

Estos dos niveles, sirven de fronteras ante la graduación del riesgo higiénico y permiten encuadrar los puestos de trabajo en tres zonas diferenciadas denominadas: 1, 2 y 3 para el caso de agentes químicos y A, B y C para el caso de contaminantes físicos, de manera que el riesgo higiénico queda así progresivamente establecido: zona de muy improbable riesgo, zona de moderado riesgo o bien zona de claro riesgo higiénico.

Los criterios para los indicadores considerados en estas instalaciones se contienen en las tablas I y II, habiéndose utilizado para la evaluación de la exposición a calor el índice WBGT ponderado y la metodología analítica recomendada por NIOSH para los contaminantes químicos examinados, con las precisiones que más adelante se detallan.



**TABLA II**

**CRITERIOS DE VALORACION PARA DOSIS DE ENERGIA SONORA RECIBIDAS POR JORNADA DE TRABAJO DE 8 h./día y 40 h./semana**

ZONA A	80 a 85
ZONA B	> 85 a 90
ZONA C	> 90

La aplicación de estos criterios, conlleva una estrategia de actuación descrita en el apartado siguiente.

### **ESTRATEGIA DE ACTUACION UTILIZADA**

Para la planificación y ejecución del estudio, una vez elegidos los grupos de control, se siguió la estrategia de evaluación de contaminantes químicos, por muestreo personal mediante muestras sucesivas, que abarcaron no menos del 70% de la jornada laboral.

La caracterización ulterior de los puestos de trabajo, se efectuó a través de la media geométrica de las concentraciones medias ponderadas correspondientes a distintas jornadas y épocas de muestreo, de acuerdo con el esquema que figura en la tabla III.

Las DOSIS de energía sonora, fueron establecidas a través de dosimetrías personales, cubriendo al menos el

70% de la jornada laboral y tras la realización de dos dosimetrías por sujeto de grupo de control, distanciadas en el tiempo unos 3 meses, en base a obtener la información necesaria para, razonablemente, descartar o, en su caso, constatar riesgos por este agente. Un tratamiento paralelo al efectuado para el ruido, se siguió para el calor, donde, preceptivamente, uno de los muestreos fue efectuado en la época del año más calurosa y eligiéndose el grupo de control en este caso, entre sujetos con exposiciones lo más estables posible, al menos durante dos horas/jornada.

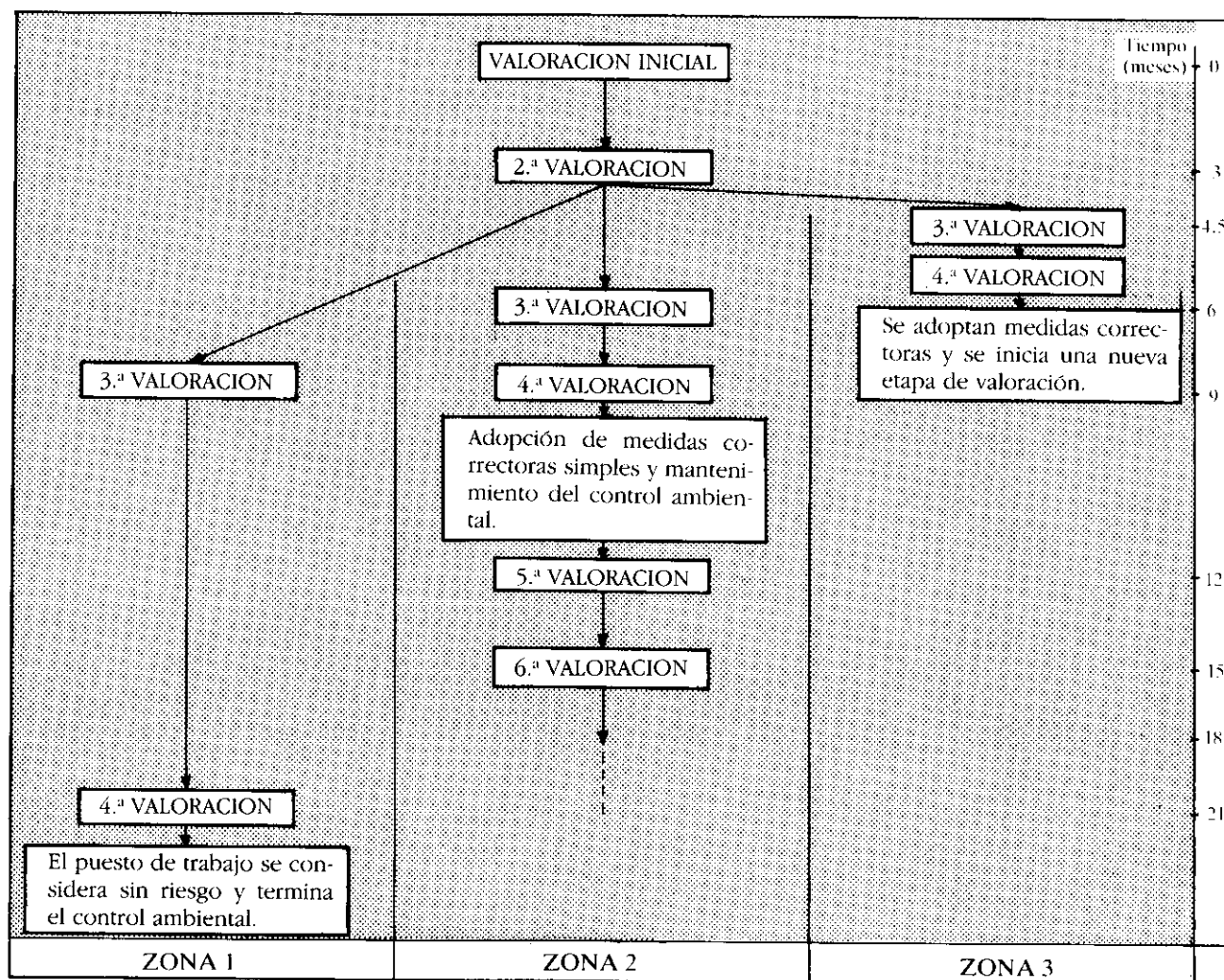
El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el establecimiento de intervalos de confianza del 95% y tamaños de muestra en concordancia con las desviaciones geométricas standar encontradas y los coeficientes de variación de la metodología NIOSH, toma de muestras análisis utilizada, de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la obra de A. Leidel, A.

Buch y R. Lynch "Estrategia de muestreo en la Exposición al Medio ambiente Laboral", editada por el mismo NIOSH en 1977 y traducida al castellano por el entonces Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo. Asimismo, se realizaron una serie de tomas puntuales para la mejor caracterización de algunas zonas y puestos, mediante métodos de apoyo colorimétricos de lectura directa, como complemento de información sobre operaciones puntuales y esporádicas.

Por otra parte, en los puestos de trabajo cuyo ambiente así lo aconsejó, se efectuó un control biológico

de orina excretada, a través de toma de muestras al principio y final de la jornada laboral, como importante complemento y elemento de contraste con las tomas ambientales. Dado que la exposición en estos casos era a disolventes orgánicos y, en particular, a Benceno y Tolueno, las pruebas biológicas realizadas lo fueron a través de los metabolitos específicos de estos tóxicos sistémicos, con respuesta a dichos contaminantes: contenido en fenoles y ácido hipúrico, realizando, para homogeneizar resultados, la oportuna corrección de los valores obtenidos a través de la creatinina.

**TABLA III**  
**ESTRATEGIA DE ACTUACION**



## CONTROLES EFECTUADOS

La evaluación de las condiciones higiénicas de trabajo, hizo necesaria la realización de las siguientes determinaciones ejecutadas de acuerdo con la estrategia de actuación descrita:

- Valoración gravimétrica de la masa particulada en suspensión, considerada como inerte.
- Valoración de la exposición a la fracción respirable de polvo de carbón y polvo silíceo, en aquellos puestos de trabajo donde, por sus particulares características y a la vista de los resultados de polvo total, se consideró de interés.
- Valoración de la exposición a Monóxido de Carbono, mediante la obtención de muestras de larga duración.
- Valoración de la exposición a Benceno, Tolueno y Xileno, a través de muestras ambientales y metabolitos urinarios.
- Valoración de la exposición a Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), a través de la técnica de cromatografía líquida-alta presión y cuyo detalle se expone más adelante.
- Valoración ambiental por métodos colorimétricos de lectura directa de contaminantes inorgánicos:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SH}_2$ ,  $\text{CNH}$ ,  $\text{SO}_2$ .
- Valoración de las dosis de energía sonora recibidas, a través de dosimetrías personales.
- Valoración de la exposición al calor, a través de la toma de temperatura seca, húmeda y de globo, así como, considerando la velocidad promedio del aire en los puestos de trabajo.

Dentro de los indicadores evaluados, merece una especial atención la determinación de la exposición a Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), dentro de cuya serie aparece el Criseno y el Benzo-a-pireno con un peso específico propio al ser sustancias sospechosas de ser cancerígenas para el hombre, dentro de las publicaciones TLVs.

Estos hidrocarburos pueden formarse en la pirólisis de un gran número de sustancias orgánicas y constituyen uno de los principales contaminantes del ambiente de trabajo en el caso que nos ocupa, formando el conocido grupo de humos comúnmente denominados como Volátiles de Alquitrán (Coal Tar Picht Volátiles).

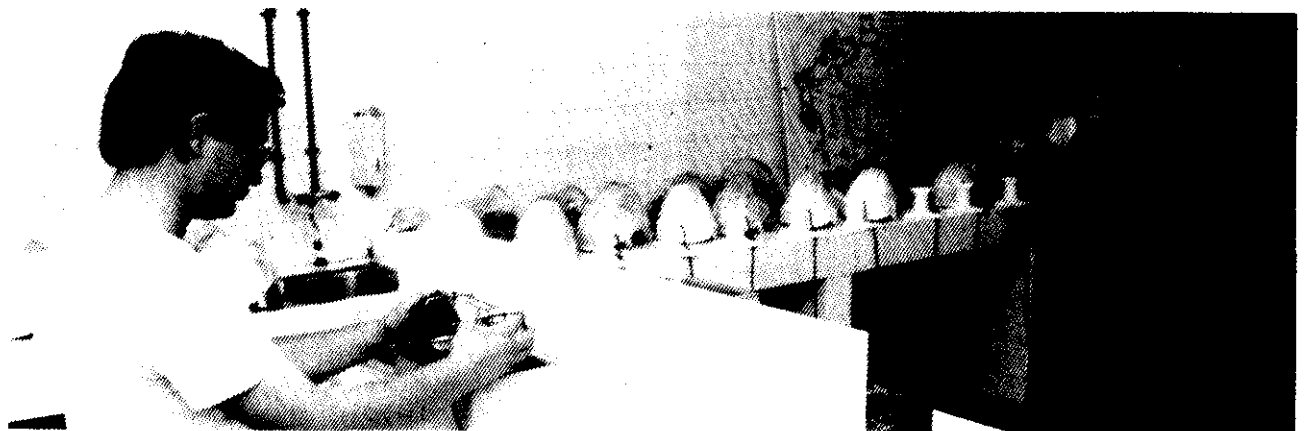
Tradicionalmente, los humos volátiles de alquitrán se han determinado por el método analítico no específico, basado en la gravimetría del extracto bencénico de los humos captados sobre filtros de fibra de vidrio. Dicho método es de baja sensibilidad y tiene muy poca reproductibilidad.

Es evidente que en el extracto bencénico existen, además de los HAP, otras sustancias que también se valoran en la gravimetría.

Para la evaluación con dicho método analítico, se ha fijado un TLV-TWA de  $0,2 \text{ mg./m}^3$ .

En la actualidad se han desarrollado otros métodos analíticos mucho más sensibles y específicos. Entre ellos, el de mayor actualidad, es el que emplea la técnica de cromatografía líquida de alta presión. Utilizando este método y con los patrones adecuados, es posible cuantizar los componentes de los HAP y de, entre ellos, el más representativo de la serie; el Benzo-a-pireno.

Es lógico que en la práctica de la Higiene Industrial,



se adopte la nueva metodología, pero teniendo en cuenta que los resultados de concentración ambiental obtenidos, no pueden ser evaluados en base al antiguo criterio de 0,2 mg./m.<sup>3</sup>. Si así se hiciese, se produciría una valoración por defecto, ya que dicho criterio ha sido establecido en base al antiguo método analítico en el que se cuantizaban muchas más sustancias junto con los HAP.

Por tanto, si bien es deseable y conveniente utilizar el nuevo método de análisis por cromatografía líquida, pues con él se obtiene una información mucho más precisa de la contaminación por HAP que existe en los puestos de trabajo, también es preciso utilizar un nuevo criterio de valoración más ajustado a la realidad.

En el caso de los HAP, los criterios de valoración deben estar íntimamente relacionados con el método de análisis. Para la realización de esta investigación, se aceptó como criterio básico el valor de 0,01 mg./m.<sup>3</sup> el para el Benzo-a-pireno, propuesto por los suecos.

Tras la toma sobre filtros de plata de un número de muestras superior a cien en la instalación estudiada y la consideración de los valores medios obtenidos en cada zona de trabajo, la relación MINIMA entre:

$$\frac{\text{HAP}}{\text{Benzo-a-pireno}} = 5,24$$

servió de base para utilizar los siguientes límites para el conjunto de los HAP:

$$\text{Nivel inferior} = 0,01 \times 5,24 = 0,05 \text{ mg./m.}^3$$

con lo cual se garantiza que, incluso en el peor de los casos, la concentración para el Benzo-a-pireno no supera el valor de 0,01 mg./m.<sup>3</sup>, si estamos por debajo del límite inferior para los hidrocarburos aromáticos totales.

Como **Nivel superior**, se utilizó el mismo criterio para la relación media de todos los muestreos realizados, que fue la siguiente:

$$\frac{\text{HAP}}{\text{Benzo-a-pireno}} = 12,6, \text{ por tanto:}$$

$$\text{Nivel superior} = 0,01 \times 12,6 = 0,15 \text{ mg./m.}^3$$

La conclusión anterior se puso en práctica tras realizar un estudio de correlación captando un número suficiente de muestras dobles, en varios puntos en los que existe contaminación por HAP y analizando una de las muestras por gravimetría y la otra por cromatografía líquida. Ante la dispersión de resultados obtenida, no pudo establecerse el criterio de asignar como nivel su-

perior el valor de HAP analizados por cromatografía que se correspondieran al valor de 0,2 mg./m.<sup>3</sup> en las muestras analizadas por gravimetría y como nivel inferior, la mitad de ese valor.

Por consiguiente y en tanto la A.C.G.I.H. establezca un valor numérico TLV-TWA para el Benzo-a-pireno o para los HAP por el método cromatográfico, la operativa expuesta parece de razonable aplicación, de cara a una eficaz prevención.

La determinación de sílice libre pura cristalina, realizada siguiendo la normativa NIOSH S-315, mediante captación sobre filtro de plata y ulterior examen por difracción de R-X es, a nuestro juicio, un método muy fiable para la realización de estas evaluaciones. Los niveles inferior y superior se situaron en 0,1 y 0,4 mg./m.<sup>3</sup>, respectivamente.

Por último, para determinación ambiental de disolventes orgánicos, se utilizaron líneas de muestreo con cabezales de carbón activado, en paralelo con monitores pasivos, a fin de realizar los oportunos contrastes entre ambos métodos, cuyas diferencias resultaron irrelevantes.

## ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Dada la amplitud de la instalación y la brevedad de este trabajo, he circunscrito por su peculiar interés, este examen de resultados a dos zonas diferenciadas en este tipo de instalaciones, por el tipo de contaminación encontrada en sus puestos de trabajo dado el remarcable carácter de algunas de las sustancias presentes en ellos.

### a) Puestos de trabajo situados en techos de Hornos de Cok.

Además de la materia particulada y el calor, como factor preponderante de riesgo higiénico fue cuantizada la presencia de HAP, superándose los valores de los criterios adoptados, aún cuando no en la cuantía en que subjetivamente era de esperar, lo que se explica, en parte, por el carácter abierto de la ubicación de estos puestos y las corrientes de aire en los mismos que, con frecuencia, alcanzan los 5 ó 6 m./sg. y, rara vez, resultan inferiores a 1,5 m./seg., favoreciendo así la dilución natural de los contaminantes e impidiendo la recepción de dosis aún mayores de los mismos, a pesar de la visión macroscópica de muy alta contaminación.



La ausencia de sílice libre cristalina en la fracción respirable en todas las muestras de los grupos de control examinados, descartan los riesgos inherentes a este agente.

Como medida de prevención adoptada frente a los HAP, se han ensayado con éxito y adoptado después, dispositivos faciales presurizados, con filtros de carbón vegetal.

La eficacia de este tipo de dispositivos frente a la materia particulada, ha sido suficientemente probada pero, sin embargo, frente a los HAP, se prefirió contrastar los resultados encontrados por algún autor europeo, a través de una estrategia de actuación basada en muestreos personales efectuados en paralelo con cabezales dotados de filtros de membrana de plata, ubicados dentro y fuera del dispositivo a ensayar, a fin de proceder ulteriormente al contraste de resultados, tras su análisis por cromatografía líquida a alta presión.

Los resultados obtenidos figuran en la tabla número IV y son de por sí elocuentes. En las debidas condiciones de uso, este tipo de dispositivo produce retenciones superiores al 96% de HAP, con dispersiones admisibles entre pruebas ( $\tau = 1,48$ ).

La puesta en práctica de este tipo de dispositivos, con un mantenimiento y conservación adecuados, han permitido situar las dosis de contaminantes recibidas en estos puestos de trabajo, muy alejadas del nivel inferior de los criterios adoptados, o nivel de acción ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  para exposiciones de 8 horas/día y 40 horas/semana), mediante una racional solución en estos puestos en los que, dadas las características de las actuales instalacio-

nes, aparece como la más factible. Este tipo de solución ha sido igualmente adoptada en países industrializados de nuestro entorno económico y geográfico.

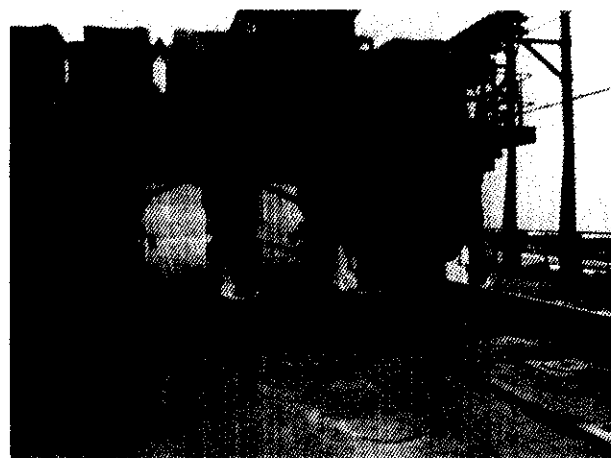
## **b) Puestos de trabajo en Subproductos de la Hulla. sección de Condensación.**

En éstos, como principal factor de riesgo, destaca la exposición al Benceno, pues, aunque la fracción orgánica contiene otros disolventes, como Tolueno y Xileno, es el Benceno el agente al que se le atribuye potencial tóxico de carácter hematológico de mayor importancia.

Se realizaron otras determinaciones en los puestos de trabajo de esta sección: Monóxido de Carbono, Acido Sulfúrico, Sulfuro de Hidrógeno, etc., pero estos compuestos se encuentran en cuantías y operaciones más localizadas y no representan por sí mismos un potencial de riesgo equivalente al que conllevan los disolventes orgánicos ya citados.

En las tablas V, VI y VII se presentan tanto los resultados ambientales obtenidos, como reiteradamente se expresa, mediante muestreos personales y de acuerdo con la estrategia de actuación descrita en el apartado correspondiente, como los biológicos deducidos de los metabolitos específicos: Fenoles, como indicador con respuesta frente a la exposición al Benceno; y ácido Hídrico, como indicador frente al Tolueno.

Aparte de servir de contraste del control ambiental, lógicamente estos indicadores biológicos permiten tomar en consideración otras vías de absorción, aparte de la inhalatoria, pudiendo preverse así, de forma precoz, posibles intoxicaciones que, en los casos que nos ocupan, pueden aparecer con carácter sistémico, habiendo sido la vía de entrada, la absorción cutánea.



**TABLA IV**  
**PRUEBAS DE EFICACIA DE DISPOSITIVOS PRESURIZADOS FRENTE A HAP**

Prueba n.º	Cabeza muestreo	Concentración (C) P.A.H. (µg/m.³)
1	interior casco	< 3
	exterior casco	186
2	interior casco	< 4
	exterior casco	97
3	interior casco	< 3
	exterior casco	58
4	interior casco	< 2
	exterior casco	102

$$C \text{ (retenida)} = C \text{ (exterior)} - C \text{ (interior)}$$

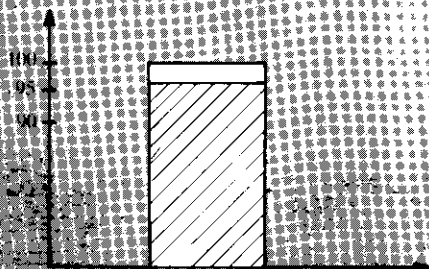
La eficacia de retención será:

$$\text{Eficacia \%} = \frac{C \text{ (retenida)}}{C \text{ (exterior)}} \times 100$$

Aplicando esta expresión a las pruebas efectuadas, se obtienen los resultados siguientes:

Prueba n.º 1.....	Eficacia	> 98,38 %
Prueba n.º 2.....	Eficacia	> 95,87 %
Prueba n.º 3.....	Eficacia	> 94,82 %
Prueba n.º 4.....	Eficacia	> 98,03 %

La eficacia media de las cuatro pruebas es mayor de 96,77%, siendo la desviación típica  $\tau = 1,48$



Siendo: C. retenida

**TABLA V**  
**RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA**  
**PLANTA DE SUBPRODUCTOS - ZONA DE CONDENSACION (\*)**

PUESTO	CONCENTRACION MEDIAS DIARIAS	MEDIA GEOMETRICA mg./m. <sup>3</sup>	CRITERIOS DE VALORACION mg./m. <sup>3</sup>	
			INFERIOR	SUPERIOR
EXTRACTIVA	14,9	10,0	50	80
	8,9			
	3,6			
	15,0			
	13,8			
REFINO	6,5	18,6	50	80
	11,8			
	28,5			
	31,8			
	31,8			
TRASLADO DE CARGA	10,8	13,6	50	80
	5,9			
	25,9			
	20,6			
DEST. PREVIA	18,2	23,0	50	80
	10,2			
	31,7			
	30,7			
	35,7			

(\*) Resultados de benceno obtenidos a través de muestras personales.

Del análisis de los resultados obtenidos, se desprende que la probabilidad de sobrepasar el nivel superior del criterio utilizado, fue muy pequeña,  $Pr = 0,005$  y la de superar el valor inferior fue  $Pr = 0,19$ , valores ambos que, cualitativamente, confirman los obtenidos mediante los controles biológicos a nivel del colectivo de control estudiando.

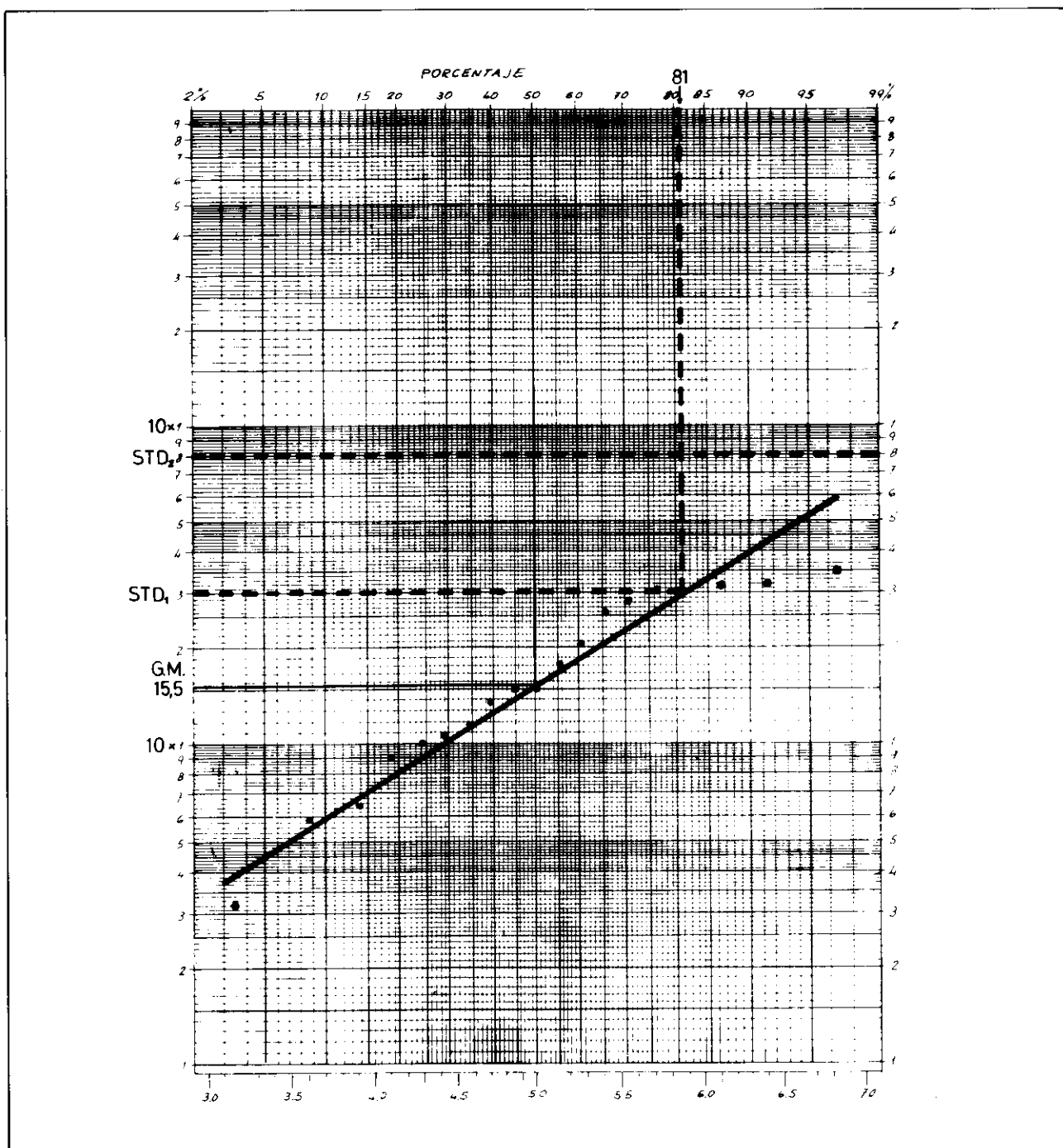
El valor de la media geométrica obtenido de  $GM = 15,5$  conjuntamente con una moderada dispersión de resultados, el valor de la  $GSD = 1,90$  y la consideración de la aditividad de efectos con el resto de disolventes orgánicos presentes, hipótesis aceptable si se consideran facetas no específicas de su acción tóxica con obtención de valores inferiores a la unidad, nos hace concluir en una exposición de riesgo no elevada.

Aún cuando la mayoría de las operaciones en esta

planta se realizan en régimen de circuito cerrado y las principales funciones de los operarios son de control y vigilancia, interesó sobremanera la puesta en práctica de un programa de mantenimiento preventivo, bajo la óptica integral de prestar idéntica atención a las fugas que pudieran producir daños en los elementos mecánicos de los circuitos, como a aquellas otras que pudieran causar sobre exposiciones innecesarias a los agentes analizados. En el programa se incluyeron la adecuación y o la instalación, en su caso, de extracciones localizadas y enclaustramientos, para prevenir el riesgo de exposiciones accidentales frente a fugas imprevistas o exposiciones esporádicas.

Actualmente el programa se encuentra en fase de desarrollo y, una vez ultimado, podrá evaluarse su eficacia de cara a la mejora de las condiciones de trabajo.

**TABLA VI**  
**DISTRIBUCION LOGARITMICA NORMAL -3 CICLOS-**





**TABLA VII**  
**RESULTADOS DE LOS CONTROLES URINARIOS DE FENOLES Y**  
**ACIDO HIPURICO OBTENIDOS EN LA PLANTA DE SUBPRODUCTOS**  
**DE LA HULLA (\*)**

OPERARIO	FENOLES mg./L.		FENOLES mg./gr. CREATININA		AC. HIPURICO mg./L.	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
A	42,7	131,0	18,5	100,7	1.100	1.450
B	11,6	34,6	7,8	20,4	172	358
C	7,9	17,1	6,3	9,5	921	835
D	17,1	49,2	8,1	21,4	505	1.810
E	15,2	23,8	5,5	10,0	623	407
F	5,3	9,6	6,0	7,5	373	563
G	8,7	18,2	5,7	8,8	480	1.320
H	5,0	60,7	2,4	22,2	942	884
I	5,9	79,8	4,9	53,2	441	855
J	4,0	17,4	4,3	6,4	202	630
K	4,9	13,1	2,9	9,0	655	84
L	8,2	9,8	8,8	9,3	6	84
M	6,3	10,8	4,2	5,6	375	140
N	11,6	10,8	9,1	12,3	274	73
O	50,7	79,9	38,1	52,9	509	543
P	39,7	43,7	21,1	25,3	172	421
Q	60,1	107,8	18,1	39,5	416	1.215
R	16,0	20,1	4,5	11,8	890	348
S	23,3	12,8	18,0	10,7	234	44

\*Para el control metabólico del benceno y tolueno, se tomaron en consideración los siguientes valores biológicos de referencia:

Para el benceno, 40 mg. de fenol por grano de creatinina, valor normal, 20 mg. l.; valores aceptables hasta 75 mg. l.

Para el tolueno, valores normales de ácido hipúrico 800 mg. l.; aceptables hasta 3.000 mg. l.

## CONCLUSIONES

El objetivo pretendido con este trabajo ha sido el intentar mostrar con la inclusión de 2 ejemplos concretos, la importancia de la elección de indicador o indicadores fundamentales, en el estudio de un problema higiénico complejo, para los que se han puesto a punto y coordinado los métodos de toma de muestra-análisis que se han entendido como capaces de ofrecer la mejor res-

puesta ante la demanda planteada, intentando no caer en la rutina en la que muchas veces, de manera inconsciente, se es avocado al aplicar técnicas ya descritas en los manuales existentes, sin diseccionar su verdadera aplicabilidad y eficacia ante nuestro concreto problema.

Una vez que el rigor ha presidido nuestra actuación, las recomendaciones orientadas a la mejora de las condiciones de trabajo, suelen responder a la eficacia de ellas esperada.

## BIBLIOGRAFIA

1. JOHN, W. SHEEHY - **"Control Technology for worker exposure to coke oven emissions"** (Control Tecnológico para trabajadores con exposición a emisiones de hornos de coque) NIOSH-80-114 (1980).
2. NELSON, A. LEIDEL - **"Occupational exposure sampling strategy Manual"** (Manual de estrategia de muestreo en la exposición ocupacional) NIOSH (1977).
3. PATTY - **"Manual of Industrial Toxicology"** (Manual de Toxicología industrial).
4. R. A. TREVETHICK - **"Combating Health hazards in coke oven operation"** (Lucha contra los peligros de la salud en las actividades de los hornos de coque). Iron & Steel International (1977).
5. S. VERK - **"Studies of elimination degree of Aromatic Polycyclic Hydrocarbons"** (Estudio del grado de eliminación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) Granges Aluminium Metall. No-ruega (1982).
6. J. PORTILLO - **"Concepción y desarrollo de la Higiene Industrial en el seno de la empresa"** C.S.I.S. (1983).
7. O. MARTINEZ GAYOL - **"Compuestos encontrados en el alquitrán"** INCAR (1971).
8. T. NIELSEN - **"Insolation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nitro Derivatives in Complex Mixture by liquid Chromatography"** (Separación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y Nitro derivados en mezclas complejas por Cromatografía de líquido) Anal Chem. (1983).
9. F. CONSO - **"La toxicovigilancia en milieu industrial"** (La toxicovigilancia en el medio industrial) Rev. Med. Trav. (1982).
10. C. G. HUNTER - and D. BLAIR - **"Benzene: Pharmacokinetic studies in man"** (Benceno: Estudios en la farmacocinética en el hombre) Ann. Occup. Hyg. (1972).
11. P. O. DROZ and J. E. FERNANDEZ - **"Effect of Physical workload on retention and metabolism of Inhaled Organic Solvents. A comparative Theoretical Approach and its applications with Regards to Exposure Monitoring"** (Efectos de la carga física del trabajo sobre la retención y metabolismo en la inhalación de los solventes orgánicos. Un modelo comparativo teórico y sus aplicaciones de cara a la evaluación de la exposición) Int. Arch. Occup. Environ. (1977).