



EL TRABAJADOR EN EL MUNDO DEL ROBOT

**Carmen GUARDIOLA HUERTAS
M^a José RUPEREZ CALVO**

Instituto Nacional de Seguridad
e Higiene en el Trabajo. Madrid

0. INTRODUCCION

El desarrollo de la robótica y su implantación en las industrias ha originado importantes cambios en la organización del trabajo.

Esta modificación de las condiciones de trabajo recibirá un nuevo impulso con el proyecto EUREKA cuyo objetivo es promover en Europa el desarrollo de las nuevas tecnologías, para que pueda competir con los países pioneros en este campo, Japón y Estados Unidos.

La aplicación de este proyecto se traducirá en una modificación aún mayor en el mundo laboral variando las condiciones de trabajo y en general influyendo en las condiciones de vida.

En el momento actual, el trabajador está siendo reemplazado en la cadena de montaje por conjuntos automatizados sin operador humano, es decir, por robots. La actuación del hombre queda limitada a poner en marcha estos equipos, controlarlos y repararlos.

Este cambio en la organización del trabajo trae consigo nuevos riesgos para la salud del trabajador, tales como exceso de carga mental, ansiedad, aislamiento, etc, debido a la realización de un trabajo monótono en una unidad automatizada. Es labor del técnico de Prevención el estudio de estos nuevos riesgos para evitar sus efectos negativos sobre la salud del trabajador y la búsqueda de los medios para protegerle.

1. DESCRIPCION Y DESARROLLO DE LOS ROBOTS

Un robot es una máquina o dispositivo que realiza automáticamente movimientos y operaciones

previamente programadas. De esta forma, un robot puede desempeñar multitud de tareas industriales, tales como pintar, soldar, apretar tornillos, etc., además de operaciones de manejo y transporte, labores de inspección de acuerdo con criterios predefinidos.

En el estudio y diseño de los robots se representan los movimientos aplicando el concepto de grado de libertad. Existen 3 grados de libertad en las 3 dimensiones del espacio en sus dos sentidos. Las normas de movimientos en robots industriales las clasifican:

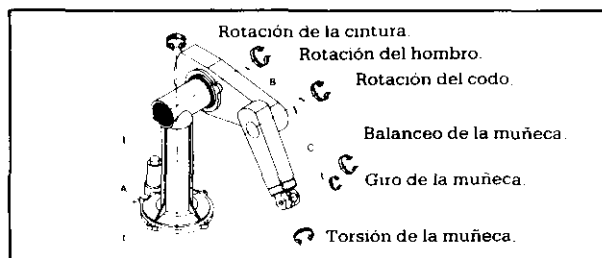
- Robot de coordinación cilíndrica.
- Robot de coordinación polar.
- Robot de coordinación cartesiana.
- Robot articulado.

Los símbolos para caracterizar los movimientos básicos de los robots industriales se representan en la tabla I.

TABLA 1
SIMBOLOS PARA ROBOTS INDUSTRIALES
Japanese Standards Association,
Febrero 1980 (3)

	SIMBOLO	DIRECCION DEL MOVIMIENTO (REFERENCIA)
MOVIMIENTO DIRECTO		
MECANISMO ROTATIVO		
ARTICULADO (O DE ROTULA)		

Los movimientos del brazo humano se pueden representar esquemáticamente por éstos símbolos.



El desarrollo de los robots ha dado lugar a múltiples clasificaciones y una nueva terminología por las distintas asociaciones que se dedican a ellas. Por ejemplo, la Japanese Standard Committee ha adoptado una clasificación en 6 grupos:

Robot de manipulación manual: Aparato manejado por un hombre.

Robot de control de secuencia fija: Manipulador cuyo movimiento controlado está fijado y cuya información previa no puede cambiarse fácilmente.

Robot de control de secuencia variable: Manipulador cuyo control de movimiento está fijado, pero su información previa puede cambiarse fácilmente.

Robot de sincronización: Manipulador que se puede manejar por un operador humano, mediante un movimiento de iniciación, para continuar solo; memoriza la secuencia y la posición de estos movimientos así como cualquier otra información necesaria, lee y sigue los movimientos para realizarlos cuando se le ordene. Casi todos los robots de soldadura y pintura son de este tipo.

Robots NC: Robot que opera bajo control numérico por cinta perforada de papel o tarjeta que lleva la información en forma de secuencias y posiciones de trabajo. Admite robots incorporados dentro de sistemas de fabricación flexible.

Robot inteligente: Robot que tiene funciones sensoriales y cognoscitivas, y que puede tomar decisiones por sí mismo.

El rápido desarrollo de los robots está claramente reflejado en el informe de la misión robótica creada por el Ministerio de Investigación y Tecnología francés (3), según el cuál, el inicio de la robótica industrial se remonta a los años sesenta dando a continuación unas fechas clave que permiten seguir su evolución:

1962 El primer puesto de trabajo robotizado es instalado en una fragua por la sociedad americana Unimation.

1970 Japón inicia una estrategia robótica racional.

Suecia se une al tren de la robótica. En los Estados Unidos se pone en marcha la primera línea de soldadura por puntos en la fábrica General Motors de Lordstown, desencadenándose el primer gran conflicto social antirobótica (1972).

- 1974 En Francia, Régie Renault, L. A. A. S., C.F.R.T., y Gerbios comienzan la actividad robótica.
- 1977 Los grandes fabricantes de automóviles instalan líneas de soldadura por puntos, robotizadas.
- 1980 Empiezan a desarrollarse los robots de montaje.
- 1981 Régie Renault instala 120 robots en su taller de carrocería de Douai.
- 1982 Se inicia el desarrollo de la robótica en la pequeña y mediana empresa.

2. IMPLANTACION DE ROBOTS EN LA INDUSTRIA Y SUS CONSECUENCIAS INMEDIATAS

La adquisición de robots y su puesta en funcionamiento en las industrias se explica por una serie de razones que favorecen a la empresa y mejoran los productos acabados:

- Reducir costos.
- Aumentar la producción.
- Incrementar la precisión, o lo que es lo mismo, mejorar la calidad.
- Dar mayor variedad al producto.

Los trabajadores también se beneficiarán de esta innovación ya que hará posible la desaparición de ciertos trabajos peligrosos y eliminará tareas que requieren gran tensión física y ambiental. En este sentido, se define a los robots como máquinas útiles que realizan el trabajo llamado 4D (Dangerous, difficult, dirty, disappointing) es decir, peligroso, difícil, sucio y desagradable.

Por otra parte, la introducción de la robótica en la industria implica una serie de consecuencias negativas:

- Desempleo. Este es el problema laboral de mayor trascendencia. En Alemania dan índices de su presión de 3.2 puestos de trabajo por robot y año y en Estados Unidos de 2 puestos por robot (2).
- El trabajador realiza una labor repetitiva y monótona que le producirá un exceso de carga mental. Esto se traduce en angustia, astenia, stress, etc.
- Nuevos accidentes de trabajo originados por el propio robot y su utilización.

CONSECUENCIAS DE LA IMPLANTACION DE ROBOTS EN LA INDUSTRIA

POSITIVAS

- Reducir costos.
- Aumentar la producción.
- Mejorar la calidad.
- Dar mayor variedad al producto.
- Realizar el trabajo 4D

NEGATIVAS

- Desempleo.
- Exceso de carga mental →
→ (angustia, astenia, stress, etc.)
- Nuevos accidentes de trabajo

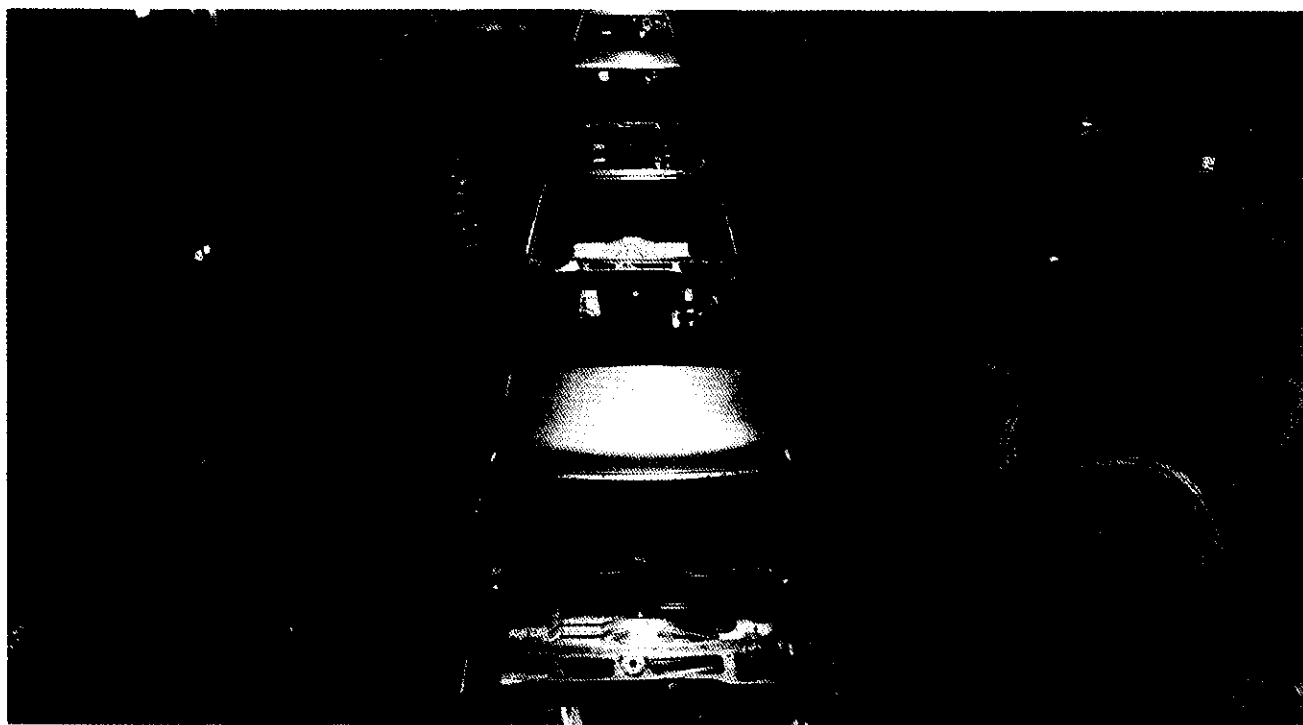
3. INFLUENCIA DE LA ROBOTICA SOBRE EL TRABAJO HUMANO

El robot, debido a que asume funciones humanas y formas similares, crea conflictos en el trabajo humano, ya que origina un cambio en el contenido del trabajo y su organización. Esta influencia tiene lugar en diferentes aspectos.

En primer lugar, los robots sustituyen a un elevado número de trabajadores, es decir, suprimen puestos de trabajo. Esto es el problema que más preocupa a los países industrializados. Resulta evidente que la mano de obra es una parte importante dentro de los costos de fabricación, y prescindiendo de ella es posible obtener un producto mucho más competitivo en el mercado.

Se produce una escisión entre la concepción y la ejecución del trabajo; el obrero queda desligado del proceso y se encuentra realizando una tarea generalmente monótona y repetitiva.

Simultáneamente a la disminución de puestos de trabajo aparecen nuevos empleos, aunque en cantidad insuficiente para cubrir el paro; estos empleos estarán relacionados con el diseño, fabricación de robots y su mantenimiento. Pero estos nuevos empleos no serán cubiertos por los trabajadores desempleados a menos que reciban una formación que les proporcione una adecuada adaptación profesional.



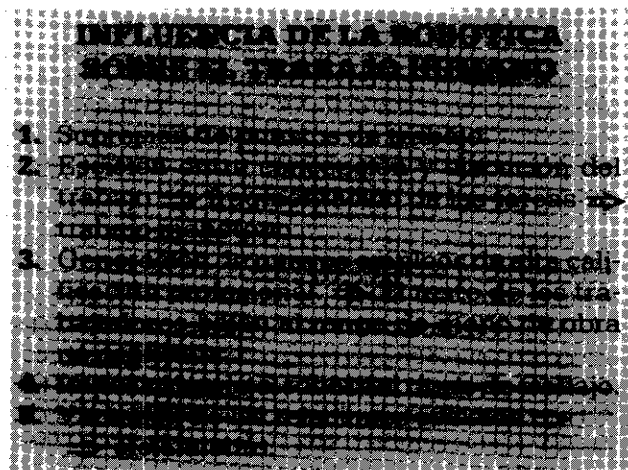
Cadena de soldadura automática por robots.

Encontramos dos tipos de consecuencias para los trabajadores: descalificación profesional para unos, que bajan al rango de mano de obra no calificada, e hipercalificación para otros, acompañadas de una modificación del sistema jerárquico ya que desaparecen gran número de mandos intermedios. Los trabajadores mayores y de mediana edad tienen más dificultad de adaptación a los nuevos sistemas de trabajo.

En ocasiones, el trabajador actúa en cooperación con un robot de tal forma que es el robot el que marca el ritmo de trabajo, produciéndose el control del hombre por la máquina. Esto origina una carga mental adicional adversa al trabajador.

Las relaciones sociales también se ven afectadas por la robotización. Se produce nerviosismo en el trabajo, febrilidad, que éste intenta calmar recurriendo a diversiones relajantes. Junto con esta búsqueda de descanso mental, se produce la necesidad de movimiento físico, debido a la inactividad que su trabajo le impone.

También tiene consecuencias sobre la vida extraprofesional, ya que el trabajador continúa viendo al ritmo del puesto de trabajo que ha dejado.



4. RIESGOS ESPECIFICOS DE LA ROBOTICA

Con la implantación de la robótica cambian las condiciones de trabajo y aparecen nuevos riesgos para la salud del trabajador. Se pueden considerar

dos tipos: Riesgos psíquicos, derivados de las nuevas condiciones de trabajo y nuevos riesgos de accidentes inherentes al uso de robots.

RIESGOS PSÍQUICOS

Como resultado de la interacción hombre-robot, se produce un **exceso de carga mental**, debido a las siguientes causas:

- Aislamiento. El trabajador se ve privado de la comunicación, por ej.: conversaciones y saludos, realizando su trabajo en soledad.
- Control del hombre por la máquina. El trabajador no puede hacer pausas ni cambiar su ritmo de trabajo cuando él lo estima oportuno.
- Se realiza un trabajo repetitivo y monótono. Una vez pasado el período de puesta a punto del robot, queda un trabajo de vigilancia y control y sobreviene la monotonía.
- Responsabilidad desproporcionada entre la tarea monótona de control y las consecuencias que se derivan de una falta de atención. El trabajador se fatiga intentando mantener su atención frente a estímulos débiles.
- Falta de actividad física.

Este conjunto de factores determina la aparición de un exceso de carga mental que se traduce en una serie de síntomas de enfermedad en el trabajador, tales como dolor de cabeza, fatiga ocular, molestias dorsales, astenia y angustia. Es de esperar que en el futuro, el exceso de carga mental se reconozca como enfermedad profesional. (7)

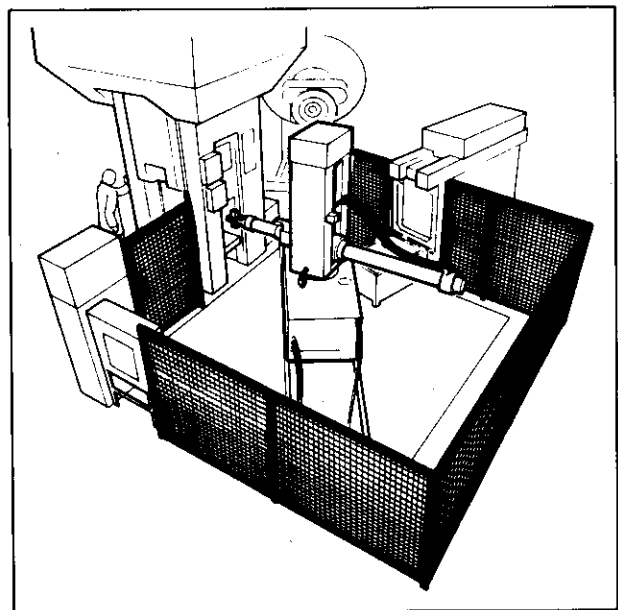
RIESGO DE ACCIDENTES

A pesar de que los robots alejan al trabajador de ciertos puestos peligrosos, disminuyendo la tasa de accidentes, la presencia de los propios robots, que poseen gran energía y se desplazan rápidamente en una amplia zona, crean condiciones específicas de accidentabilidad. Además hay operaciones peligrosas en las que el hombre se acerca a las partes móviles del robot, tales como el montaje del mismo, la fase de aprendizaje y puesta a punto, el mantenimiento y la reparación de robots; están expuestos a este peligro los técnicos constructores, trabajadores en período de aprendizaje, técnicos especialistas, vigilantes, obreros que trabajan en otras máquinas cercanas al robot, etc. (3)

Vamos a enumerar los tipos de riesgos que según Vantrín (3) del INRS, se presentan en el trabajo con robots:

- Choque del trabajador con una parte móvil del robot.
- Proyección; un robot puede soltar o proyectar una pieza alcanzando a algún trabajador.
- Riesgo de quedar atrapado entre el brazo del robot y obstáculos fijos.
- Cuando por una avería, es necesario trabajar de forma manual, existe un grave riesgo de accidentes debido a que los trabajadores que vigilan el robot ya no tienen experiencia; es un riesgo similar al de un puesto peligroso desempeñado por un trabajador inexperto.
- Riesgos tradicionales, tales como electrocución, quemaduras, radiaciones, descargas de arco, electricidad estática, etc.

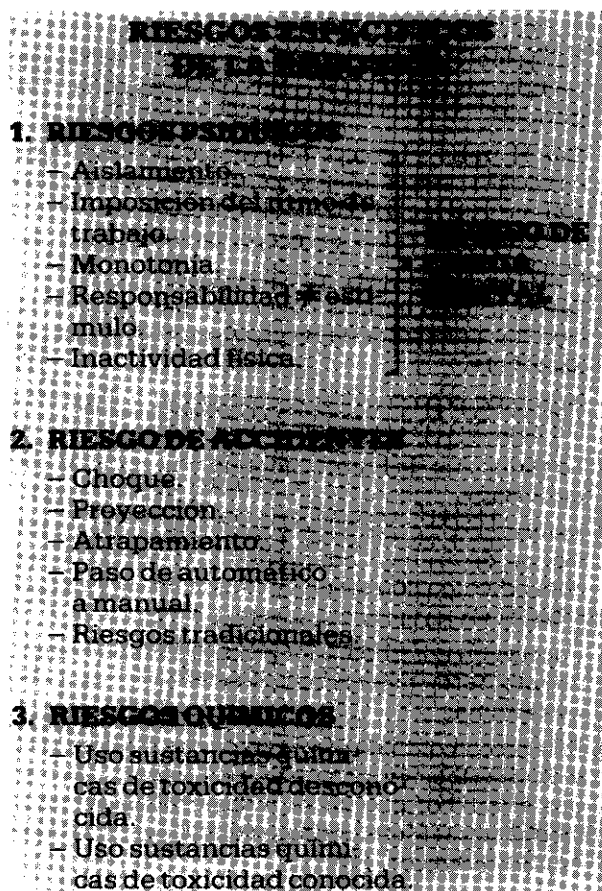
A partir de los primeros accidentes mortales se ha creado un grupo de trabajo por los Ministerios de Industria de Francia, Gran Bretaña y República Federal Alemana, con una Subcomisión, Salud y Seguridad en robótica que ha presentado un documento de trabajo dando las primeras medidas de seguridad para evitar los accidentes con robots, (8) (9).



Combinación de protectores fijos y de bloqueo, el robot saca lingotes de un horno de inducción y alimenta una prensa de extrusión.

RIESGOS QUIMICOS

La utilización de nuevas sustancias químicas de toxicidad todavía desconocida, y el uso de otros tóxicos probados, en procesos de microelectrónica, tales como arsina, fosfina, diborano, amoníaco, silanos, etc. (10)



5. EVALUACION DE RIESGOS

Mairiaux y otros autores (11, 12, 13, 14, 15), han intentado buscar una correlación entre la carga mental y diversos parámetros fisiológicos que permitan la evaluación del riesgo y sirvan como indicadores de la fatiga.

Con este fin, se han propuesto variables fisiológicas tales como: frecuencia cardíaca y su variabili-

dad, electroencefalograma, potenciales de respuesta corticales, catecolaminas urinarias, reflejo psico-galvánico, parpadeo, diámetro de pupila, tensión muscular, etc.

También se ha intentado estudiar los niveles de ciertas hormonas en sangre, tales como cortisol, prolactina, somatotropina, dopamina, noradrenalina y adrenalina (12), encontrando una relación entre la disminución notoria de los niveles en sangre de cortisol y prolactina, y la realización de una tarea que requería una moderada carga mental.

De entre todos los parámetros considerados, sólo parecen apropiados las catecolaminas urinarias (adrenalina y noradrenalina) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca, y aún así, haciendo varias salvedades.

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (V.F.C.) es la variación que puede presentar la frecuencia cardíaca instantánea determinada en el intervalo de tiempo que separa dos ondas R en el electrocardiograma, con relación a la frecuencia cardíaca media, calculada en el mismo periodo de tiempo.

Se ha observado que la VFC disminuye cuando la carga psíquica del individuo aumenta; Kalsbeek interpreta esto como la expresión fisiológica indirecta del grado de saturación del "canal único de información".

Las catecolaminas urinarias, según Frankenhaenser, son indicadores del nivel de excitación originado por una situación. La excreción de adrenalina y de noradrenalina, no responden de igual forma a los mismos estímulos. La noradrenalina será el testigo de los ajustes cardiovasculares de origen neurovegetativo mientras que la adrenalina es más bien un índice del stress psíquico experimentado.

Hay que tomar la precaución de determinar la excreción basal en cada trabajador debido a las amplias diferencias en el nivel de excreción de un individuo a otro. Cuando se quieren comparar dos situaciones diferentes se deben tomar las muestras en los días respectivos a la misma hora, con objeto de tener en cuenta el ritmo circadiano de la secreción hormonal. También debe tenerse en cuenta el consumo de cafeína, alcohol o nicotina, así como el nivel de actividad muscular si se quiere comparar la situación estudiada con una situación patrón.

Resulta especialmente significativo el estudio realizado por Johansson et al (13), que han compa-

rado las catecolaminas urinarias en el grupo de trabajadores con "alto riesgo" con las de un grupo de trabajadores "control" del mismo aserradero altamente mecanizado. Los obreros con "alto riesgo", realizaban un trabajo muy repetitivo y monótono, de cadencia determinada por la máquina y, en el que era necesaria una atención continuada; además estos puestos de trabajo eran un "cuello de botella" para la producción de la fábrica donde todos cobraban a destajo; los obreros de "alto riesgo" tenían sobre ellos la responsabilidad del sueldo de sus compañeros. Los valores de adrenalina urinaria eran bastante más altos durante el trabajo, en los obreros de "alto riesgo" que en los obreros del grupo "control". Además, la excreción de adrenalina reflejaba la realización de un trabajo repetitivo y monótono, disminuyendo cuando el trabajo variaba en el tiempo y también cuando se alargaba el tiempo del ciclo.

Cox y colaboradores (14) han demostrado que la forma de pago se refleja en la excreción de catecolaminas, de forma que el valor de adrenalina en orina es más elevada cuando los trabajadores cobran a destajo que cuando cobran a jornal, en la realización de la misma tarea monótona y repetitiva.

Jenner et al. (15) han establecido unas tablas muy interesantes en las que se recoge la velocidad de excreción de adrenalina y noradrenalina para 25 grupos profesionales, alcanzándose los valores más altos para el grupo de trabajadores que realiza tareas manuales de carácter repetitivo.

En resumen, las catecolaminas urinarias son **indicadores de stress** y se miden fácilmente sin interferir con el trabajo; pero hay que tener en cuenta que pueden existir otros factores de stress, y que el valor de adrenalina en orina se eleva tanto por sobrecarga como por infracarga de trabajo, debido a que el trabajador intenta mantener su atención frente a estímulos insuficientes (monotonía).

De la consideración de lo anteriormente expuesto se deduce que en general, estos parámetros fisiológicos proporcionan información cualitativa y no cuantitativa sobre la carga mental del trabajador, y dos de ellos, la V.F.C. y las catecolaminas urinarias son más utilizables desde el punto de vista práctico. Lo que sí es claro, es que para evaluar la carga mental de un trabajo no es posible limitarse a medir unos indicadores, sino que hay que analizar el puesto de trabajo, la forma de realizarlo, las condiciones ambientales, etc., considerando estos factores conjuntamente.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS

Para proteger la salud del trabajador de los efectos negativos de la robótica expondremos una serie de medidas prácticas:

- Los trabajadores deben participar en el proyecto y en la implantación de un sistema automatizado. El conocimiento de éste y los motivos de su adopción le hará más fácil el trabajo. Al mismo tiempo, podrá influir en materia de Higiene y Seguridad.
- Dar al trabajador una preparación técnica adecuada para la adaptación a los nuevos puestos de trabajo que requerirán unas aptitudes diferentes y en algunos casos de mayor calificación profesional.
- Disposiciones legales concretas para la protección del trabajador de los riesgos producidos por los robots.
- Normativas para evitar el control del trabajo y de las pausas debido a la máquina.
- La reducción de horario supone una solución generalizada.
- Realización de estudios e informes sobre condiciones de trabajo adaptados a la robótica, así como divulgación amplia y rápida de los mismos. (16).
- Formación del trabajador para que tenga conocimiento de los nuevos riesgos y de las precauciones a tomar.
- Establecimiento de las condiciones ambientales y de distribución de puestos de trabajo adecuados a la labor que se va a desarrollar: iluminación, temperatura, ruido, radiaciones, contaminantes químicos, etc.
- Prevención y tratamiento específico de las alteraciones clínicas producidas por el trabajo con robots, tales como fatiga excesiva, dolores de cabeza y angustia.

La adopción de este conjunto de acciones conduce, en nuestra opinión, a la integración del trabajador en la robótica de forma más digna y humanizada, consiguiendo al mismo tiempo, proteger su salud de los efectos negativos de esta nueva tecnología.

7. BIBLIOGRAFIA

- (1) DOMONT
La robotisation, ses conséquences sur le travail humain.
Arch. mal. prof. 1983, 44 (1) 30-33.
- (2) OIT
Robots industriels: Efectos sociales de la utilización de nuevas técnicas de fabricación de automóviles.
Actualidad laboral. 1982 (4), 618-622.
- (3) VAUTRIN J.P.
Robotique Industrielle et sécurité
Travail et sécurité. 1983 (3), 118-134.
- (4) OIT
Automatisation et Organisation du travail.
Anact 1984, Mars 7-9
- (5) OIT
Repercusiones sociales de la robótica.
Actualidad laboral 1982 (2), 215-217.
- (6) NOROK. OKADA Y.
Robotization and human factors.
Ergonomics 1983, 26 (10), 985-1.000
- (7) OIT
La FITIM estudia los efectos de la microelectrónica sobre el empleo.
Actualidad laboral. 1983, (1), 25-26
- (8) **Sécurité en robotique.**
Document de travail préliminaire du Groupe trimartite européen "Santé et sécurité en robotique".
Cahiers de Notes Documentaires. 1983, 110, 31-35.
- (9) I.N.R.S.
Techniques de sécurité appliquées aux robots industriels.
Cahiers de Notes Documentaires, 1983, 112, 325-344.
- (10) LADOU, J.
Potential occupational health hazards in the microelectronics industry.
Scand. j. work. environ. health. 1983, (9), 42-46.
- (11) MAIRIAUX Ph.
Indicateurs physiologiques de la charge mentale: leur utilité pour le médecin du travail.
Arch. mal. prof. 1984, 45 (2), 101-110.
- (12) MARKKU T. et al.
Psychoneuroendocrine responses to mental load in an achievement oriented task.
Ergonomics, 1983, 26 (2), 1155-1162.
- (13) JOHANSSON G. et al.
Social psychological and neuroendocrine stress reactions in highly mechanised work.
Ergonomics, 1978, 21 (8), 583-599.
- (14) COX, S. et al.
Effects of simulated repetitive work on urinary catecholamine excretion.
Ergonomics, 1982, 25 (12), 1.129-1.141.
- (15) JENNER, D.A. et al.
Catecholamine excretion rates and occupation.
Ergonomics, 1980, 23 (3), 237-246.
- (16) OIT
Evaluación del Programa internacional para el mejoramiento de las condiciones y medio ambiente de trabajo (PIACT)
Conferencia Internacional del Trabajo, 70ª reunión 1984, Informe VII, 127-132.