guardias médicas, vigilancia, protección, etc.).

Problemas e inconvenientes del trabajo nocturno

Los inconvenientes del trabajo nocturno están ligados a los desajustes o desadaptaciones a los tres principales ciclos o actividades fundamentales:

- Tiempo biológico.
- Tiempo laboral.
- Tiempo familiar-social.

Muchos de los conflictos provocados por los horarios nocturnos están relacionados con las dificultades de buscar compromisos entre las necesidades profesionales, las familiares y las biológicas del organismo.

En general, el trabajo nocturno es mejor aceptado cuando se plantea como una fase superable o provisional de la vida profesional, ya que, a partir de los 40-45 años, la tendencia a buscar trabajos estables en horarios diurnos es muy elevada.

Las principales alteraciones observadas en las personas que trabajan por turnos, incluido el nocturno, son:

- Disfunciones digestivas: se estima que del orden de una tercera parte sufren pérdidas de apetito, trastornos digestivos (gastritis, colitis, úlceras, etc.).
- Disfunciones del sueño: los principales problemas son los relacionados con las dificultades de conseguir el sueño profundo (insomnio, duermevela, etc.), en parte provocadas por los horarios y sus cambios, y en parte por las condiciones de las viviendas (ausencia de alivio acústico, compatibilización con otros horarios familiares, etc.).
- Disfunciones psicosomáticas: en este apartado se pueden incluir todos los fenómenos que, sin llegar a ser patológicos o clínicos, forman parte de los deterioros personales, tales como la fatiga, los dolores erráticos y difusos, la irritabilidad, la apatía, las alteraciones sobre el bienestar.

Factores de tolerancia del trabajo nocturno

Se consideran que los principales factores de tolerancia al trabajo nocturno están relacionados con:

- Amplitud del ciclo térmico corporal.
- Factores de personalidad.
- Hábitos y factores sociales y culturales.

Amplitud del ciclo térmico corporal

Se asume que el ciclo térmico corporal es el estimador más accesible y más representativo del estado general del organismo respecto al ritmo circadiano. De manera que, aun considerando que el ciclo biológico nunca se invierte para adaptarse al ciclo sueño-vigilia en el trabajo nocturno, la reducción de la amplitud del ciclo es un indicador, si no de adaptación, al menos sí de tolerancia al mismo.

Factores de personalidad

Algunas observaciones y estudios apuntan que las personas con rasgos de introversión toleran o aceptan mejor las condiciones de trabajo que se crean en el trabajo nocturno: menor supervisión, menores relaciones personales, pero más intensas, etc.

Hábitos y factores sociales y culturales

La tolerancia al trabajo nocturno depende también de los hábitos personales y familiares y sociales respecto al tema.

En muchas zonas geográficas en donde el trabajo por turnos es lo más común, los conflictos de tipo familiar y social quedan mucho más mitigados y mejor compensados que en áreas en donde el trabajo nocturno es excepcional.

Tipos de rotación

Las rotaciones más comunes son la:

- Anterógrada: mañana-tarde-noche-mañana, etc.
- Retrógrada: mañana-noche-tarde-mañana, etc.

(No se incluyen los períodos de descanso establecidos o preceptivos.)

La rotación anterógrada tiene en cuenta que el cambio más desfavorable suele ser el que supone salir del turno de noche para reincorporarse en el de mañana, aun considerando los tiempos mínimos de descanso entre un turno y otro.

Pueden existir otras combinaciones, como sería una rotación mixta, tal y como se expone:

Mañana-Noche-Tarde / Tarde-Noche-Mañana / Mañana-Noche-Tarde / Tarde-Noche-Mañana / Mañana, etc.

Este tipo supondría una combinación de los períodos de rotación variable, rápida para el turno de noche y lenta para los de mañana y tarde.

Horarios de cambio de turno

El horario para el cambio de turno más común suele ser el de las 6-7 horas de la mañana, 14-15 horas del mediodía y 22-23 horas de la noche. Sin embargo, en algunas empresas de algunos países europeos se efectúan cambios hacia las 5 de la mañana, e incluso antes.

Otros factores

A la hora de diseñar los distintos calendarios de trabajo es preciso considerar otros aspectos como:

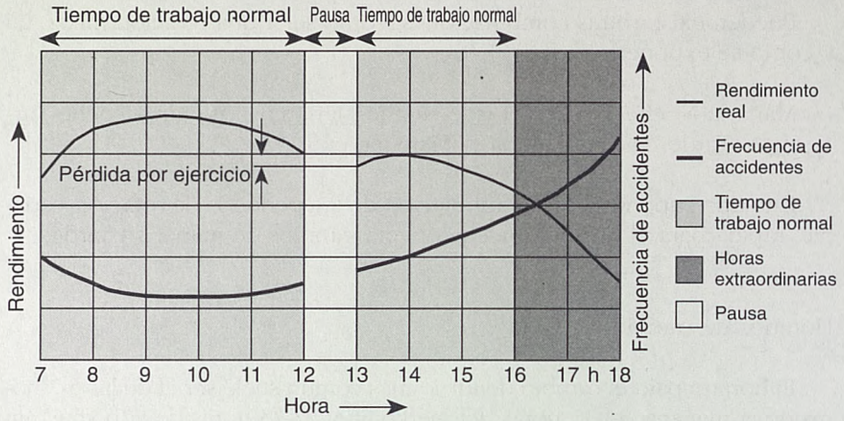
- La necesidad o conveniencia de solapamientos entre turnos.
- La posibilidad de flexibilizar horarios.
- Las sustituciones o cambios por enfermedad, vacaciones, etc.
- El tipo de trabajo: en equipo, individual, enlazado, etc.

Las pausas y los descansos

El estudio de los efectos de las pausas y los descansos está íntimamente ligado al estudio de la fatiga física y mental, pero, por otro lado, la organización de este tiempo forma propiamente parte de la organización del trabajo y ha sido siempre un tema importante de la psicofisiología laboral y la racionalización del trabajo.

En la figura de la página siguiente se pueden ver algunas esquematizaciones y resultados del efecto de la fatiga con el desempeño del trabajo.

El estudio de los accidentes y tiempo de trabajo suele estar más relacionado con los turnos, horarios y descansos que con las pausas, dadas las dificultades de analizar las distintas modalidades de éstas.



Representación esquemática del rendimiento real (deducidas las pérdidas) y curva de accidentes en el trabajo en cadena (Kuhlmann).

Clasificación de las pausas

Las pausas se pueden clasificar en:

- Espontáneas: se efectúan por iniciativa del trabajador. Se suelen tratar de micropausas debido a la severidad del trabajo.
- Enmascaradas: suelen consistir en un cambio de actividad para descansar de otro de mayores exigencias.
- Técnicas: derivadas de la propia naturaleza del trabajo, tales como el enfriamiento de una pieza, la parada total de una máquina, etc.
- Reglamentarias: suelen estar recogidas en alguna disposición interna, derivadas del estudio del trabajo (coeficientes de fatiga, necesidades personales, etc.).

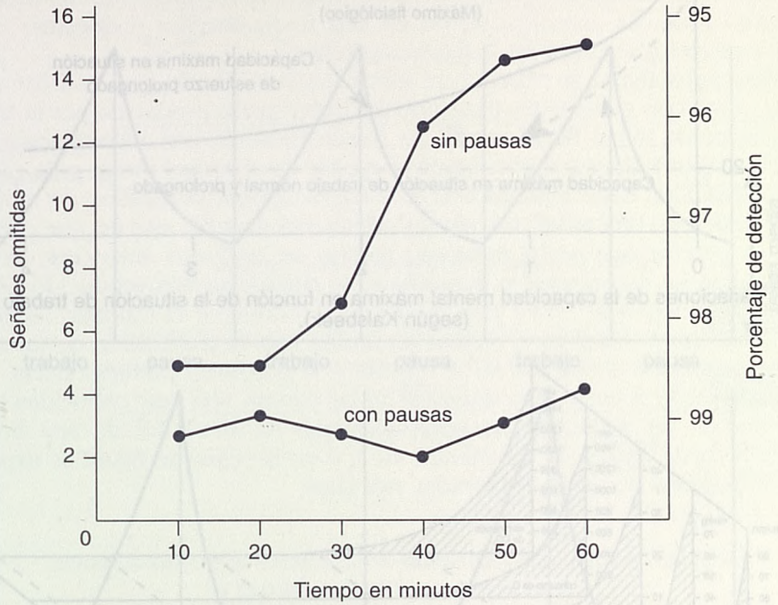
En sentido estricto las pausas y los descansos son tiempos disponibles dentro de una misma jornada de trabajo derivados de la interrupción de un trabajo o de una actividad en curso, y pueden tener varios objetivos y formulaciones.

La diferencia entre pausa y descanso es puramente cuantitativa; así, una pausa raramente supera los 15-30 minutos (ej.: pausa del bocadillo, pausa para un café, etc.) y por el contrario se suelen denominar descansos a los períodos de tiempo superiores a los mencionados.

También los objetivos y los efectos buscados son diferentes. Mientras que en los períodos de descanso se busca una recuperación significativa

sobre la fatiga prácticamente a niveles óptimos, de las pausas se espera que sean un alivio o una tregua al cansancio físico y/o mental.

En las siguientes figuras se puede observar la variación de la capacidad mental de decisión en función del tiempo. Como se observa, dichas curvas son muy similares a las de la capacidad física, ya que todas ellas son el resultado de una disminución acumulada que responde a una función exponencial negativa.

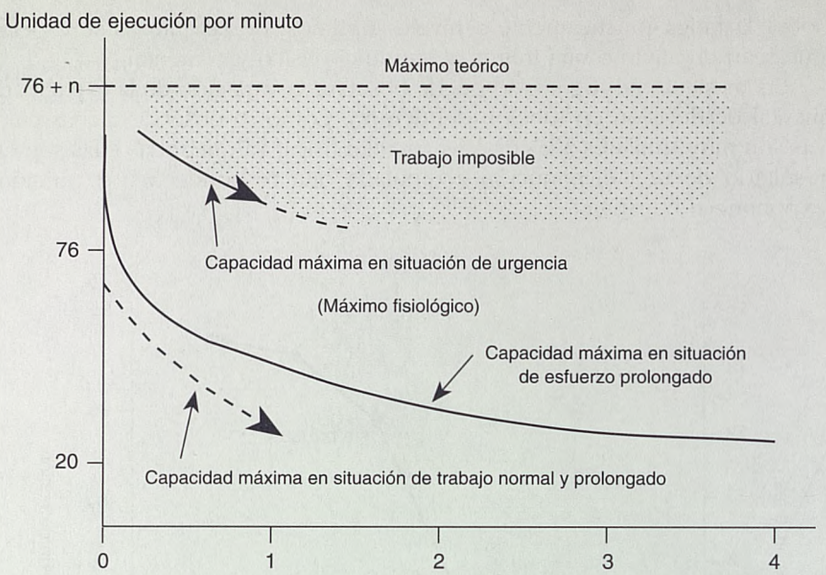


De Grandjean, 1983.

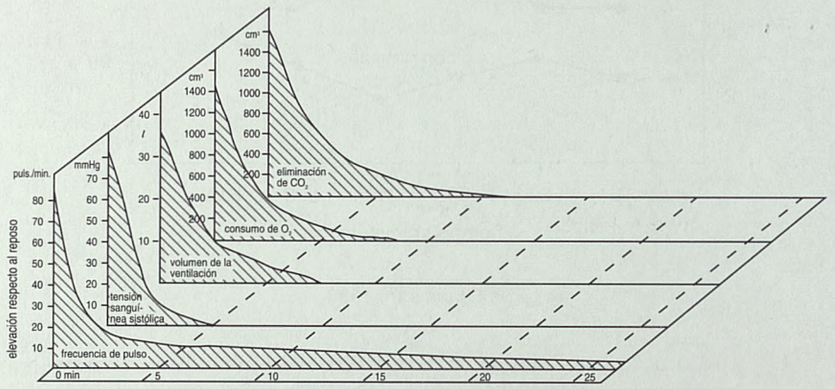
El estudio de los accidentes y tiempo de trabajo suele estar más ligado a los turnos, horarios y descansos que con las pausas, dadas las dificultades de analizar las distintas modalidades de éstas.

Una clasificación más compleja de las pausas propiamente dichas (reconocidas, reglamentadas, cuantificadas, etc.) puede efectuarse atendiendo a una gran cantidad de variables.

Lehmann en su *Fisiología práctica del trabajo* habla incluso de «pausas musculares», que en la actividad fisiológica son de 0,2 a 0,7 segundos, considerando que los tiempos de contracción muscular son del orden de 0,3



Variaciones de la capacidad mental máxima en función de la situación de trabajo (según Kalsbeek).



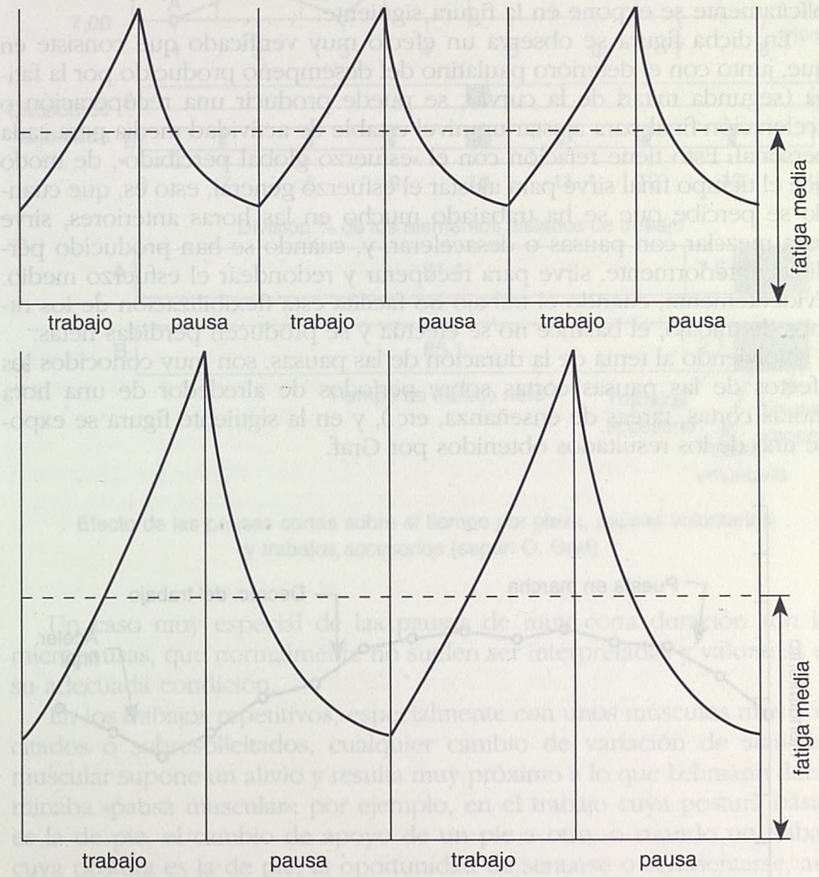
Retorno al valor de reposo de la frecuencia del pulso, presión sanguínea, respiración, consumo de oxígeno y eliminación del anhídrido carbónico después de un trabajo penoso.

a 0,8 segundos. Pero en este apartado nos referiremos a las pausas dentro de la organización del trabajo.

Atendiendo a la duración se pueden dividir en:

- Pausas muy cortas o micropausas: de unos segundos a 1-2 minutos.
- Pausas cortas: de 2 a 10 minutos.
- Pausas normales: de 10 a 30 minutos.

Los períodos superiores entre trabajos dentro de una misma jornada se suelen denominar descansos o paradas (parada para comer, parada de descanso en la conducción de vehículos de transporte, etc.).



Esquema de la fatiga máxima y media en trabajos con muchas pausas cortas y pocas pausas largas, unas y otras de igual duración total.

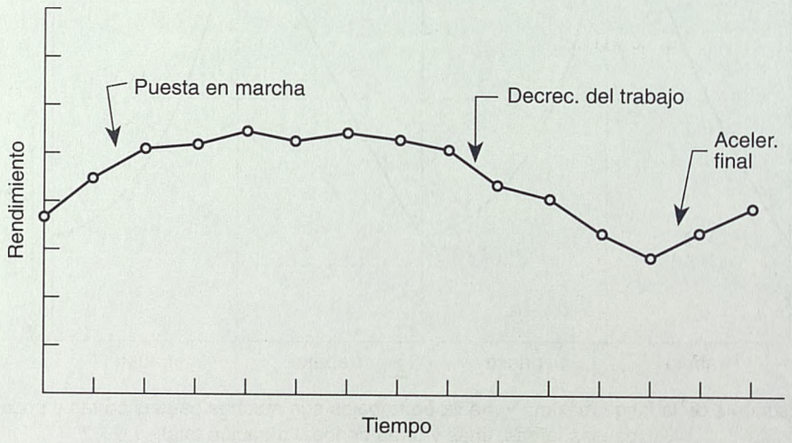
El tamaño ideal de las pausas depende de múltiples factores, según el propio trabajo, pero en general se admite que una misma cantidad de tiempo es más eficaz cuando se reparte en pequeños períodos frecuentes.

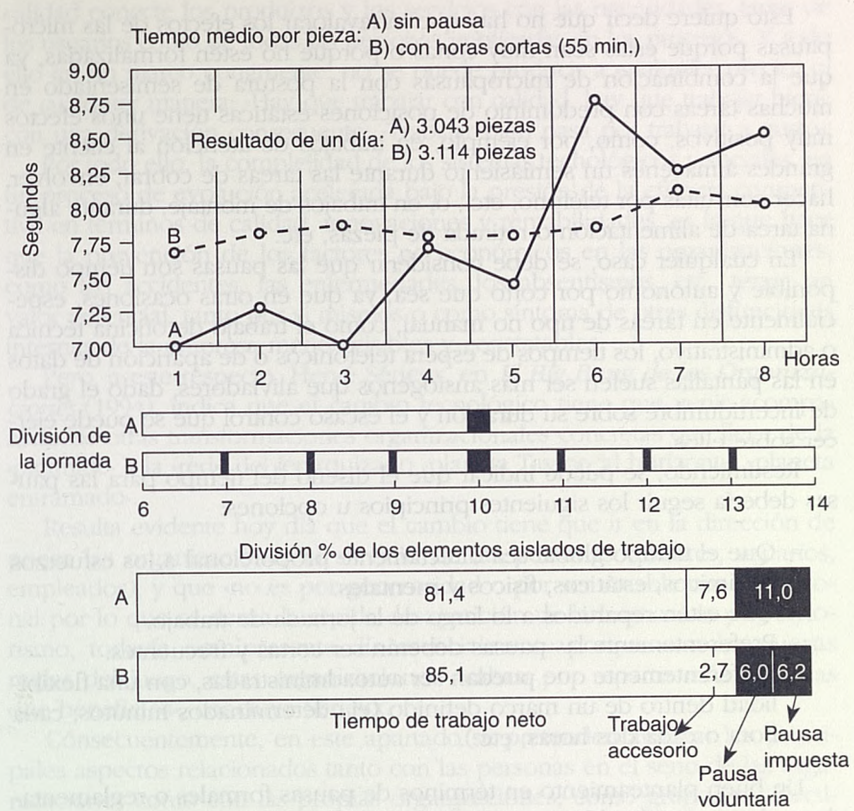
Lehmann esquematiza en la siguiente figura un supuesto del 50 % de trabajo y 50 % de descanso, para que se perciba claramente la diferencia de la fatiga media resultante en los dos supuestos de períodos cortos y períodos más largos.

Por supuesto que la reducción del tiempo de las pausas y la proliferación de las mismas tienen un límite operativo que es el derivado de los tiempos de desplazamiento, y sobre todo el tiempo de recuperación del rendimiento estándar, como ya se vio en una figura anterior y que más explícitamente se expone en la figura siguiente.

En dicha figura se observa un efecto muy verificado que consiste en que, junto con el deterioro paulatino del desempeño producido por la fatiga (segunda mitad de la curva), se puede producir una recuperación o aceleración final para ajustar un nivel estable de actividad media para cada personal. Esto tiene relación con el «esfuerzo global percibido», de modo que el tiempo final sirve para ajustar el esfuerzo general, esto es, que cuando se percibe que se ha trabajado mucho en las horas anteriores, sirve para mezclar con pausas o desacelerar, y, cuando se han producido pérdidas anteriormente, sirve para recuperar y redondear el esfuerzo medio. Evidentemente, cuando el trabajo no facilita esta flexibilización de los ritmos de trabajo, el balance no se efectúa y se producen pérdidas netas.

Volviendo al tema de la duración de las pausas, son muy conocidos los efectos de las pausas cortas sobre períodos de alrededor de una hora (horas cortas, tareas de enseñanza, etc.), y en la siguiente figura se expone uno de los resultados obtenidos por Graf.





Efecto de las pausas cortas sobre el tiempo por pieza, pausas voluntarias y trabajos accesorios (según O. Graf).

Un caso muy especial de las pausas de muy corta duración son las micropausas, que normalmente no suelen ser interpretadas y valoradas en su adecuada condición.

En los trabajos repetitivos, especialmente con unos músculos muy solicitados o sobresolicitados, cualquier cambio de variación de actividad muscular supone un alivio y resulta muy próximo a lo que Lehmann denominaba «pausa muscular»; por ejemplo, en el trabajo cuya postura básica es la de pie, el cambio de apoyo de un pie a otro, o cuando un trabajo cuya postura es la de pie, la oportunidad de sentarse o semisentarse, aun por unos pocos segundos de una forma frecuente, puede tener un efecto muy beneficioso sobre la fatiga postural.

Esto quiere decir que no hay que infravalorar los efectos de las micropausas porque éstas sean muy cortas o porque no estén formalizadas, ya que la combinación de micropausas con la postura de semisentado en muchas tareas con predominio de posiciones estáticas tiene unos efectos muy positivos, como, por ejemplo, en trabajos de atención al cliente en grandes almacenes un semiasiento durante las tareas de cobrar, envolver, hacer consultas por teléfono, etc., o, en trabajos de montaje, durante alguna tarea de alimentación o retirada de piezas, etc.

En cualquier caso, se debe considerar que las pausas son tiempo disponible y autónomo por corto que sea, ya que en otras ocasiones, especialmente en tareas de tipo no manual, como el trabajo de oficina técnica o administrativo, los tiempos de espera telefónicos o de aparición de datos en las pantallas suelen ser más ansiógenos que aliviadores, dado el grado de incertidumbre sobre su duración y el escaso control que se puede ejercer sobre ellos.

Resumiendo, se puede indicar que el diseño del tiempo para las pausas debería seguir los siguientes principios u opciones:

- Que el tiempo global sea directamente proporcional a los esfuerzos dinámicos, estáticos, físicos y mentales.
- Que estén repartidos a lo largo de la jornada de trabajo.
- Preferentemente las pausas deberán ser cortas y frecuentes.
- Preferentemente que puedan ser autoadministradas, con una flexibilidad dentro de un marco definido (ej.: determinados minutos, cada hora o cada dos horas, etc.).

Un buen planteamiento en términos de pausas formales o reglamentarias reduce considerablemente el otro tipo de pausas enmascaradas, como repetidamente se puede comprobar.

La conducta organizacional en la ergonomía

Como ya se ha indicado, la ergonomía se ha ido desarrollando en el marco de una mayor complejidad y opacidad de los sistemas tecnológicos, que tienden a poner en cuestión las capacidades y desempeños de las personas, especialmente en situaciones de alto estrés y presión psicológica. Frente a esto, se han desarrollado unos planteamientos ligados a los de la ingeniería de la fiabilidad, que hacen mejores y más tolerables para las personas los sistemas formados por máquinas, equipos, ambiente.

Por otro lado, las exigencias de calidad de vida, tanto fuera como dentro del trabajo, han hecho que la cultura del confort, de las facilitaciones y de la

calidad conecte los productos y los servicios con las necesidades, tanto de los usuarios como de todas las personas implicadas en los procesos. Y todo ello en un marco congruente: no se puede producir a cualquier precio, ni de cualquier manera: «Hay que trabajar con calidad, hay que trabajar bien»; con una derivación consecuente: «Trabajar bien pasa por trabajar a gusto».

Por todo ello, la complejidad de los sistemas tecnológicos y sociales, en un proceso de evolución acelerada bajo la presión de la eficacia competitiva en términos de calidad, innovaciones y rentabilidades, es la que hace que la prevención de los factores no económicos en las organizaciones, como los accidentes, las enfermedades, los absentismos, etc., tenga un valor gerencial, tanto por sí mismos o como síntoma de otras disfunciones internas de la empresa menos visibles y constatables.

Pero, a este respecto, Hervé Sérieyx, en *El Big Bang de las Organizaciones* (1994), indica que el cambio tecnológico tiene que venir acompañado de otras transformaciones organizacionales concretas que lleve de la «pirámide» a la «red», del jerarquizado «planeta Taylor» al horizontal «planeta entramado».

Resulta evidente hoy día que el cambio tiene que ir en la dirección de poner las organizaciones al servicio de las personas (clientes, usuarios, empleados), y que «no es por generosidad o por ser amable con el personal por lo que se desea la rápida desaparición de la burocracia y el taylorismo, todavía omnipresente. Es esencialmente porque con las nuevas reglas del juego, estas organizaciones acaban por repartir más pérdidas que beneficios», concluye Sérieyx.

Consecuentemente, en este apartado se pretenden analizar los principales aspectos relacionados tanto con las personas en el seno de las organizaciones como con las propias organizaciones, como grupos o colectivos, todo ello en el contexto de la configuración ergonómica del trabajo.

El «efecto Hawthorne» y la crítica de la razón taylorista

El «efecto Hawthorne», basado en los estudios de Elton Mayo de la Academia Nacional de Ciencias de EE. UU., en la década de los treinta (1927-1939), marcó un hito metodológico –al combinar los planteamientos de experimentación psicosociológica en las propias empresas– y sus conclusiones aún se hacen sentir de alguna manera en muchos de los planteamientos actuales relacionados con la mejora de las condiciones de trabajo. El glosario de ergonomía de la CECA define el «efecto Hawthorne» como: «Un experimento sobre incentivación llevado a cabo en la Western Electric Company en Hawthorne, donde sus resultados generales mostraron que las mejoras ambientales tienen una influencia relativa comparadas

con el desarrollo de un mejor clima laboral y de cohesión grupal, siendo especialmente significativos los sentimientos de integración y de comunicación entre las personas y la gerencia».

A este «efecto Hawthorne» también se le ha denominado «efecto cambio», en la medida en que las personas tienden a preferir los cambios cuando no se presentan amenazas directas u ocultas.

Los aspectos derivados de los cambios en las organizaciones son cruciales en la situación actual y serán abordados en posteriores apartados.

Desde el punto de vista de la ergonomía es significativo que, en pleno auge del taylorismo, los estudios preliminares de Elton Mayo ya indicaran una crítica abierta a las limitaciones del mismo.

El taylorismo se caracteriza y se apoya formalmente en la selección de los supuestamente más capacitados y en una búsqueda de la eficacia mediante la economía de movimientos y esfuerzos, basado todo ello en una parcelación y división exhaustiva del trabajo y de las tareas; pero fundamentalmente se plantea como una relación individualizada que fomenta ante todo la competitividad entre los niveles jerárquicos, lo que conlleva dificultades de comunicación y de localización de áreas de intereses compartidos. Los planteamientos tayloristas se podrían denominar «analíticos», pero ello implica tal grado de fragmentación, estancamiento y rigidez en la organización del trabajo que la hace incompatible con las necesidades de flexibilización y adaptabilidad de los sistemas de organización actuales.

A su vez, los motivadores principales, cuando no únicos, del taylorismo son los económicos. La iniciativa personal y la creatividad no sólo no están contempladas, sino que se desaconsejan. Elton Mayo, en los trabajos iniciales realizados entre 1927 y 1929, concluyó que algunas de las «principales limitaciones» de aquellos, entonces, modernos planteamientos del taylorismo y la Organización Científica del Trabajo (OCT) eran las siguientes:

Principales limitaciones

- El trabajador y su puesto forman una unidad aislada.
- La eficacia puede ser medida científicamente.
- Los principales factores de la eficacia son:
  - La eliminación de los movimientos inútiles.
  - Que la fatiga es básicamente fisiológica.
  - Que son fundamentales las condiciones físicas de trabajo.

Para Elton Mayo, y como resumen de los trabajos en la Western Electric Company, se pueden considerar necesidades básicas del trabajo la estimación y el respeto a la persona, el reconocimiento del trabajo, la pertenencia grupal;

para concluir que los aspectos más importantes del trabajo, incluidos los salarios y las condiciones físicas, son los factores psicosociales, tales como:

- El estilo de dirección.
- La participación.
- El tipo de supervisión y control.
- La comunicación.

Como se puede comprobar, estos estudios sentaron las bases actuales de lo que hoy se denomina el «contrato psicológico del trabajo» que fue analizado en la introducción de esta obra.

Posteriormente, Herzberg, Mausner y Snyderman, en *Motivation to work,* profundizaron y matizaron estos aspectos, destacando que existían dos grupos de factores laborales respecto a la motivación en el trabajo. Un grupo que propiamente promueve el interés por el trabajo y que denominó «factores motivantes», y otro grupo de factores que, aun estando correctamente planteados, no estimulan hacia el trabajo, pero que si no están correctamente resueltos eran motivo de conflictos y problemas; a éstos los denominó «factores higienizantes».

Otros autores identifican los factores motivacionales con los factores internos o intrínsecos al trabajo, y a los factores higienizantes como los factores externos o extrínsecos, que más tarde dieron lugar los aspectos más relevantes del enriquecimiento de las tareas.

El texto básico de Herzberg ya señalaba aspectos controvertidos respecto a la satisfacción y la insatisfacción en el trabajo, tales como que tienen orígenes diferentes y no son únicamente reacciones opuestas a unos mismos factores.

A continuación se exponen los principales factores seleccionados por Herzberg respecto a la motivación en el trabajo:

FACTORES HIGIENIZANTES	FACTORES MOTIVANTES
– Política directiva.	– Reconocimiento.
– Estilo de mando.	– Promoción.
– Supervisión y control.	– Contenido del trabajo.
– Horarios.	– Responsabilidad.
– Compañeros y subordinados.	– Tecnología.
– Salario.	– Realización personal.
– Estabilidad en el empleo.	
– Seguridad y condiciones de trabajo.	

(Se han subrayado los factores más directamente relacionados con la ergonomía.)

Satisfacción, motivación y clima laboral

Los temas de motivación, satisfacción y clima laboral, si bien no se pueden considerar exclusivamente ergonómicos, están tan ligados a los principales factores de lo que se ha denominado configuración ergonómica del trabajo que al menos se realizarán algunas consideraciones básicas al respecto.

Algunas veces se tiende a identificar la satisfacción laboral con la motivación hacia el trabajo, si bien muchos autores separan estos aspectos.

La motivación se tiende a entender como disposiciones de la conducta, mientras que la satisfacción laboral se centra en los sentimientos o reacciones afectivas y las posibles consecuencias en relación con el trabajo.

Ambos aspectos están relacionados y su punto de intersección podrían ser las expectativas (entre los sentimientos y las actitudes).

Es bien conocido que las personas no actúan tanto por sus ideas o planteamientos como por las expectativas sobre los resultados que se esperan obtener. Como George Bernard Shaw resumía: «Las personas, más que por nuestras experiencias, obramos por nuestras esperanzas».

Las motivaciones y las expectativas creadas en cualquier organización deben ser adecuadamente ajustadas. Si éstas son escasas será difícil moverse en una dirección determinada; si son excesivas pueden provocar frustraciones, especialmente si los logros son escasos, sobre todo a medio plazo.

No debe olvidarse que la conducta, tanto individual como colectiva, queda bastante explicada y predicha cuando se pueden contrastar expectativas y resultados.

El clima organizacional es una suma de percepciones sobre la organización en su conjunto y sus métodos de análisis son fundamentalmente descriptivos.

El clima organizacional tiene distintas concepciones, si bien las principales orientaciones tienden a coincidir en los siguientes puntos:

1. El clima de la organización se concibe siempre como una cualidad relativamente perdurable del mundo interno de una organización.
2. Una organización se distingue de otras por su clima.
3. Esta cualidad del mundo laboral interno deriva en su mayor parte de la conducta de las disposiciones y de las reglamentaciones que emanan de la dirección de la organización.
4. Los miembros de la organización perciben este clima, aunque puedan tener dificultades para explicarlo o describirlo.
5. El clima de la organización sirve de base para describir la situación laboral.

Los parámetros de medición o estimación del clima en las organizaciones se podrían resumir en los siguientes puntos variables:

1. La autonomía individual o la libertad del individuo para decidir por sí mismo sobre su trabajo.
2. La estructura o el grado en que se han elaborado y establecido claramente los métodos y los objetivos, y el modo en que el superior los da a conocer a las personas.
3. El sistema general de recompensa y de retribución que se practica y que presenta una relación íntima y manifiesta con el rendimiento productivo.
4. La atención, el apoyo, el interés y el «calor» que muestran los superiores hacia los individuos subordinados (en el sentido de la teoría de las «relaciones humanas»).
5. La cooperación y la capacidad de resolver conflictos entre los colaboradores, los colegas, superiores y subordinados, pero sobre todo dentro de la sección, del grupo particular de trabajo (sistemas parciales de la organización).

Dentro de las escalas concretas ya elaboradas, las de Pritchard & Karasick (1973) se componen de once dimensiones del clima de la organización:

1. Autonomía (en la ejecución del trabajo y en la toma de decisiones).
2. Conflicto frente a cooperación (rivalidad frente a colaboración en el desempeño de las funciones).
3. Relaciones sociales (atmósfera social dentro de la organización).
4. Estructura (claridad y carácter abierto de los métodos, procesos y funciones).
5. Calidad de la recompensa y de la retribución (recompensas y retribuciones, financieras y no financieras adecuadas).
6. Relaciones estrechas entre el rendimiento real y la retribución (verdadera dependencia de la recompensa y de la retribución respecto del rendimiento obtenido y las aptitudes reales).
7. Motivación para el rendimiento (intento de motivación por parte de la organización misma).
8. Polarización del estatus (grado de acentuación de los límites fisiológicos y psicológicos que separan a los miembros de diferentes niveles de la organización).
9. Flexibilidad e innovación (receptibilidad respecto a nuevas ideas, métodos y procesos).

10. Centralización de la toma de decisiones (reparto de autoridad y de la toma de decisiones).
11. Apoyo mutuo e interés recíproco (interés de la organización hacia sus colaboradores dentro y fuera del proceso laboral).

Cada una de estas dimensiones está provista de una serie de ítems, y la valoración se efectúa con ayuda de una escala Likert de 5 puntos (1 = nunca se da el caso; 5 = siempre sucede así).

Respecto a los indicadores de la satisfacción laboral, las dimensiones más importantes que se incluyen en los principales métodos son:

1. El trabajo mismo (contenido, tareas y control, intereses, posibilidades de éxito, variación).
2. Supervisión o estilo de dirección (relaciones humanas).
3. Organización y dirección de la organización (interés hacia los colaboradores, etc.).
4. Posibilidades de ascenso.
5. Colaboradores (competencia, altruismo, afabilidad).
6. Condiciones de trabajo (físicas y psíquicas).
7. Recompensa y remuneración financieras y no financieras (cantidad, conveniencia).
8. Reconocimiento (*feedback,* reconocimiento verbal del trabajo realizado).

Dentro de las escalas concretas de satisfacción laboral destaca la de Porter (1962). Este autor, que estudia la satisfacción laboral basándose en la teoría de la motivación de Maslow, define la ST como la diferencia que existe entre la «recompensa percibida como adecuada» y la «recompensa efectivamente recibida».

La teoría X e Y de McGregor y las hipótesis autocumplidas en las organizaciones

Las hipótesis autocumplidas *(self-fulfilling prophecies)* parten de un planteamiento de Merton basado en el principio de la «realidad psicosociológica», conocido como teorema de Thomas y que indica que un hecho de alguna manera opera como real cuando se toma como verdadero. Esto que es evidente en un proceso comunicativo, donde lo que determina no es tanto lo que se dice como lo que se entiende, es aplicable a la mayoría de las relaciones humanas.

Las hipótesis autocumplidas tienen en cuenta que las expectativas que se establecen sobre lo que puede suceder producen modificaciones en la conducta que tienden a confirmarlas.

Estos planteamientos son cada día más evidentes en todos los campos sociales, desde la enseñanza (efecto de Rosenthal) o las elecciones políticas (efecto *band-wagoon* en los pronósticos de los ganadores y el efecto *undergo* en el de los perdedores) hasta aspectos tan complejos y ocultos como el «efecto placebo» o el «pensamiento positivo».

En 1957 McGregor planteó una serie de consideraciones sobre las actitudes de las personas en la empresa y postuló que la «filosofía de la gerencia determina la práctica». Esta suposición se ha ido comprobando en el marco del autocumplimiento de las hipótesis. Vendría a decir que la idea que tiene la gerencia sobre cómo espera que se comporten las personas produce una serie de actitudes y estilos gerenciales que tienden a autoconfirmarse.

La más común de las suposiciones (que a la mayoría de las personas no les gusta trabajar, que tratan de evitar las responsabilidades, que el dinero es el principal y casi único incentivo real [modelo o teoría X]) generará un modelo de organización que probablemente será tan molesta y desagradable que tenderá a confirmar las expectativas gerenciales.

Por el contrario, la teoría Y parte del supuesto de que las personas son curiosas por naturaleza, que tienden espontáneamente a hacer cosas con gusto, a superar y a compartir responsabilidades y que, por tanto, el papel de la gerencia es crear las condiciones para que estas actitudes o conductas se desarrollen. Y es que, aunque existan personas X, el papel del autocumplimiento hace que las gerencias deban trabajar con el modelo Y o teoría Y.

A pesar de que la teoría Y de McGregor no está totalmente confirmada, en la medida en que es un planteamiento sobre el que se proyecta la realidad que se autoconstruye, la teoría Y retaba a la gestión a innovar, descubrir nuevas formas de organización y dirigir el esfuerzo humano, aun cuando reconozcamos que la organización perfecta, al igual que el vacío imperfecto, es imposible de conseguir.

Todo el mundo sabe que no toda persona que entra en una tienda es un cliente o un cliente potencial, pero si, por evitar los hurtos, pusieran de forma evidente a toda persona bajo sospecha, sin duda reducirían las pérdidas por dicho concepto, pero probablemente los verdaderos clientes huirían. La hipótesis en este ejemplo es que mientras no se demuestre fehacientemente lo contrario toda persona que entra en una tienda es un cliente potencial, y las medidas contra las conductas oportunistas deben estar lo más ocultas y lo menos personalizadas: planteamientos

Teoría X e Y de las organizaciones (McGregor)

Supuestos de la teoría X (tradicionales)	Valoración 1 2 3 4 5	Supuestos de la teoría Y (que aparecen)
1. Las personas son naturalmente haraganas: prefieren no hacer nada.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	1. Las personas son naturalmente activas, fijan metas y disfrutan en sus empeños.
2. Las personas trabajan en general por recompensas económicas y por razón de sus estatus.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	2. Las personas buscan muchas satisfacciones en el trabajo: orgullo en el desempeño, goce en el proceso, sensación de contribuir, placer en la asociación, estímulos de retos nuevos, etc.
3. La fuerza principal que mantiene a las personas productivas en sus tareas es el temor a que las despidan o bajen de categoría.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	3. La fuerza principal que mantiene a las personas productivas en sus tareas es el deseo de alcanzar sus metas personales y sociales.
4. Las personas, aunque maduras, dependen naturalmente de los líderes.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	4. Las personas maduran, aspiran a la independencia, a la autorrealización, a la responsabilidad.
5. Las personas esperan ser dirigidas desde arriba y no quieren pensar por su cuenta.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	5. Las personas próximas a la situación ven y sienten lo que es necesario y son capaces de autodirigirse.
6. Las personas necesitan que les digan las cosas, que se las adiestre en los métodos apropiados para el trabajo.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	6. Las personas que comprenden y se interesan por su trabajo pueden idear y mejorar sus propios métodos para hacerlo mejor.
7. Las personas necesitan supervisores que las vigilen estrechamente y puedan así alabar el trabajo bien hecho y reconvenir por los errores.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	7. Las personas necesitan de la sensación de que se las respeta por ser capaces de asumir responsabilidad y de corregirse a sí mismas.
8. Las personas se preocupan poco de lo que no se refiera a sus intereses materiales inmediatos.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	8. Las personas procuran dar sentido a su vida identificándose con países, comunidades, iglesias, sindicatos, compañías y causas.
9. Las personas necesitan instrucciones específicas acerca de lo que hacer y cómo han de hacerlo: las cuestiones no son cosa suya.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	9. Las personas necesitan comprensión creciente; necesitan captar el significado de las actividades a las que se dedican y tienen una apetencia de conocimientos tan vasta como el universo.

Teoría X e Y de las organizaciones (McGregor) (Continuación)

Supuestos de la teoría X (tradicionales)	Valoración 1 2 3 4 5	Supuestos de la teoría Y (que aparecen)
10. Las personas aprecian que las traten con cortesía.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	10. Las personas ansían un verdadero respeto por parte de sus congéneres.
11. Las personas están naturalmente separadas en categorías: las exigencias del trabajo son muy diferentes de sus actividades en momentos libres.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	11. Las personas están naturalmente integradas; cuando el trabajo y la diversión están netamente separados, ambos se deterioran: «La única razón que puede dar la persona sensata para preferir el ocio al trabajo es la mejor calidad del que puede hacer durante el tiempo libre».
12. Las personas se resisten naturalmente al cambio; prefieren seguir por el camino trillado.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	12. Las personas se cansan naturalmente de lo rutinario, prefieren disfrutar de otras experiencias nuevas; todo el mundo es creativo en cierta medida.
13. Los trabajos son fundamentales y hay que hacerlos; las personas se eligen, adiestran y adaptan a trabajos predeterminados.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	13. Las personas son fundamentales y buscan trabajos de autorrealización: los trabajos tienen que ser proyectados, modificados y adaptados a las personas.
14. Las personas están formadas por la herencia, la niñez y la juventud; cuando adultas permanecen estáticas: «Loro viejo no aprende a hablar».	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	14. Las personas crecen constantemente: nunca es demasiado tarde para aprender; disfrutan aprendiendo y aumentando su comprensión y capacidad.
15. Las personas necesitan que «las inspiren» (les arenguen), las empujen.	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	15. Las personas necesitan que las dejen en libertad, las estimulen y las ayuden.

disuasorios generales, mezclados con otras medidas de protección contra los riesgos, etc.

En el anterior cuadro se exponen las principales características que definen los modelos X e Y de McGregor, con una escala de posicionamiento a modo de encuestas para una valoración dada.

La razón de colocar una escala alternativa (un 1 sería estar completamente de acuerdo con la propuesta X y un 5 completamente de acuerdo con el planteamiento Y, en cada ítem) es la de evitar el «efecto Barnun», que en este caso podría resultar que, leídos todos los planteamientos seguidos, primero todos los X y después todos los Y, se podría dar la paradoja de que algunas personas estuvieran completamente de acuerdo o completamente en desacuerdo con todos los ítems a la vez, aun siendo propuestas contradictorias.

En la medida en que en las situaciones reales se da siempre una mezcla de los dos planteamientos extremos X e Y, se han desarrollado algunos otros planteamientos de compromiso o de síntesis, como la teoría Z, de W. Ouchi, que se ha asociado a los modelos pragmáticos de comportamiento organizacional de algunas culturas industriales, como la japonesa. Algunas de las principales características de este planteamiento se pueden resumir en los siguientes puntos:

Teoría Z de las organizaciones

- Basa su gestión en la confianza.
- Es fundamental el consenso y la participación.
- La filosofía japonesa de empresa lo incorpora en el kaizen (mejoramiento progresivo, espíritu de superación, etc.).
- Valora el empeño y no sólo los resultados.
- La técnica es la innovación gradual.
- Uno de sus métodos aplicados han sido los círculos de calidad.

El kaizen, que, como se ha indicado, tiene muchos puntos en común con la versión occidental de la teoría Z de las organizaciones, es la denominación japonesa al mejoramiento continuado o progresivo de los procedimientos de trabajo.

Los presupuestos de kaizen, que con la ergonomía tiene especialmente en común la atención y la valoración de los detalles, como casi todos los planteamientos organizacionales, suelen tener antecedentes clásicos desde hace tiempo, o, como entiende P. Drucker, «la receta sobre las relaciones humanas en la empresa, aunque pocas veces puesta en práctica, es la receta clásica».

El kaizen implica, en mayor o en menor medida, a todas las personas de la organización en todo el espectro jerárquico y, en resumen, se apoya en los siguientes principios, donde lo más novedoso quizá sea la persistente voluntad orientada a ponerlos en práctica:

1. Aprovechamiento de los recursos humanos dentro de una política de calidad, utilizando al máximo la tecnología de que se dispone.
2. Todas las personas pueden aportar ideas y contribuir a la mejora del trabajo.
3. El mejoramiento continuo está dirigido antes al proceso que al producto.
4. El kaizen constituye una cultura de empresa, lo que implica una forma de pensar y actuar en el trabajo.

La aplicación de los planteamientos del kaizen, como los círculos de calidad, hace que se precise de un buen contexto organizacional y un buen contrato psicológico con las personas. Obviar estos aspectos, por considerarlos irrelevantes o ingestionables, está en la base de numerosos intentos fallidos en nuestra sociedad.

Es difícil resumir las teorías y los estudios sobre las relaciones entre la motivación, los intereses, la satisfacción en el trabajo y el desempeño laboral, que como se ha vislumbrado han sido ingentes: Mayo, Maslow, McGregor, Herzberg, etc., y que bajo ideas más evolucionadas lo serán en el futuro, dentro de este «renacimiento sociotécnico» en el que estamos inmersos.

Por tanto, y como resumen de lo expuesto anteriormente, el siguiente cuadro trata de sintetizar las principales épocas y planteamientos dados a los modelos motivacionales en relación con la conducta en las organizaciones.

EVOLUCIÓN DE LAS CONCEPCIONES SOBRE LA MOTIVACIÓN

	Motivaciones de 1.ª generación (1900-1950)	Motivaciones de 2.ª generación (1950-1990)	Motivaciones de 3.ª generación (después de 1990)
Concepciones sobre el hombre en el trabajo	«Todo el mundo es igual»	«Se puede clasificar a los individuos en grandes categorías»	«Cada persona es particular»
	Soluciones idénticas para todos	Modelos de solución según los casos	Solución a medida, única para cada persona en el interior de un sistema complejo
Época	Industrialización (Taylor)	Movimiento de las relaciones humanas (Maslow, Herzberg, etc.)	Pensamiento sistemático y visión global (*management* intuitivo)
Motor de la motivación	Miedo/esperanza Ventajas materiales o financieras	Se escucha a los asalariados Adaptación de los puestos Reconocimiento de la contribución	Posibilidad de expresión y realización personal Motivación intrínseca

Fuente: Hervé Sérieyx, *El Big Bang de las Organizaciones,* Management, 1994, según las ideas de Jerry Fletcher, *High performance dynamics.*

El contenido del trabajo

Tanto en el modelo de Herzberg, anteriormente visto, como en la propuesta de estrategia para la prevención de los desórdenes psicológicos de NIOSH de 1988, se señala como una de las fuentes de problemas psicológicos y de estrés una serie de factores, entre los que se incluye el contenido del trabajo. Obviamente en el caso del estudio de NIOSH se refiere a la falta de contenido de las tareas.

La mayoría de las encuestas actualmente vienen a indicar que al menos entre el 35 y el 40 % de la población tiende a sentirse infrautilizada o subocupada en unas funciones o actividades de menor entidad que las que podrían efectuar. Es posible que esta evaluación esté sesgada por la autoestima personal, que afortunadamente tiende a sobrevalorar las capacidades y los desempeños propios respecto a los ajenos en la mayoría de las personas. Esta condición se considera afortunada, en la medida en que se trata normalmente de un mecanismo de defensa psicológica, ya que las alternativas a no tener una sobrevaloración de uno mismo frente a muchas tareas tiende a crear estados depresivos, como ocurre a muchas personas incluso bien ajustadas psicológicamente.

En líneas generales, el tema del contenido del trabajo es uno de los más recurrentes, y, sin embargo, más evasivo a la hora de analizar las condiciones y las solicitaciones del trabajo, en la medida en que este aspecto está íntimamente ligado al estrés y al malestar producido en el trabajo.

A pesar de la dificultad de definir cuándo un puesto de trabajo o una tarea tiene contenido o no, es posible que este concepto esté relacionado con uno o varios de estos aspectos:

- Que tenga significado y le parezca importante a quien lo efectúa.
- Que posibilite algún control o que conlleve cierto poder interno.
- Que implique poner varios o muy especializados recursos físicos o mentales en juego.
- Que sea característico de ciertas habilidades que no todo el mundo pueda ejercer.
- Que tenga cierto rango o estatus social reconocido.

Aunque el contenido del trabajo tiene una fuerte carga psicológica (un trabajo es importante si el que lo efectúa lo considera importante), es evidente que se debería hablar del contenido relativo del trabajo: hay unas tareas más importantes y/o interesantes que otras para la mayoría de las personas de un ámbito profesional.

Tipos de contenido de trabajo

Los estudios de Warr indican que una de las principales características de contenido de las tareas es el carácter intrínseco o extrínseco del mismo.

El contenido intrínseco se refiere al grado de autonomía, autorritmo, autocontroles o planificación que posibilitan las tareas.

El contenido extrínseco se refiere al grado de influencia y control que se tiene sobre aspectos del medio de trabajo, como los horarios, el nivel salarial, las posibilidades de cambios, etc.

Estos aspectos en situaciones de conflicto tienden a ser compensables. Hay tareas de escaso contenido intrínseco que son clave para la cumplimentación de un proceso, como puede ser la manutención o suministro de

materiales, pero puede ser fácilmente bloqueado o interferido y le da al puesto un contenido extrínseco o una capacidad muy importante para influir o para condicionarlo.

Otro aspecto significativo sobre el contenido de las tareas es la variedad de las mismas. Como queda de manifiesto en el tema de la carga mental, es evidente el papel de la monotonía sobre el estrés, la eficacia y la disposición al trabajo.

A su vez, la variedad también puede estar ligada a las solicitaciones intrínsecas de las tareas o puede provenir del ambiente de trabajo: música ambiental, contactos personales, etc.

Los problemas asociados con la monotonía, la desmotivación y la falta de contenido del trabajo, con la mala calidad o disposición al trabajo, es lo que ha llevado a muchos autores a plantear las principales modificaciones para mejorar el contenido y significado del trabajo.

F. E. Emery del Instituto Tavistock de Londres propone a este respecto:

- Eliminar los planteamientos tayloristas del trabajo.
- Fomentar el trabajo cara a cara y la comunicación.
- Tener en cuenta al grupo para movilizar los recursos.
- La dirección sólo debe efectuar intervenciones relevantes y fundamentales.

Para ello se proponen una serie de requerimientos más específicos, tales como:

1. Que la tarea sea razonablemente exigente: ni excesivamente mucho, ni poco.
2. Que permita aprender a evolucionar profesionalmente.
3. Que posibilite algún tipo de decisiones en un área propia.
4. Que tenga apoyo organizacional y reconocimiento apropiado (reconocer es conocer que el otro conoce).
5. Conectar, en lo posible, los intereses personales con los profesionales.
6. Fomentar que el trabajo conduzca a una situación futura deseable.

La organización del trabajo y el enriquecimiento de las tareas

El factor organización del trabajo casi siempre ha sido la parte más estable de los sistemas de trabajo, hasta el punto de que tienden a identificarse ambos términos.

Sin embargo, hoy día la importancia del trabajo en equipo, junto con la aplicación de las nuevas tecnologías informáticas y telemáticas (NT), ha dado lugar a nuevas formas de organización del trabajo (NFOT), los grupos de trabajo o el teletrabajo, etc.

Por ello, es preciso considerar cuáles son los aspectos más importantes que hay que revisar respecto a la organización y división del trabajo actuales y cuáles son los factores más críticos que hay que tener en cuenta, y que están en cuestión.

Principios antiguos que hay que revisar especialmente cuando:

- Las tareas se fraccionan en elementos no relacionados.
- La formación y los conocimientos se reducen al mínimo indispensable.
- Casi todas las tareas son repetitivas.
- Los puestos están muy delimitados.
- Cada persona en un trabajo.
- A cada trabajador un jefe.
- Los grupos son sólo oficiosos.
- El puesto y sus responsabilidades son relativamente permanentes.
- La información y el control son casi exclusivamente verticales, de arriba abajo.
- La planificación y la adopción de decisiones están centralizadas.
- La tecnología se considera como dada.
- Domina la rigidez frente a la adaptabilidad.

Existen diversos planteamientos como alternativa a las deficiencias detectadas en los sistemas antiguos. Algunas de las propuestas más conocidas son las de la ampliación de las tareas y el enriquecimiento vertical del trabajo.

El enriquecimiento del trabajo y la ampliación de las tareas forman parte de unos planteamientos parecidos.

Kilbridge considera la ampliación de las tareas como «la expansión del contenido del trabajo, con el fin de incluir una mayor variedad en las tareas y de aumentar la autonomía del trabajador en cuanto a los ritmos, la responsabilidad sobre la calidad y los criterios de aplicación de los métodos».

Por su lado, Herzberg, al defender el enriquecimiento del trabajo, argumentaba que la ampliación de las tareas es una reestructuración más grande hacia una mayor carga horizontal de trabajo, mientras que el

enriquecimiento se plantea como una mejora vertical que permita un enriquecimiento psicológico del trabajador mediante el trabajo.

Gooding opina que a pesar de la confusión del término y conceptos, el enriquecimiento vertical del trabajo implica una serie de principios y motivadores como los siguientes:

PRINCIPIOS	MOTIVADORES IMPLICADOS
a) Eliminación de algunos controles, manteniendo la responsabilidad.	Responsabilidad y relación personal.
b) Aumento de la responsabilidad individual por el propio trabajo.	Responsabilidad y reconocimiento.
c) Asignación a la persona de una unidad natural y completa de trabajo (módulo, división, área, etc.).	Responsabilidad, realización y reconocimiento.
d) Concesión al trabajador de una mayor autoridad en su actividad; libertad de trabajo.	Responsabilidad, realización y reconocimiento.
e) Confección de informes periódicos a disposición inmediata del propio trabajador, no del jefe.	Reconocimiento interno.
f) Introducción de tareas nuevas y más difíciles, no realizadas previamente.	Crecimiento y aprendizaje.
g) Asignación de tareas específicas o especializadas a los individuos, permitiéndoles convertirse en expertos.	Responsabilidad, crecimiento y promoción.

El teletrabajo y el trabajo en grupo como nuevas alternativas

De las nuevas reglas de juego en el mundo laboral, una de las opciones organizativas barajadas con mayor interés es el teletrabajo.

Hoy día los costes derivados del transporte y los desplazamientos de las personas al trabajo, así como los deterioros de la salud y del medio ambiente, especialmente en los medios urbanos, son de tal envergadura que muchos economistas ven en este aspecto uno de los talones de Aquiles de la economía en las sociedades avanzadas.

El suplemento de Negocios de *El País,* del 14 de septiembre de 1994, dedicaba la portada a este tema: «Europa se la juega en los atascos de tráfico». En páginas interiores indicaba que el futuro económico de la UE estaba hipotecado por este despilfarro de horas perdidas en el tráfico.

Las medidas estudiadas, tales como los premios a los vehículos de alta ocupación, la construcción masiva de carriles o la destrucción de los mismos, como medida disuasoria, las tarjetas de crédito adheridas a los coches, los peajes variables según las horas del día, etc., son medidas que se están valorando sin descartar que puedan aparecer efectos perversos, como la paradoja de Braess, muy bien conocida en las redes de tráfico, según la cual una mejora o facilitación al tráfico puede provocar un tipo de respuesta que no sólo la neutralice, sino que provoque un empeoramiento manifiesto.

Aunque los temas de los transportes son acuciantes hoy día y las «deseconomías» que generan son brutales, no hay que olvidar que sobre este tema se vienen efectuando numerosas consideraciones desde los años cincuenta. Por ejemplo, es clásico el planteamiento de Ivan Illich, que en los años setenta echó las cuentas macrosociales de la sociedad norteamericana y constató que si el americano medio dividiera el número de kilómetros recorridos con su vehículo por el tiempo empleado, tanto el tiempo físico con el coche como el tiempo invertido en trabajar para pagar todos los costes del mismo, incluidos los sociales, resultaría que se «mueve» a 6 kilómetros por hora.

El teletrabajo se suele definir como la actividad laboral, fundamentalmente en el sector servicios, por cuenta propia o ajena, que se lleva a cabo fuera del centro de trabajo habitual, utilizando las tecnologías de la información y las telecomunicaciones.

Hoy día, sobre el papel y en la práctica, con un ordenador personal conectado a una línea telefónica fija o móvil se puede interaccionar con cualquier otro elemento de un sistema, independientemente del lugar geográfico donde se encuentre.

Esta nueva forma de configurar física y organizativamente el trabajo tiene varias modalidades, si bien se pueden resumir en dos básicas. La primera consiste en estar conectado con el sistema central (sistema *on-line*), que se integra por medio de la teleinformática. La otra modalidad, el teletrabajo sin conexión directa *(off-line),* trabaja con medios informáticos y ofimáticos (ordenador, teléfono, etc.), pero para la recepción y entrega de trabajo a la empresa emplea además los medios convencionales (mensajería, vehículos de reparto, correo, etc.).

Se tiende a pensar en el teletrabajo como algo realizado exclusivamente fuera de la empresa, y en muchos casos se rechaza como inviable, al no

enriquecimiento se plantea como una mejora vertical que permita un enriquecimiento psicológico del trabajador mediante el trabajo.

Gooding opina que a pesar de la confusión del término y conceptos, el enriquecimiento vertical del trabajo implica una serie de principios y motivadores como los siguientes:

PRINCIPIOS	MOTIVADORES IMPLICADOS
a) Eliminación de algunos controles, manteniendo la responsabilidad.	Responsabilidad y relación personal.
b) Aumento de la responsabilidad individual por el propio trabajo.	Responsabilidad y reconocimiento.
c) Asignación a la persona de una unidad natural y completa de trabajo (módulo, división, área, etc.).	Responsabilidad, realización y reconocimiento.
d) Concesión al trabajador de una mayor autoridad en su actividad; libertad de trabajo.	Responsabilidad, realización y reconocimiento.
e) Confección de informes periódicos a disposición inmediata del propio trabajador, no del jefe.	Reconocimiento interno.
f) Introducción de tareas nuevas y más difíciles, no realizadas previamente.	Crecimiento y aprendizaje.
g) Asignación de tareas específicas o especializadas a los individuos, permitiéndoles convertirse en expertos.	Responsabilidad, crecimiento y promoción.

El teletrabajo y el trabajo en grupo como nuevas alternativas

De las nuevas reglas de juego en el mundo laboral, una de las opciones organizativas barajadas con mayor interés es el teletrabajo.

Hoy día los costes derivados del transporte y los desplazamientos de las personas al trabajo, así como los deterioros de la salud y del medio ambiente, especialmente en los medios urbanos, son de tal envergadura que muchos economistas ven en este aspecto uno de los talones de Aquiles de la economía en las sociedades avanzadas.

El suplemento de Negocios de *El País,* del 14 de septiembre de 1994, dedicaba la portada a este tema: «Europa se la juega en los atascos de tráfico». En páginas interiores indicaba que el futuro económico de la UE estaba hipotecado por este despilfarro de horas perdidas en el tráfico.

Las medidas estudiadas, tales como los premios a los vehículos de alta ocupación, la construcción masiva de carriles o la destrucción de los mismos, como medida disuasoria, las tarjetas de crédito adheridas a los coches, los peajes variables según las horas del día, etc., son medidas que se están valorando sin descartar que puedan aparecer efectos perversos, como la paradoja de Braess, muy bien conocida en las redes de tráfico, según la cual una mejora o facilitación al tráfico puede provocar un tipo de respuesta que no sólo la neutralice, sino que provoque un empeoramiento manifiesto.

Aunque los temas de los transportes son acuciantes hoy día y las «deseconomías» que generan son brutales, no hay que olvidar que sobre este tema se vienen efectuando numerosas consideraciones desde los años cincuenta. Por ejemplo, es clásico el planteamiento de Ivan Illich, que en los años setenta echó las cuentas macrosociales de la sociedad norteamericana y constató que si el americano medio dividiera el número de kilómetros recorridos con su vehículo por el tiempo empleado, tanto el tiempo físico con el coche como el tiempo invertido en trabajar para pagar todos los costes del mismo, incluidos los sociales, resultaría que se «mueve» a 6 kilómetros por hora.

El teletrabajo se suele definir como la actividad laboral, fundamentalmente en el sector servicios, por cuenta propia o ajena, que se lleva a cabo fuera del centro de trabajo habitual, utilizando las tecnologías de la información y las telecomunicaciones.

Hoy día, sobre el papel y en la práctica, con un ordenador personal conectado a una línea telefónica fija o móvil se puede interaccionar con cualquier otro elemento de un sistema, independientemente del lugar geográfico donde se encuentre.

Esta nueva forma de configurar física y organizativamente el trabajo tiene varias modalidades, si bien se pueden resumir en dos básicas. La primera consiste en estar conectado con el sistema central (sistema *on-line*), que se integra por medio de la teleinformática. La otra modalidad, el teletrabajo sin conexión directa *(off-line),* trabaja con medios informáticos y ofimáticos (ordenador, teléfono, etc.), pero para la recepción y entrega de trabajo a la empresa emplea además los medios convencionales (mensajería, vehículos de reparto, correo, etc.).

Se tiende a pensar en el teletrabajo como algo realizado exclusivamente fuera de la empresa, y en muchos casos se rechaza como inviable, al no

contar con fórmulas intermedias que incluyan teletrabajos a tiempo parcial, coutilizaciones y coparticipaciones de medios y recursos de la empresa.

En el llamado teletrabajo existen tres aspectos básicos que hay que resolver o mejorar; son los relacionados con:

- Los aspectos técnicos y económicos de la teleconexión.
- Los aspectos relacionados con la movilidad y el trabajo a realizar en la propia empresa, como reuniones, entrevistas y trabajos con medios propios de la empresa.
- Los aspectos relacionados con la evaluación y el control del trabajo realizado: aspectos de calidad, cantidad y oportunidad, etc.

Ventajas e inconvenientes del teletrabajo

Una vez evaluada la viabilidad técnica y económica de un proyecto de teletrabajo, las ventajas más importantes pueden ser:

- Las citadas reducciones de los problemas de transporte (gastos, tiempo, etc.).
- Posibilidad de flexibilizar el horario de trabajo: autoorganización del trabajo y de las pausas, etc.
- Ganancia neta del tiempo empleado.
- Reacción de la fatiga y el estrés, derivados por dichos conceptos que pueden llegar a ser importantes.
- Mayor autonomía profesional.
- Trabajo en un medio familiar.
- Superación de las barreras arquitectónicas. Las primeras aplicaciones del teletrabajo han ido orientadas para las personas incapacitadas o de movilidad reducida.

Por ejemplo, uno de los proyectos en marcha a partir de 1988 en esta última línea, en un país de nivel económico similar al de España, como la República de Irlanda, es el denominado TEPOT (Tele Working Applications and Potencial), que define así las fases para su desarrollo:

- Selección de empresas interesadas en la experiencia.
- Selección de personas.
- Análisis de tareas y puestos.
- Análisis de necesidades de equipamiento técnico necesario.
- Acondicionamiento de los puestos de trabajo.

Como cabría esperar, muchas de las ventajas del teletrabajo señaladas anteriormente para determinadas personas y en determinadas circunstancias pueden funcionar más bien en su vertiente negativa o de inconvenientes.

En general, se pueden considerar como netamente inconvenientes o limitaciones:

- La falta o disminución de contactos y apoyos sociales.
- Mayores necesidades de ayudas al trabajo.
- La necesidad de una autodisciplina de trabajo.
- Necesidad de tareas, funciones y autosupervisiones claramente definidas.
- Una motivación fuerte por el trabajo.
- Necesidad de una organización flexible de tipo red.
- Necesidad de un proceso selectivo muy exigente.

Las condiciones para efectuar el teletrabajo, además de las económicas y materiales (un conductor de autobús urbano, aunque ya sea imaginable, no sería el mejor ejemplo de posible teletrabajo), son la necesidad de un contrato psicológico del trabajo, del tipo de organización Y, de McGregor, o con dicho tipo de valores basados en la confianza, el sentido de la participación y la comunicación, etc., y el trabajo en equipo, etc.

Trabajo en grupo

Una de las principales fuentes de estrés laboral entre las personas con un cierto grado de responsabilidad se encuentra en el hecho de que se solicite a las personas que tomen decisiones individuales sobre temas o aspectos que debieran efectuarse en grupo, en la medida en que hoy día prácticamente cualquier solicitud de una cierta complejidad desborda el ámbito individual y genera un alto grado de indeterminación e incertidumbre.

El trabajo en equipo, trabajo en grupo, trabajo enlazado, son diversas formas de denominar al trabajo organizado, dentro de un sistema de trabajo, donde tan importante o más que lo que se hace individualmente son los aspectos de coordinación e integración del trabajo de cada uno con el trabajo de otros.

Actualmente el trabajo en equipo es una necesidad, si bien no es lo mismo que lo que se ha denominado trabajo en grupos o grupos de trabajo.

Grupos de trabajo

Uno de los principales escollos de la puesta en práctica de los grupos de trabajo es definir el papel de los mandos y las dependencias funcionales y jerárquicas y la ruptura del modelo taylorista totalmente instalado en los modelos organizacionales del trabajo.

Hoy día el trabajo en grupos es entendido como un conjunto estable de personas que se comprometen a elaborar un producto o un servicio o una parte definida del mismo, con un grado relativamente elevado de autoorganización interna.

Al tratar los grupos de trabajo no se debe generalizar, sino que cada situación tiene un tipo de solución más satisfactoria (tamaño del grupo, autonomía, autoorganización, ayudas y apoyos organizacionales, responsabilidades, etc.), pero los grupos son una alternativa para generar polivalencia, flexibilidad y agilidad de respuestas de adaptación de una empresa. Se deben considerar como factores importantes a la hora de plantearse la formación de grupos de trabajo, especialmente en las fases de transición al cambio, los siguientes aspectos:

1. La necesidad de mayores grados de formación a todos los niveles, así como de mayores recursos y medios. (Actualmente los niveles de instrucción y formación básica facilitan estas iniciativas.)
2. La necesidad de personas voluntarias y con cierta afinidad personal. (La cultura individualista y competitiva y fuertemente jerarquizada dificulta la integración de estos planteamientos.)
3. Experiencia previa en rotación, polivalencias de puestos y tareas. (Los encasillamientos y superespecializaciones anteriores tienden a dificultar.)
4. Posible aparición de conflictos «verticales» derivados de una nueva estructura jerárquica (tendencias a reducir drásticamente los niveles jerárquicos y menor autoridad tradicional. Existen empresas donde el primer escalón jerárquico se produce sobre cien personas o más, lo que presupone más autocontroles sobre el trabajo que controles personales.)
5. Posible aparición de conflictos por competitividad entre grupos o por los rechazados del grupo. (En este aspecto todos los puntos de ajuste de los roles, ajuste de las expectativas individuales y de los grupos deben tener un tratamiento previo y bien resuelto.)
6. Evitar que los nuevos planteamientos incrementen las cargas o presiones de trabajo. (En las transiciones de los cambios habrá que tener en cuenta los posibles incrementos por duplicidades, desadaptaciones, desajustes, etc.)

7. Prever posibles rechazos por temor a la reducción del empleo que posibiliten los nuevos procedimientos. (Estos aspectos y las nuevas formas de las relaciones y de las prácticas sindicales deben tenerse en cuenta en las negociaciones previas.)
8. Disminución de los conflictos internos y una alternativa para una mayor polivalencia y agilidad en la empresa. (Éstos son los principales valores esperados de los planteamientos de los grupos de trabajo, sin dejar de considerar los propiamente económicos y de rendimiento.)

   A este respecto, un estudio de Volvo en su planta de Uddevalla, evaluado junto con la Universidad de Gothenburgo y la Chalmer's University of Technology sobre los grupos de trabajo en las plantas de fabricación de automóviles, da unos resultados que plantean, quizá en un escenario excesivamente optimista, la práctica jubilación de las clásicas cadenas de montaje como aplicación universal de la producción en serie.

Resulta paradójico que dos de las nuevas orientaciones en la organización interna del trabajo, como el teletrabajo y el trabajo en grupo, aparezcan como alternativas y contrapuestas, y, sin embargo, es probable que de la síntesis de estos planteamientos estén germinando las nuevas e inciertas condiciones de trabajo de la transición del siglo y del milenio.

TRABAJO EN EQUIPO / GRUPOS DE TRABAJO
Experiencia Volvo-Uddevalla y Chalmer's University of Technology

Línea de montaje en cadena	Grupos de trabajo (GT)
Tiempos perdidos en pausas técnicas, desplazamientos, preparaciones: del orden del 135 % del tiempo de montaje.	En G.T.: del orden del 40 %.
El ajuste de actividades, momentos bajos/recuperación, no permite niveles superiores al 15 %.	En G.T.: cada miembro puede flexibilizar su trabajo hasta el 200 %.
Las necesidades de espacio por coche/año es de 0,6 m^2 más 0,2 m^2 para pruebas, terminaciones.	En G.T.: 0,4 m^2 y 0,1 m^2, respectivamente.
El número de herramientas y unidades de equipos mecanizados manejados es de 1,6 por minuto.	En G.T.: 0,6 por minuto.
Hay del orden de 5.000 componentes diferentes a lo largo de una línea de montaje.	En G.T.: del orden de 1.500.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

PRIMERA PARTE - CAPÍTULO 1

Condiciones de Trabajo. Instrucciones de uso, Editorial ANACT (Agence National pour l'Amèlioration Des Conditions de Travail), en España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Fundación Purdue Research: *PAQ (Position Analysis Questioneaire),* distribuidor: University Books Store, 360 West State St., West Lafayette, Indiana, 47906, USA.

GUELARD, F.; BEAUCHESNE, M. N., y OTROS: *Para un añálisis de las Condiciones de Trabajo en la Empresa,* Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo del CNRS, Aix-en-Provence, Francia.

Institute of Occupational Health, *Ergonomic Workplace Analysis,* Finlandia.

Servicio de Condiciones de Trabajo de la Règie Nationale des Usines Renault: *Los Perfiles de Puestos. Método de análisis de Condiciones de Trabajo.*

SEGUNDA PARTE - CAPÍTULO 1

BARKLA: «The estimation of body measuremens of British population in relation to seat design», *Ergonomics,* n.º 4, pág. 123.

CANTER, D.: *Psicología en el diseño industrial,* Ed. Concepto, S. A., México, 1978.

CATOVIC, A.; KOSOVEL, A.; CATOVIC, E., y MUFTIC, O.: «A Comparative In-vestigation of the Influence of Certain Arms Positions on Hand Pinch Grips in the Standing and Sitting positions of Dentists», *Applied Ergonomics,* junio, 1989.

DAS, B., y GRADY, R. M.: «Industrial Workplace Layout Design: An Application of Engeenering Anthropometry», *Ergonomics,* 1983, vol. 26, n.º 5, págs. 433-447.
GRANDJEAN, E.: *Precis d'Ergonomie,* Les editions d'organitation, 1983.
HALL, E. T.: *El lenguaje silencioso,* Alianza Editorial, Madrid, 1981.
KAPANDJI, I. A.: *Cuadernos de Fisiología Articular,* Editorial Mason.
KROEMER, KARL H. E.: «Engineering Anthropometry», *Ergonomics,* 1989, vol. 32, n.º 7, págs. 767-784.
LEVY-LEBOYER, C.: *Psicología y medio ambiente,* Ed. Morata, Madrid, 1980.
MURRELL: *Ergonomics: Man in his working environment,* Chapman and Hall.
NICHOLSON, A. S.: *Anthropometry in Workspace Design,* Advances in Human Factors, Elsevier, 1991.
Norma ANSI/HFS 100-1988.
Norma ISO 9241.
PHEASANT: *Bodyspace: Anthropometry,* Taylor and Francis, London UK, 1986.
«Postures et Dimensions pour l'Homme au Travail sur Machines et Appareils», norma AFNOR 35-104, abril 1983.
PROSHANSKY, H. M.; ITTELSON, W. H., y RIVLIN, L. G.: *Psicología ambiental: El hombre y su entorno físico,* Ed. Trillas, México, 1983.
RODAHL, A.: *Fisiología del trabajo físico,* Editorial Médica Panamericana.
ROEBUCK J. A.; KROEMER, K. H. E., y THOMSON, W. G.: «Engineering Anthropometry Methods», *Wiley Interscience,* Nueva York, 1975.
TANNER, J. M.: *Growth and Adolescence,* Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, 1962.
TICHAUER, E. R.: *The Industrial Environment: its Evaluation and Control,* 32, NIOSH, 1973.
TISSERAND, M., y SAULNIER, H.: «Dimensionnement des Postes de travail», *Cahiers de Notes Documentaires,* ND 1389-108-82, 1982.

SEGUNDA PARTE - CAPÍTULO 2

ASTRAND y RODAHL: *Fisiología del Trabajo,* Editorial Médica Panamericana, 1986.
CHAFFIN y ANDERSON: *Occupational Biomechanics,* A Wiley-Interscience Publications, 1984.
GRANDJEAN, ETIENNE: *Précis d'ergonomie,* Le éditions d'organisation, París, 1983.
GUYTON: *Tratado de fisiología médica,* 5.ª edición.
KAPANDJI, I. A.: *Cuadernos de fisiología articular,* Editorial Masson, 1990.
LEHMANN, G.: *Fisiología Práctica del Trabajo,* Editorial Aguilar, 1960.
LEHNINGER: *Bioquímica,* Ediciones Omega, 1980.
Norma ISO 8996, 1990.
SHERRER y COL.: *Précis de physiologie du Travail,* J. Masson, 1981.
SOBOTTA/BECHER: *Atlas de anatomía I, II, III.*
SPITZER, ALBEIT: *Tafeln für den Energieumsatz bei Körperlicher,* Hettinger, Kaminsky, REFA, 1982.
WHEATER, P. R., y BURKITT, H. G.: *Histología funcional.*
WISNER, A.: *Fisiología del Trabajo y Ergonomía,* Curso 1.er año.

SEGUNDA PARTE - CAPÍTULO 3

ARMSTRONG, T. J.; FOULKE, J. A.; BRADLEY, S. J., y GOLDSTEIN, S. A.: «Investigation of Cumulative Trauma Disorders in a Poultry Processing Plant», *American Industrial Hygiene Association Journal,* 43, págs. 103-116, 1982.
ASFOUR, S. S.; AYOUB, M. M.; MITAL, A., y BETHEA, N. J.: «Ejercicio percibido del esfuerzo físico para varios tipos de trabajo de manipulación de manual», *A. I. H. A. Journal,* 44 (3), 1983.
AYOUB, M. M.: «From Biomechanical Modeling to Biomechanical Simulation of Load Lifting», Departament of Industrial Engineering, Texas Tech University, Lubbock, Texas, Grant n.º R01-02434, 23 págs., 1990.
CHAFFIN y PARK: «A Longitudinal Study of Low Back Pain as Associated with Occupational Lifting Factors», *A. I. H. A. Journal,* 34, 1973.
GAMBERALE, F.: «Perceived Exertion, Heart Rate, Oxygen Uptake and Blood Lactate in Different Work Operations», *Ergonomics,* vol. 15, n.º 5, págs. 545-554, 1972.
GARG, A., y BANAAG, J.: «Maximum Acceptable Weights, Heart Rates and RPE's for One our's Repetitive Asymmetric Lifting», *Ergonomics,* págs. 77-96, 1988.
GENAIDY, A. M.; ASFOUR, S. S.; MITAL, A. y WALY, S. M.: «Psychophysical Models for Manual Lifting Tasks», *Applied Ergonomics,* 21, 4, 1990.
JAEGER, M., y LUTTMANN, A.: «Biomechanical Analysis and Assessment of Lumbar Stress during Load Lifting using a Dynamic 19-Segment Human Model», *Ergonomics,* vol. 32, n.º 1, págs. 93-112, 59, 1989.
KROEMER, K. H. E.: «Cumulative Trauma disorders: Their Recognition and Ergonomics Measures to Avoid Them», *Applied Ergonomics,* 20, 4, 1989.
MOORE, A.; WELLS, R., y RANNEY, D.: «Quantifyfing Exposure In Occupational Manual Tasks With Cummulative Trauma Disorders Potencial», *Ergonomics,* vol. 34, n.º 12, 1991.
NARANJO ESPEJO, L.: «Sobre bioenergética», *Clínica y Análisis Grupal,* n.º 23, Madrid.
NIOSH: *Work Practices Guide for Manual Lifting,* 1981.
OLBRICHT, I.: *Lo psíquico y nuestra salud,* Herder, Barcelona, 1991.
SNOOK, S. H., y CIRIELLO, V. M.: «The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weiths and Forces», *Ergonomics,* 34, 9, 1991.
THOMAS, R.; WATERS, VERN PUZT-ANDERSON, ARUN GARG y LAWRENCE, J. FINE: «Ecuación revisada NIOSH para el diseño y evaluación de las tareas de elevación manual de cargas», *Ergonomics,* vol. 36, n.º 7, págs. 749-776, 1993.
VERN PUZT-ANDERSON: «Cumula Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs», Taylor and Francis, 1988.
WARR, P.: *Ergonomía aplicada,* Ed. Trillas, México, 1993.

SEGUNDA PARTE - CAPÍTULO 4

Ergonomic Design for People at Work Eastman Kodak Company, 19 3.
Ergonomics tools in our time, Atla Copco, 1988.
FRASES, T. M.: *The Worker at Work,* 1989.

MITAL, A., y KILBOM: *Design, selection and use of handtool to alleviate trauma of the upper extremities,* 1992.
CHAFFIN y ANDERSON: *Occupational Biomechanics,* A Wiley-Interscience Publications, 1984.
VERN PUZT-ANDERSON: Cumulative Trauma Disorders (CTD'S), Taylor & Francis, 1988.
«Vibración de herramientas manuales», *Revista MAPFRE Seguridad.*

TERCERA PARTE - CAPÍTULO 1

BELL, L. H., y BELL, D. H.: *Industrial Noise Control,* Editorial Dekker.
BRUEL & KJAER: «Medidor de confort térmico 1212».
BRUEL & KJAER: *Monitor. Una medida ráipida de la inteligibilidad vocal,* 1987.
COHEN, A.: «Extra-Auditory effects of acoustics stimulation», In D. H. Lee, *Handbook of physiology reactions to environmental agents,* Bethesda, American Physiological Society, 1977.
DAVID, M. DEJOY: *Noise Control Engeering Journal,* julio-agosto, 1984, y *Cahiers de Notes Documentaires,* n.º 122, 1.er trimestre, 1986, págs. 37-44.
FANGER, P. O.: *Thermal Comfort,* Mc Graw Hill, Nueva York, 1972.
FERNÁNDEZ SALAZAR, L. C., y DE LANDA AMEZÚA, J.: *Técnicas y aplicaciones de la iluminación,* McGraw-Hill.
GRANDJEAN, E.: *Precis d'ergonomie,* Les Editions d'Organisation, París, 1983, Gtt. Yerlag AG Thun., 1979.
HANCOCK, P. A., y PIERCE, J. O.: «Combined effects of heat and Noise on Performance», *American Industrial Hygiene Association Journal,* 46 (19), 1986, págs. 555-566.
HOUGHTON, F. C., y YAGLOU, C. P.: «Determining lines equal comfort», *ASHE Transactions,* 29, págs. 163-171, 1923.
Industrial Noise Manual, American industrial Hygiene Association, Detroit, 1966.
KAWRINSON, T. E., y BARBER, D. E.: «The industrial higiene significance of small air ions», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.,* 42, pág. 759.
KERSLAKE, D. MCK: *The stress of hot environments,* Cambridge University Press, Cambridge, 1972.
KRYTER, K.: «Methods for the calculation and use of the articulation index», *J.A.S.A.,* 34, n.º 11, 1962, págs. 1.968-1.697.
«La iluminación artificial en los talleres y oficinas», Ref. I.N.M.S.T. n.º 1061 *(Revista Notas de Seguridad).*
LAIRD, D. A., y COYE, K.: «Psichological measurements of annoyance as related to pitch and loudness», *Journ Acoust. Soc. Amer. I,* 158, 1929.
LEHMANN, G.: «Praktische Arbeits physiologie», Anflage, Thieme Verlag, Stuttgart, 1962.
MC CORMICK, E. J.: *Ergonomía,* Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1980.
MURREL, K. F. M.: *Ergonomics: man in his working environment,* Chapman and Hall, 1971.
Norma ISO 1899-1975, Acoustics, «Assessment of ocupational noise exposure for hearing conservation purposes», 1975.

Norma ISO 7730: «Moderate thermal environments. Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort», 1984.
Norma ISO 8995:1989 (E): «Principios de ergonomía visual - La iluminación de los sistemas de trabajo interiores».
POLLACK, I.: «Loudness as a discriminable aspect of noise», *American Journ Psychool,* 62, 1949, pág. 285.
RAMÍREZ VÁZQUEZ, J.: *Luminotenia,* Ediciones CEAC.
RAMSEY, J. D. y otros: «Effects of workplace thermal conditions on safe work behaviour», *Journal of safety research,* vol. 14, n.º 3, págs. 105-114, 1983.
SIHEIDT, R., y BRUCKNER, C.: *Efectos extra-auditivos del ruido. Selección bibliográfica sobre el estado del conocimiento,* 1981.
TABOADA, J. A.: *Manual de luminotecnia (OSRAM),* Dossat, S. A.
Technical Report 3352-1974 ISO: Acoustics. «Assessment of noise with respect to its efects on the intelligibility vocal». 1987.
VOGT, J. J.: «El ambiente térmico industrial», III Simposium de Higiene Industrial, Editorial MAPFRE, pág. 157, 1980.
WINSLOW, C. E. A., y HERRINGTON, L. P.: *Temperature and human life,* Princeton University Press, Princeton, N. J., 1949.
WISNER, A.: *Fisiología del trabajo y ergonomía.*
ZUBICK, H. H., y TOLENTINO, A. T.: *J. American Journal of Public Health,* vol. 70, n.º 6, junio, 1980, págs. 633-635.

CUARTA PARTE - CAPÍTULO 1

LEPLAT, J.: *La Psicología Ergonómica,* Oikos-tan, S. A.
LEPLAT, J., y CUNY, X.: *Psicología del Trabajo. Enfoques y técnicas,* Pablo del Río Editor.
OBORNE, D. J.: *Ergonomía en acción. Adaptación del medio de trabajo al hombre,* Ed. Trillas.
«Principios Ergonómicos sobre Carga Mental», ISO-10075.
Repertorio de Principios y de Prácticas adecuadas en materia de condiciones de empleo y de trabajo de los trabajadores intelectuales, Federación Internacional de empleados, técnicos y profesionales (FIET), Organización Internacional del Trabajo.
SIRADON, P., y AMIEL, R.: *Psicología del Trabajo,* Ed. Reus, S. A.
SPERANDIO, J. C.: *L'ergonomie du travail mental,* Ed. Masson.
«Valoración de la carga mental en el servicio de urgencias de un hospital», *Revista Salud y Trabajo,* n.º 82.
WISNER, A.: *Ergonomía y Condiciones de Trabajo,* Ed. Humanitas.

QUINTA PARTE - CAPÍTULO 1

BRUNET, L.: «El clima de trabajo en las organizaciones», Ed. Trillas, México, 1987.

CARPENTIER, J., y CAZAMIAN, P.: *El trabajo nocturno,* OIT, Madrid, 1977.
COLEMAN, R. M.: «Wide Awake AT 3:00 A.M.», Freeman, W. H. y C., Nueva York, 1986.
CORLETT, E. N.: «La adaptación de los sistemas de trabajo por turnos», Ed. Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo, Dublín, 1989.
DAVIS y NEWSTROM: «El comportamiento humano en el trabajo: comportamiento organizacional», McGraw-Hill, México, 1988.
HANDY, C.: «La organización por dentro», Bilbao, 1993.
KENEDY, C.: «Los gurus del management», Euroliber, S. A., Barcelona, 1991.
KOLB, D. y otros: «Psicología de las organizaciones. Problemas contemporáneos», Ed. Prentice Hall Internacional, 1977.
NIGHT y SHIFT WORK: *Ergonomics,* vol. 36, n.os 1-3 (junio-marzo), Taylor & Francis, London y Washington DC, 1993.
PERRY, S., y DAWSON, J.: «Los ritmos de nuestro cuerpo», Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1989.
SERIEYS, H.: «El big bang de las organizaciones», Ed. B, S. A., Barcelona, 1994.
SIVADON, P., y FERNÁNDEZ-ZOÏLA, A.: «Tiempo de trabajar, tiempo de vivir. Psicopatología de sus ritmos», Ed. Herder, Barcelona, 1987.
WEINERT, A.: «Manual de psicología de la organización», Ed. Herder, Barcelona, 1985.
WISNER, A.: «Ergonomía y Condiciones de Trabajo», Ed. Humanitas, Buenos Aires, 1988.

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres de Gráficas Lormo, S. A.
en el mes de diciembre de 1995.



editorial MAPFRE