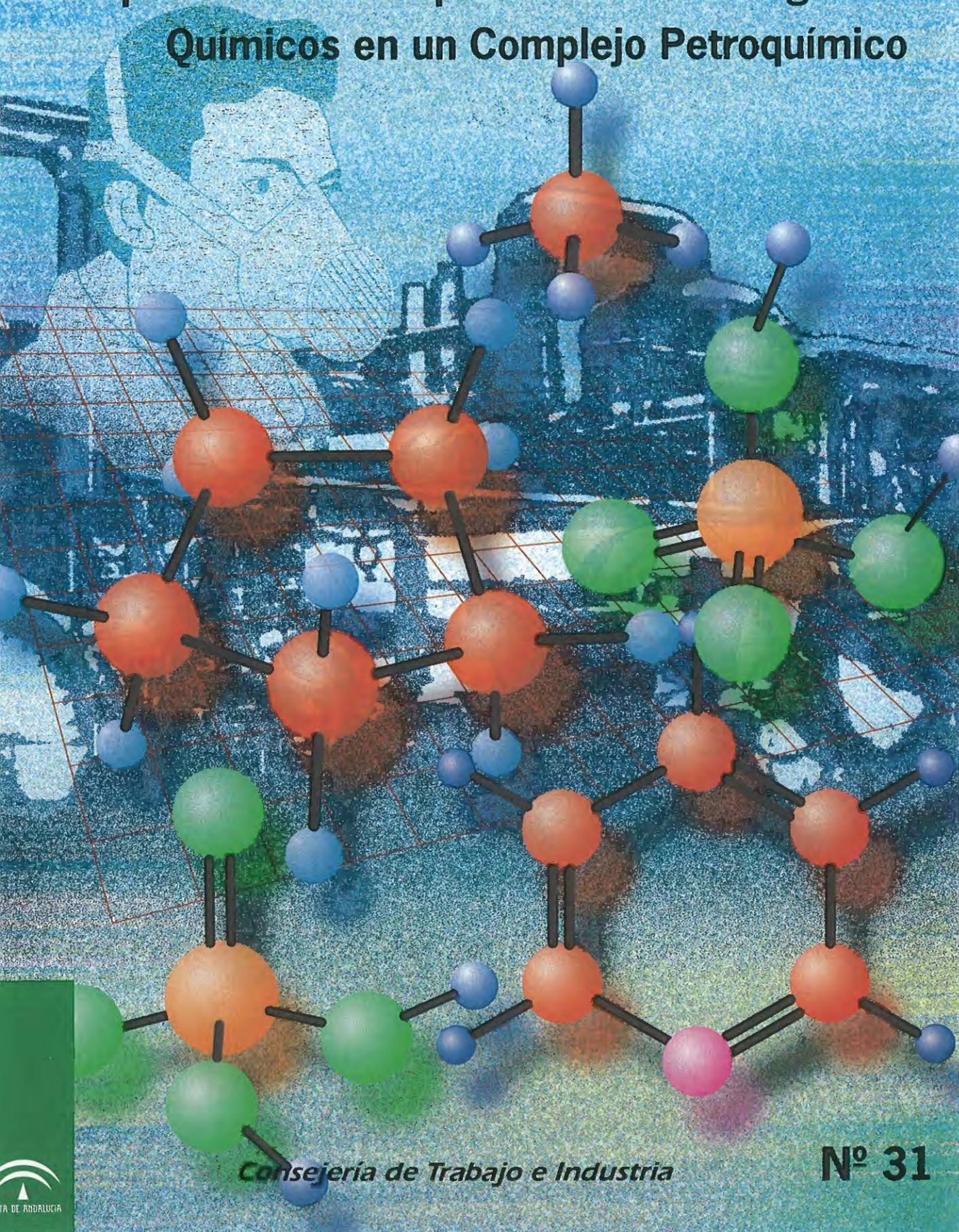
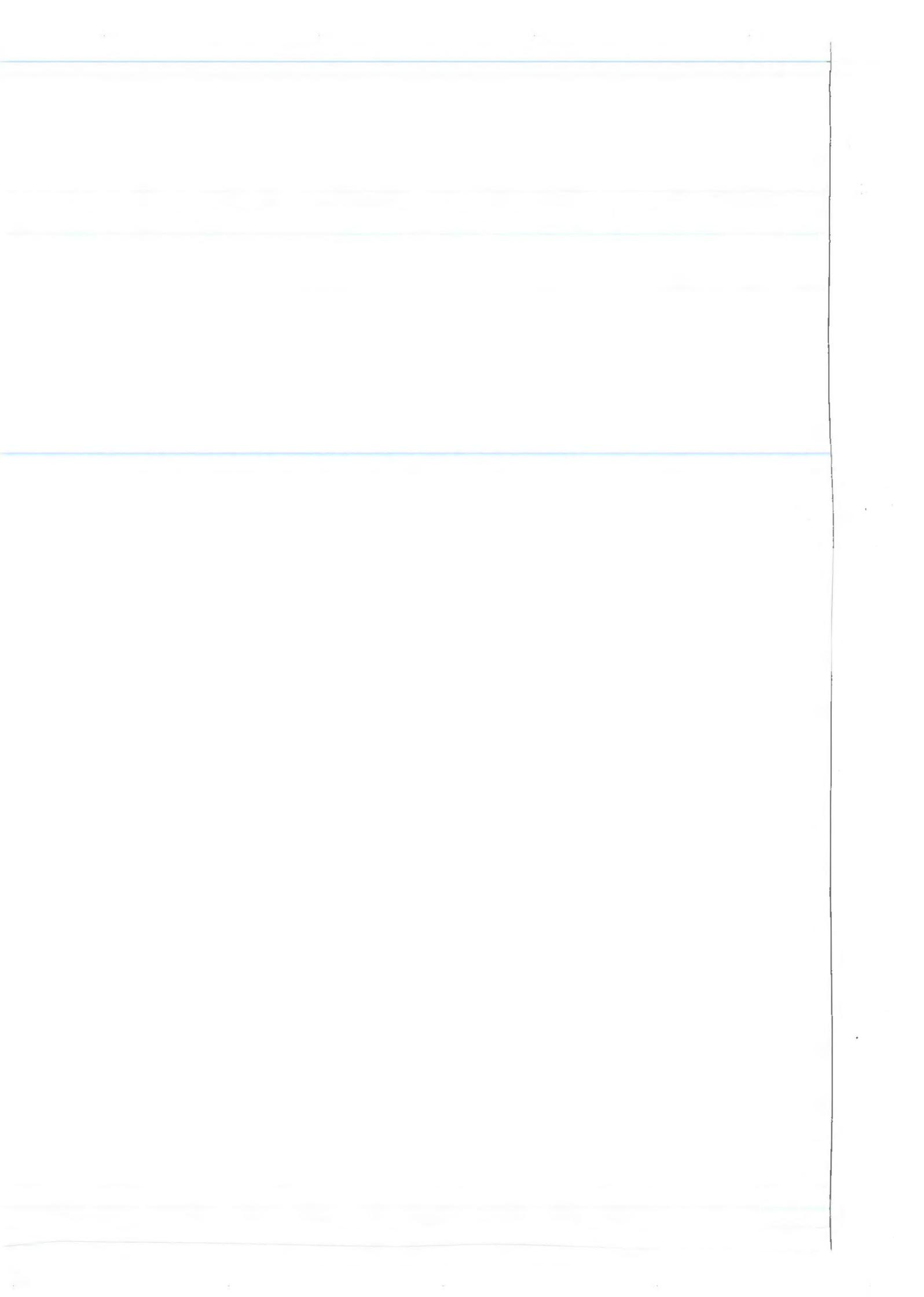


# Programa de Evaluación Continuada de la Exposición Laboral por Inhalación de Agentes Químicos en un Complejo Petroquímico





Seg-0042



**PROGRAMA DE EVALUACIÓN CONTINUADA  
DE EXPOSICIÓN LABORAL POR INHALACIÓN DE  
AGENTES QUÍMICOS EN UN COMPLEJO PETROQUÍMICO**

– Autor:

José Antonio Garrido Roldán  
C.S.H.T. Huelva

– Edita:

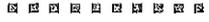
Junta de Andalucía  
Consejería de Trabajo e Industria  
Dirección General de Trabajo y Seguridad Social

Depósito Legal: SE-2420-97

I.S.B.N.: 84-7936-156-5

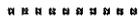
Maquetación e Impresión: Artes Gráficas Novograf, S.A. (Sevilla)

## *Dedicatoria*



*Andar lo que ya recorrieron otros es siempre tarea más fácil que hacer camino, sobre todo si los caminos trazados tienen la solidez necesaria para perdurar en el tiempo.*

*(Rutas de Al-Andalus).*



*A todos aquellos profesionales que con su dedicación y esfuerzo contribuyen a mejorar las condiciones de vida en el entorno laboral y, por extensión, a cualquier persona que dedique parte de su tiempo a la noble tarea de velar por la seguridad y la salud de los trabajadores.*



## **Agradecimientos**

\*\*\*\*\*

*"No es difícil tener éxito. Lo difícil es merecerlo".*

- Albert Camus -

*Diffícilmente se podría haber concluido este trabajo sin la colaboración inestimable de algunas personas e instituciones. Es por ello, que deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos ellos y en particular a:*

*D. Juan Pablo Sánchez Ribagorda (compañero y amigo), que en los momentos de mayor desaliento me brindó su apoyo moral y la adecuada motivación científica.*

*Rosa E. Rudas Falcón, que soportó estoicamente mi mal humor y padeció la tortura de interpretar los borradores manuscritos de este trabajo.*

*Empresa ERTOIL S.A. y en particular a su Coordinador de Seguridad D. Antonio Coronel Bueno que, entre café y café, me dedicó todo el escaso tiempo de que dispone.*

*D. Rafael Aguado y D. Luis Collantes (Jefes de planta y área respectivamente de la planta FCC), por su amable colaboración y apoyo técnico.*

*Servicio de Condiciones de Trabajo de la Consejería de Trabajo y Asuntos Sociales de la Junta de Andalucía y en especial a D. Sebastián Chacón Blanco, que me proporcionaron los medios necesarios.*

*Dirección del Centro de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Huelva que, en la persona de D. Carlos Fernández Herce, me facilitó la tarea, poniendo a mi disposición los recursos técnicos del Área de Higiene Industrial.*

*A mis compañeros de trabajo por su comprensión e infinita paciencia.*

*En general a cuantas personas perdieron, aunque fuese sólo un minuto de su tiempo en beneficio de la culminación de este trabajo.*

**A TODOS, DE CORAZÓN, GRACIAS.**





# ÍNDICE

<b>0. Presentación</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>11</b>
1.1. Glosario de Términos Técnicos. ....	11
1.2. Antecedentes. ....	13
1.3. Justificación. ....	15
1.4. Características generales de la empresa estudiada. ....	17
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>19</b>
2.1. Objetivo General. ....	19
2.2. Objetivos Específicos. ....	19
2.3. Objetivos Secundarios. ....	19
<b>3. Material y Métodos</b> .....	<b>21</b>
3.1. Población objeto de estudio. ....	21
3.2. Información básica de la planta estudiada. ....	21
3.3. Tipo de diseño del Trabajo de Campo. ....	22
3.4. Método seguido para el desarrollo del estudio. ....	23
3.5. Estrategia de medición. ....	24
3.6. Métodos de toma de muestra y análisis. Equipos y material de muestreo utilizados ....	27
3.7. Análisis estadístico de los datos obtenidos, mediante mediciones en el puesto de trabajo, para su comparación con el valor límite. ....	30
3.8. Conclusión de la evaluación de la exposición laboral (EEL). Planteamiento general. ....	31
3.9. Planificación de las mediciones periódicas ....	32
3.10. Criterios de valoración ....	33
<b>4. Resultados y Discusión</b> .....	<b>35</b>
4.1. Descripción de la población estudiada. ....	35
4.2. Relación de Sustancias. ....	36
4.3. Factores que configuran el puesto de trabajo. ....	38
4.4. Resultados del estudio piloto. ....	41
4.5. Resultado del estudio detallado. ....	46
<b>5. Conclusiones</b> .....	<b>51</b>
<b>6. Recomendaciones</b> .....	<b>53</b>
<b>7. Resumen</b> .....	<b>55</b>
<b>8. Bibliografía</b> .....	<b>57</b>
<b>Anexo I.</b> Profesiogramas facilitados por el Servicio Médico de Empresa ERTOIL S.A. ....	59
<b>Anexo II.</b> Modelo de ficha toxicológica. ....	63
<b>Anexo III.</b> Cuestionario de Condiciones de Trabajo. ....	67

---

<b>Anexo IV.</b> Modelos de fichas descriptivas de actividad para cada puesto de trabajo .....	77
<b>Anexo V.</b> Calendario y Programa de muestreo para el Estudio Piloto .....	81
<b>Anexo VI.</b> Calendario y Programa de muestreo para el Estudio Detallado. ....	85
<b>Anexo VII.</b> Programa de muestreo para el Estudio Higiénico Detallado .....	89
<b>Anexo VIII.</b> Tabla de muestreo. Medición de 80 exposiciones individuales. Distribución por puestos de trabajo y agente químico muestreado .....	93
<b>Anexo IX.</b> Fichas para el muestreo de campo y la Evaluación de la Exposición Laboral .....	97
<b>Anexo X.</b> Procedimiento estadístico del gráfico de probabilidad acumulada .....	103
<b>Anexo XI.</b> Procedimiento estadístico para estimar la probabilidad de exceder el valor límite .....	107
<b>Anexo XII.</b> Resultados del Estudio Piloto .....	113
<b>Anexo XIII.</b> Calibración y ajuste de los datos a la distribución Log-Normal .....	117
<b>Anexo XIV.</b> Cálculos para estimar la probabilidad de exceder el valor límite .....	133
<b>Anexo XV.</b> Equipamiento del Laboratorio Químico de la empresa ERTOIL S.A. ....	139

---



# 0. PRESENTACIÓN

*El documento que a continuación se expone pretende aportar una experiencia, que consideramos sumamente interesante en el ámbito de la higiene industrial y, concretamente, en lo relativo a la evaluación de los riesgos debidos a agentes químicos.*

*La evaluación de riesgos, proceso éste fundamental en la planificación de actividades preventivas a tenor de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y del R.D. 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, constituye una herramienta eficazísima para diseñar actuaciones que redunden en la mejora de las condiciones de trabajo en la empresa. Como tal hay que tomarla: como un medio indispensable para conseguir el objetivo pretendido que no es otro que disminuir los factores de riesgo en la empresa. De ahí que la evaluación deba efectuarse con el máximo rigor en consonancia con la situación planteada.*

*El ejemplo contenido en esta publicación responde a esta filosofía y, tal cual se puede comprobar, tiene un sentido eminentemente formativo. Confío que su análisis y asunción facilite a los profesionales que, desde cualquier perspectiva, tengan que abordar la evaluación de riesgos ocasionados por agentes químicos, el desarrollo de su tarea.*

Sevilla, Junio de 1998

**Guillermo Gutiérrez Crespo**  
Consejero de Trabajo e Industria

## NOTA

*El presente documento ha sido el Trabajo Final del Autor correspondiente al proceso de evaluación seguido en el I Master en Salud Laboral y Condiciones de Trabajo impartido en la Universidad de Sevilla durante el período 1994-1995.*

*De ahí que algunas referencias legislativas y normativas hayan quedado obsoletas; no obstante, y dado que tanto la legislación posteriormente aprobada como las normas CEN que han pasado a normas UNE hacen totalmente válido el planteamiento del Autor, se ha considerado oportuno proceder a su publicación sin ninguna actualización. Asimismo, respecto a los Valores Límites utilizados en los criterios de valoración se han mantenido los correspondientes al año reseñado ya que, salvo en lo relativo a uno de los contaminantes considerados que no influye en el apartado de Resultados y Discusión, el resto no ha sufrido modificación.*

*Sevilla, Junio de 1998*

# 1. INTRODUCCIÓN

## ■ 1.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

En base a la peculiaridad de la terminología técnica utilizada en Higiene Industrial y dada la multiplicidad de definiciones terminológicas emanadas de las Normas Europeas elaboradas por el Comité Técnico 137 (en adelante, TC 137) del Comité Europeo de Normalización (en adelante, CEN), bajo el título genérico de "atmósferas en el lugar de trabajo", se considera pertinente la inclusión, en este Trabajo de Campo, del presente glosario de términos técnicos.

- **Actividades del Trabajo:** Serie definible de tareas durante los períodos considerados.
- **Agente Químico:** Cualquier elemento o compuesto químico, sólo o mezclado con otro, tal como aparece en estado natural o producido por cualquier actividad laboral, sea producido intencionadamente o no, y haya sido o no puesto en el mercado.
- **Caudal de Muestreo, referido a un muestreador pasivo:** Conocido también como velocidad de muestreo, es una constante característica para cada compuesto químico y cada modelo de muestreador, que engloba la constante de diseño geométrico del mismo y el coeficiente de difusión del mencionado compuesto.

Esta constante permite relacionar la masa de contaminante recogida con la concentración ambiental del mismo y el tiempo de muestreo, de acuerdo con la expresión:

$$CM = m / C.t . 10^6$$

Donde:

- CM:** es el caudal de muestreo (ml/min).
- m:** es la masa de contaminante recogida (mg).
- C:** es la concentración ambiental (mg/m<sup>3</sup>).
- t:** es el tiempo de exposición (min).

Dimensionalmente, tiene unidades de caudal y puede identificarse con el caudal de aspiración para el cual, un muestreo dinámico realizado durante el mismo período de tiempo, captaría la misma masa de contaminante que el pasivo.

- **Ciclo de Trabajo:** Mínimo conjunto ordenado de tareas que se repite idéntica y sucesivamente; entre dos ciclos cualesquiera no deben existir diferencias macroscópicamente observables.
- **Concentración:** Normalmente la concentración en el aire de un agente químico es su masa por unidad de volumen de aire.

Las concentraciones de gases y vapores se expresan en términos independientes de las variables de temperatura y presión atmosférica en ml/m<sup>3</sup> (ppm), y en términos dependientes de estas variables en mg/m<sup>3</sup> para una temperatura de 20°C y una presión de 101,3 KPa.

- **Concentración de la Exposición Laboral (CEL):** Media aritmética de las medidas realizadas en el mismo turno de trabajo, referido al período de referencia del valor límite del agente considerado.
- **Criterio de Valoración:** Norma con la que se comparan los resultados obtenidos al estudiar un ambiente de trabajo, para tener información del riesgo que para la salud puede entrañar el mismo. La norma puede ser tanto un reglamento o legislación que hay que cumplir, como una información estrictamente técnica, de reconocida solvencia, que se utiliza como referencia.
- **Desviación Standard Geométrica de las concentraciones (GSD):** Parámetro que suele emplearse como indicador de la variabilidad de las concentraciones medidas. La GSD es el antilogaritmo de la desviación Standard de la distribución de los logaritmos de las concentraciones.

La GSD puede variar teóricamente desde 1 (concentración constante) hasta cualquier valor positivo superior a la unidad, aunque en la práctica los valores encontrados suelen hallarse en el intervalo de 1,25 a 2,5.

- **Distribución Log-Normal de las Concentraciones Ambientales:** Se ha demostrado experimentalmente que la concentración medida durante un determinado ciclo de trabajo es una **variable aleatoria** que

sigue una distribución de probabilidad **Log-Normal** (es decir, que los logaritmos de dicha variable siguen una ley normal). Ello significa que las concentraciones pueden variar teóricamente entre cero e infinito, y que la probabilidad de que la concentración medida esté más o menos alejada de la concentración media real depende de la mayor o menor **Desviación Típica (dispersión)** de la distribución o, lo que es lo mismo, de la mayor o menor **variabilidad** de los factores aleatorios que influyen sobre la concentración.

- **Estudio Detallado:** Estudio en el que se trata de obtener la concentración de la exposición laboral (CEL) que permita su comparación con el valor límite (VL). Implica medición, aunque se deja abierta la posibilidad de emplear métodos de medición menos fiables, pero más baratos y simples, cuando se sospeche que los niveles de exposición están muy por debajo o por encima de VL.
- **Evaluación de la Exposición Laboral (EEL):** Proceso de comparar la "valoración de la exposición" con el Valor Límite establecido, o criterio de valoración elegido.
- **Exposición:** Presencia de un agente químico en el aire, dentro de la zona de respiración de un trabajador. Se expresa en términos de concentración del agente, obtenida mediante mediciones de la exposición, y está referida al mismo período de referencia que aquel que ha sido aplicado para el valor límite.
- **Gráfico de Probabilidad Acumulada:** Procedimiento para comprobar que los datos de exposición se ajustan a la distribución Log - Normal, calcular la media y desviación Standard de los mismos y la probabilidad de que se exceda el valor límite.
- **Grupo de Exposición Homogénea (GEH):** Grupo de trabajadores con un patrón similar de trabajo, pero no necesariamente que trabajen al mismo tiempo. Estos trabajadores representan, básicamente, condiciones de exposición semejantes.
- **Lugar de Trabajo:** Ubicación o ubicaciones definidas donde las actividades del trabajo se realizan.
- **Método o Procedimiento de Medida Aceptado:** Es un método o procedimiento utilizado en el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y que ha sido sometido a un protocolo de validación por Organizaciones Oficiales competentes en el área de la normalización de métodos analíticos, o bien ha sido adoptado como método recomendado para asociaciones profesionales dedicadas al estudio y evaluación de riesgos por agentes químicos; así como también aquellos métodos reco-

mendados por la Unión Europea o basados en métodos ampliamente reconocidos y utilizados por especialistas en este tipo de análisis.

- **Método o Procedimiento de Medida Recomendado:** Es un método evaluado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con el protocolo de validación correspondiente, que incluye la realización de pruebas inter-laboratorios entre los distintos laboratorios que colaboran en la validación del método.
- **Muestreador individual (o aparato de muestreo individual):** Aparato fijado sobre una persona, que muestrea el aire en su proximidad inmediata, con el fin de determinar su exposición a los agentes químicos.
- **Muestreo individual (o personal):** Operación que consiste en muestrear el aire por medio de un muestreador individual.
- **Norma:** En sentido estricto, una norma es la especificación técnica aprobada por una institución reconocida con actividad de normalización, para su aplicación repetida y continuada y cuya observancia no es obligatoria. Una norma puede llegar a ser vinculante si así lo dispone la autoridad competente.
- **Norma Europea:** Es una contribución colectiva de los países miembros de la CE y de la Asociación Europea de Libre Cambio (en adelante, "EFTA") para eliminación de obstáculos técnicos al comercio europeo, basados en la aplicación del consenso.
- **Período de referencia:** Duración especificada para la que se establece un valor límite para un agente específico y que normalmente suele ser de 8 horas.
- **Precisión (de un procedimiento de medida):** Proximidad de concordancia entre los resultados obtenidos al aplicar el método, varias veces, bajo condiciones determinadas.
- **Procedimiento de medida:** Procedimiento utilizado para el muestreo y el análisis de una o varios agentes químicos en el aire y que incluye el almacenamiento y el transporte de las muestras.
- **Selectividad (de un procedimiento de medida):** Grado de independencia (del método), frente a las interferencias.
- **Test de Kolmogorov Smirnov y Shapiro-Wilks:** Procedimiento estadístico incluido entre las pruebas no paramétricas que se aplican a una sola muestra. El test de Kolmogorov Smirnov es en realidad una prueba de bondad del ajuste. Determina el grado de con-

formidad entre la distribución empírica de la muestra y una distribución teórica específica de la población.

- **Validación:** Es el proceso para evaluar las características de funcionamiento de un procedimiento de medida y verificar que se cumplen ciertos criterios prefijados.
- **Valoración de la Exposición:** Proceso de medir o estimar la concentración de un agente químico, presente en el ambiente laboral, dentro de la zona de respiración de un trabajador; así como la frecuencia y duración del contacto humano con el agente químico considerado.
- **Valor Límite:** Concentración media de exposición de una sustancia en el aire del lugar de trabajo en forma de gas, vapor o de aerosol, ponderada para un período de ocho horas. Se expresa en términos de concentración remitida a un período de referencia, es decir, a la duración asociada a la definición del valor límite considerado.

Los valores límites están, en su mayor parte, establecidos para períodos de referencia de ocho horas, pero es posible que también puedan ser establecidos para períodos más cortos o para salidas de curso de la concentración (límites de desviación).

Los valores límites para gases y vapores están expresados en términos independientes de las variables de temperatura y presión de aire, en  $\text{ml}/\text{m}^3$ , para una temperatura de  $20^\circ\text{C}$  y una presión de 101,3 KPa.

- **Valor TLV-TWA** (media ponderada en el tiempo): Concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos para su salud.
- **Valor TLV-STEL** (Límite exposición para cortos períodos de tiempo): Exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada, aunque la media ponderada en el tiempo durante las 8 horas sea inferior al TLV-TWA. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango.

## 1.2. ANTECEDENTES

La incorporación de nuestro país a la Comunidad Europea en Enero de 1986, supuso, entre otras muchas cuestiones, un esfuerzo legislativo importante para adap-

tar nuestro ordenamiento jurídico, en materia de Salud Laboral y Condiciones de Trabajo, a las disposiciones mínimas establecidas mediante **Directivas** por nuestros socios comunitarios.

A partir de dicho año, y gracias a la aprobación de la llamada Acta Única, se incorporó al Tratado que constituye la base legal de funcionamiento de la -hoy- Unión Europea, un nuevo artículo (el 118 A), que supuso una aceleración en la actividad normativa comunitaria sobre Seguridad y Salud Laboral y propició la creación de una auténtica política social Europea sobre Seguridad y Salud de los Trabajadores.

El mayor exponente legal de dicha política lo constituye la Directiva 89/391 CEE, más conocida como "Directiva Marco" y en la que, básicamente, se establecen los criterios con los que los empresarios deberán organizar el trabajo y gestionar la prevención frente a los riesgos profesionales.

Las obligaciones del empresario, como garante de la Seguridad y Salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con el trabajo se recogen explícitamente en el artículo 6 de la citada Directiva Marco y se sustentan como principios generales de prevención, entre los que cabe destacar, por cuanto que interesan al presente Trabajo de Campo, los siguientes:

Artículo 6.2b: "**Evaluar los riesgos** que no se puedan evitar".

Artículo 6.2g: "Planificar la prevención buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y **la influencia de los factores ambientales en el trabajo**"

En idénticos términos se contemplan estas mismas obligaciones del empresario en los artículos 14, 15 y 16 del capítulo III, de la reciente Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, que supone la transposición a nuestro ordenamiento jurídico de la mencionada Directiva Marco, entre otras.

En esta Ley de Prevención de Riesgos Laborales merece especial atención, por cuanto interesa a este Trabajo de Campo, el artículo 16 en particular que trata de la **evaluación de los riesgos**. En este artículo se contemplan, entre otras, las siguientes acciones preventivas, a planificar por el empresario:

- Una **evaluación inicial** de los riesgos para la Seguridad y la Salud de los trabajadores.
- Una **actualización de la evaluación** cuando cambien las Condiciones de Trabajo.
- **Controles periódicos**, cuando el resultado de la evaluación lo hiciera necesario.

La salubridad del medio ambiente laboral, relacionada con la presencia de agentes químicos potencialmente nocivos, ha sido motivo de preocupación, investigación y estudio entre los profesionales de la prevención y de la epidemiología laboral. Esta preocupación se ha visto potenciada como consecuencia del importante desarrollo que la **Industria Química** ha experimentado en los últimos años.

En este sentido, cabe destacar el impulso que, para el control de los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos, supuso en la Unión Europea (en adelante U.E.) la refundición de la Directivas 80/1107/CEE y 88/642/CEE, sobre "protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos".

La modificación que introduce la Directiva 88/642/CEE sobre la antigua Directiva 80/1107/CEE (más conocida como Directiva Marco de Higiene Industrial), afecta a los agentes químicos exclusivamente, y en ella se precisan conceptos de Higiene Industrial, en particular, valores límites, evaluación de la exposición y estrategia de la medición (Anexo II bis), conceptos, que adquieren especial relevancia en el Trabajo de Campo que aquí se aborda.

En relación con los agentes químicos en el trabajo, cabe mencionar que actualmente se encuentra en fase de proyecto una nueva Directiva, sobre "protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad relacionados con agentes químicos en el trabajo", que será de aplicación a todo agente químico, con potencialidad nociva, que este presente, de alguna manera, en el lugar de trabajo. Esta nueva Directiva sustituiría a las Directivas 80/1107/CEE y 88/642/CEE, que quedarían derogadas. Asumiría las Directivas 91/322/CEE sobre **Valores Límite Indicativos**, la 88/364/CEE sobre **Prohibiciones** y la 82/605/CEE, sobre **exposición a plomo** y sus compuestos iónicos. También serviría de referencia a la Directiva 90/394/CEE sobre **agentes cancerígenos** y con su adopción deberá desaparecer la incongruente situación de "transposición no exigible" en la que se encuentran las Directivas 88/642/CEE y la 91/322/CEE sobre Valores Límite, que sólo serían de aplicación "cuando los Estados Miembros decidan legislar sobre esta materia".

En la transposición de la Directiva Marco, (89/391/CEE), a nuestro ordenamiento jurídico, mediante la citada Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se contemplan nuevas fórmulas de gestión de la prevención, entre las que cabe destacar la creación de los **Servicios de Prevención** de carácter multidisciplinario, prevista en el artículo 31 de la Ley y que entre sus funciones tiene la de "Evaluar los Factores de Riesgo" (artículo 31.3b). Aunque los Servicios de Prevención están siendo objeto de un desarrollo Reglamentario en la actualidad, sin duda los Higienistas profesionales tendrán un importante papel en la constitución de los mismos y muy especialmente en lo relativo a la **evaluación de riesgos por exposición a agentes químicos**.

Al objeto de evaluar si el ambiente laboral supone un riesgo para el trabajador, es primordial conocer cuales son los agentes químicos y en qué concentración se encuentran. Se entenderá, por tanto, que una de las mayores inquietudes de los Higienistas Industriales haya sido la de determinar, con la mayor exactitud y precisión posibles, la concentración de los agentes químicos presentes en los ambientes laborales, mediante una serie de toma de muestras/análisis.

Este proceso de toma de muestras/análisis, como toda "medida", está sometida a algún tipo de error, lo que implica que la concentración calculada a partir de los datos obtenidos mediante la toma de muestras será sólo una estimación del verdadero valor de la concentración ambiental. En base a ello, es necesario definir una adecuada estrategia de muestreo, de forma que nos permita obtener una estimación válida y representativa de la **exposición real**.

En la estrategia de muestreo se considera el número de muestras necesarias y las características de la mismas en lo que se refiere a: duración de cada muestra, duración del período de muestreo, momento más idóneo para tomar las muestras, número de días que se deben muestrear y frecuencia entre evaluaciones.

Hasta la fecha, la estrategia de muestreo seguida por los Higienistas Americanos y basada en las publicaciones de N.A. Leidel. (Occupational Exposure Sampling Strategy Manual), ha sido ampliamente aceptada y seguida por los Higienistas Europeos; sin embargo, actualmente se está desarrollando una Legislación Comunitaria, a la que deberemos adherirnos, y en la que se establece, mediante **normas**, una estrategia de muestreo para estimar la exposición a los agentes químicos.

#### • Desarrollo de la Normalización Europea en Relación con la Exposición a Agentes Químicos.

En el ámbito de la Seguridad y Salud Laboral, la Normalización Europea responde a criterios de unificación, tendentes a homogeneizar las Condiciones de Trabajo en todos los países de la Comunidad.

El Comité Europeo de Normalización, (en adelante, CEN), es el organismo de normalización de la CE y de la EFTA y está formado por los organismos nacionales de normalización de los países miembros.

Las normas "EN", elaboradas en el CEN, deben ser adoptadas obligatoriamente como normas nacionales, en un plazo de seis meses, contados a partir de la publicación de la norma europea. Los Estados Miembros tienen la obligación de no publicar o revisar normas nacionales durante el período de elaboración de una norma Europea que puedan incidir negativamente en la armonización pretendida.

Para el desarrollo de los trabajos de normalización, los organismos de normalización se organizan, por campos de actividad, en **Comités**, y éstos a su vez en Subcomités y/o grupos de trabajo.

Los Comités cuya actividad de normalización recae sobre la evaluación de la Exposición a agentes químicos son:

- Comité CEN/TC.137 a nivel Europeo.
- Comité AEN/CTN.81 a nivel Español.

El ámbito de actuación del Comité CEN/TC.137 es el de "normalización en el campo de la evaluación de la exposición a los agentes presentes en el lugar de trabajo". Este comité se organizó en cuatro grupos de trabajo, de los cuales se relacionan a continuación los tres primeros.

- Grupo de trabajo 1: CEN/TC.137/WG1: **Estrategia de muestreo.**

A este grupo se le encomendó, como primer trabajo, la elaboración de una norma sobre estrategia de muestreo en consonancia con las Directivas Europeas.

El documento elaborado por este grupo de trabajo se concretó en la Norma Europea EN-689 a la que se ha titulado "Guía para la Evaluación de la Exposición por Inhalación de Agentes Químicos, por Comparación con los Valores Límites y Estrategia de Medición", y constituye la base metodológica de este trabajo de campo.

- Grupo de trabajo 2: CEN/TC.137/WG2: **Requisitos generales para los procedimientos de medida.**

La tarea de este grupo de trabajo es la preparación de los requisitos generales que deben cumplir los **métodos de medida utilizados en la evaluación de la exposición en el lugar de trabajo**, así como los procedimientos de evaluación para determinar las características de funcionamiento de dichos métodos.

En el seno de este grupo se elaboró la Norma Europea EN.482, titulada: "Atmósferas en el lugar de trabajo - Requisitos Generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos", que fue aprobada por el CEN en Julio de 1994 y que, conforme al procedimiento establecido, es actualmente Norma Nacional (Norma UNE).

- Grupo de trabajo 3: CEN/TC.137/WG3: **Materia particulada.**

El programa de este grupo incluye la preparación de normas sobre definiciones y muestreo de materia particulada.

En el seno de la **Asociación Española de Normalización y Certificación** (en adelante, AENOR) se constituyó el Comité AEN/CTN 81, que se organizó en cinco Subcomités, de los cuales interesa a este trabajo el Subcomité número cuatro: (AEN/CTN81/SC 4), que tiene como ámbito de actuación la **evaluación de riesgos por agentes químicos** y en el que a su vez se constituyeron varios grupos de trabajo para el desarrollo de las actividades encomendadas:

- GT-1: Estrategia de muestreo.
- GT-2: Método para la valoración de la exposición a agentes químicos.
  - GT.2-1: Requisitos de comportamiento de los métodos.
  - GT.2-2: Vapores orgánicos.
  - GT.2-3: Metales.
- GT-3: Materia particulada.
- GT-4: Términos y definiciones.

El campo de actividad de este Subcomité (AEN/CTN 81/SC4) incluye las determinaciones (toma de muestras y análisis) de los agentes químicos en el aire en el lugar de trabajo y las determinaciones en medios biológicos, así como cualquier otro aspecto relacionado con la evaluación del riesgo por agentes químicos.

De esta manera, en el ámbito del medio/ambiente laboral (Atmósferas en el lugar de trabajo), la descripción en detalle de todos aquellos aspectos que deberán ser tenidos en cuenta para realizar cualquier **evaluación de la exposición a agentes químicos**, estarán contenidos en un conjunto de Normas, que actualmente se encuentran en diferentes fases de elaboración.

Este conjunto de Normas, se constituirán en referente obligado para todos los profesionales de la prevención con la entrada en vigor de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y a tenor de lo dispuesto en su artículo 16 sobre **evaluación de riesgos**, ya que su aplicación, sin ser obligatoria, está en consonancia con la política de armonización de la Unión Europea en su aspiración de homogeneizar las Condiciones de Trabajo en todos los países de la Comunidad.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente, el peso de la prevención, en el ámbito de la Seguridad y de la Salud Laboral, ha recaído sobre los Técnicos de Seguridad y los Médicos de Empresa, a quienes la empresa "exigía" la difícil tarea de reducir la siniestralidad laboral, bajo un esquema típicamente taylorista de división del trabajo y en un contexto laboral que los desvinculaba de la gestión empresarial.

En este contexto, la acción preventiva gravitaba sobre el control del riesgo de accidente de trabajo (aspectos de Seguridad), quedando la prevención de las enfermedades profesionales relegada a un tratamiento marginal y estrictamente coyuntural. La mayoría de las patologías de etiología laboral cursaban, encubiertas, como enfermedad común y la función de los Servicios Médicos de Empresa se limitaba a una labor clínico-sanitaria de carácter asistencial.

El Higienista profesional en los ámbitos fabriles era, y aún hoy lo continúa siendo, “**Rara Avis**”.

La moderna concepción de la prevención, de carácter científico, multidisciplinar, integral, integrada y participativa, sustentada por el nuevo ordenamiento jurídico que resulta de la armonización de la Política Social Comunitaria, ha propiciado el desarrollo de **nuevos modelos de gestión de la prevención** en la empresa, de creciente implantación.

La evaluación de Riesgos Higiénicos, en relación con la exposición a agentes químicos, realizada hasta ahora en los ámbitos fabriles, no respondía a ninguna planificación, ni estaba integrada en ningún programa; su realización respondía a situaciones puntuales y meramente coyunturales, limitándose a la valoración de un riesgo específico y sin ninguna vocación de continuidad. Esta manera de gestionar los Riesgos Higiénicos hacía inviable un control ambiental periódico y actualizado, e imposibilitaba la determinación del auténtico patrón de exposición y la creación de registros fiables de la exposición laboral.

En los nuevos modelos de gestión de la prevención se planifican, mediante programas, (como el que se aborda en este Trabajo de Campo), todas las fases necesarias para una evaluación continuada de la exposición laboral, partiendo de una **evaluación inicial de los riesgos, una actualización de la evaluación** cuando se modifiquen las Condiciones de Trabajo. Un **programa de controles periódicos**, cuando así lo aconseje la evaluación y el establecimiento de **registros fiables de la exposición laboral**.

La cantidad y complejidad de las acciones preventivas en una gran empresa, como la que nos ocupa, hace prácticamente exigible la existencia previa de un programa de prevención que posibilite una gestión eficaz en todos los ámbitos preventivos con sus interrelaciones, (Higiene Industrial, Medicina Laboral, Formación, Seguridad, Ergonomía, etc.).

La implantación de un Programa de Evaluación Continuada de la Exposición Laboral se justifica en base a los siguientes factores:

- Determinar el auténtico patrón de exposición.
- Establecer un control ambiental periódico y actualizado.

- Proporcionar la mejor conclusión al menor coste, limitando la extensión, duración y frecuencia de los estudios higiénicos.
- Verificar la eficacia de las acciones preventivas mediante seguimiento temporal.
- Propiciar la creación de registros fiables de la exposición laboral de los trabajadores.

Para que los resultados de un programa de mediciones periódicas tengan utilidad real es esencial que aquel permita la comparación entre las distintas secuencias de resultados en un seguimiento temporal. Esto implica que el cómo, cuándo y dónde se toman las muestras deba ser rigurosamente planeado a fin de garantizar que el error pueda ser estimado y que se pueda detectar cualquier cambio genuino en el patrón de exposición.

La evaluación, actualización y control periódico de los riesgos es una obligación empresarial que se contempla tanto en la **Directiva Marco**, como en el artículo 16 de la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**.

La aplicación de Normas Europeas (Norma EN 689, fundamentalmente), en la estrategia y metodología de la Evaluación de la Exposición Laboral, está en consonancia con la política de armonización de la Unión Europea, en su aspiración de homogeneizar las Condiciones de Trabajo en todos los países de la Comunidad.

La Norma Europea “EN 689” presenta, en su anexo “D”, un esquema de comparación de las concentraciones de la exposición laboral (CEL) con los Valores Límites (VL), particularmente indicado para la valoración de situaciones repetitivas o estables, de exposición laboral a agentes químicos. Tales situaciones, según indica la propia norma, se dan con frecuencia en Refinerías y grandes Plantas de Producción Química, razón por la que se ha decidido la aplicación de dicho esquema al programa que se pretende abordar y que aquí se plantea.

Por otra parte, siguiendo la disposición número 12 del artículo 4 de la Directiva 88/642/CEE (que modifica la antigua Directiva Marco de Higiene Industrial) y en consonancia con la aspiración de la comunidad científica, en el ámbito de la investigación epidemiológica en Salud Laboral, se pretende propiciar la creación de **registros fiables de la exposición laboral**, de los trabajadores, a agentes químicos, proponiendo un sistema de tratamiento informático para el archivo de los datos.

Con ello se pretende una modesta aportación al desarrollo de métodos de valoración de la exposición laboral para futuras investigaciones en el marco de la Industria Petroquímica.

## 1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EMPRESA ESTUDIADA

### 1.4.1. Historia

En el año 1965 las compañías Minas de Río Tinto, S.A. y Gulf Oil Co., crean la "Río Gulf de petróleos" que construye en Huelva una refinería, con una planta petroquímica anexa.

En 1972 Explosivos Río Tinto, S.A., (ERT) constituida por fusión de Minas de Río Tinto S.A. y Unión Española de Explosivos, S.A., compró a la Gulf su participación. De esta manera ERT se convirtió en el único propietario de la compañía, que pasaría a ser una de sus divisiones operativas, y que ampliaría, en 1974, con una planta de aceites lubricantes.

El 30 de Diciembre de 1989 se constituyó la actual EROTOIL, S.A. por segregación de todas los activos petroleros de la anterior división, que pertenecía en la totalidad de su capital social a ERCROS, S.A. (controlada por KIO a través del grupo Torras), formada a su vez de la fusión realizada el 30 de Junio de 1989 entre las compañías ERT y CROS, S.A.

El 22 de Enero de 1991 ERCROS, S.A. vendió el 100% de EROTOIL, S.A. al grupo financiero luxemburgués "General Mediterranean Holding" (G.M.H.), siendo éste el actual propietario de EROTOIL, S.A.

La Empresa EROTOIL, S.A. desarrolla su actividad en el campo del refino y comercialización de una amplia gama de productos petrolíferos, que incluyen combustibles, lubricantes, petroquímicos y asfaltos.

El Complejo Petroquímico "La Rábida", está ubicado en el término municipal de Palos de la Frontera y constituye el centro de producción básico de EROTOIL, S.A. Su puesta en marcha comenzó en el año 1967 con la planta de refino, que inicialmente fue diseñada para tratar anualmente dos millones de toneladas de crudo de muy diversos orígenes. De esta Planta se obtiene una gran variedad de combustibles: propano, butano, gasolina, combustibles de aviación, gasóleos y fuelóleos, además de asfalto. Posteriormente, fue ampliada a cuatro millones de toneladas anuales.

En el año 1970 se puso en marcha la Planta Petroquímica para producir 140.000 Tm/Año de Benceno y 80.000 Tm/Año de CicloHexano cuya materia prima es parte del Benceno, citado anteriormente.

Las instalaciones se completaron con la puesta en marcha de la Planta de Aceites Lubricantes en el año 1974, con una capacidad de 115.000 Tm/Año; en consecuencia, se amplió la planta de Asfalto a 450.000 Tm/Año.

El Complejo ha instalado en los últimos tiempos modernas Unidades de Conversión, como la Unidad

Reductora de Viscosidad, (1.450 Tm/día de capacidad), y la Planta de Craqueo Catalítico "FCC", de 600.000 Tm/Año de capacidad, lo que permite operar al Complejo con la máxima flexibilidad.

En 1990 se puso en marcha una Planta de Cogeneración, con una capacidad de producción de energía eléctrica de 55 MW, y toda la demanda del vapor del Complejo. Esta Refinería fue la primera en adoptar esta técnica de aprovechamiento energético en España.

En ese mismo año se puso en marcha la Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos, que depura estos vertidos mediante la acción de microorganismos especialmente adaptados a las aguas residuales del Complejo.

### 1.4.2. Plantas y Servicios que Integran el Complejo Petrolífero

#### A. Refinería de Petróleo

La actividad principal de esta planta es la de refino del Petróleo crudo y su capacidad de producción diaria es de 10.960 Tm, (80.000 barriles).

#### B. Planta de Craqueo Catalítico en lecho fluidizado (FCC)

Esta planta adecua la producción del Complejo a los requerimientos del mercado, orientados hacia la demanda de productos más ligeros, mediante la transformación de productos pesados.

#### C. Planta Petroquímica

La Planta Petroquímica se alimenta de Nafta procedente de Refinería para obtener **Benceno** y **CicloHexano**.

#### D. Planta de Aceites Lubricantes

En la Planta de Aceites Lubricantes se producen más de 125 tipos de aceites para uso industrial, automoción y marinos.

#### E. Planta de Cogeneración

En la Planta de Cogeneración se genera energía eléctrica para el autoconsumo del Complejo y para exportar a la red de alta tensión. En ella se produce además el vapor necesario a utilizar en todas las Unidades del Complejo.

La planta consta de una turbina de gas que genera 40 MW, y es accionada por la expansión de los gases calientes procedentes de una cámara de combustión.

Estos gases se aprovechan en una caldera, junto con aporte de fuel oil o fuel gas, para producir vapor a alta presión. Este se lamina en una turbina para dar vapor, a dos

presiones distintas, que se envía a las Unidades del Complejo. La generación de energía eléctrica en esta turbina es de 15 MW. La energía eléctrica total producida es de 55 MW.

### **F. Servicios Auxiliares**

El Complejo cuenta con una serie de Servicios Auxiliares, tales como:

- Tres torres de refrigeración de agua.
- Tres sistemas de compresión de aire.
- Dos sistemas de almacenamiento y calentamiento de fuel oil de autoconsumo.
- Sistema de fuel gas y Nitrógeno.
- Una planta de desmineralización de agua.
- Diversas bombas, de alimentación a la red, de agua contra incendios.

Capacidad de almacenamiento: La capacidad de almacenamiento de crudo es de 618.000 m<sup>3</sup> y la capacidad de almacenamiento de productos intermedios y acabados es de 741.660 m<sup>3</sup>.

Las emisiones de gases a la atmósfera para su dispersión se efectúan a través de dos **chimeneas** de 140 y 120 metros de altura, situadas en las plantas de refinería y FCC, respectivamente.

### **G. Sistemas de Expedición de Productos**

#### **G.1. TERMINALES MARÍTIMOS**

El crudo que se procesa en el Complejo se descarga, fundamentalmente, por una **monoboya** flotante, situada a 7 millas de la costa, que permite la descarga de buques de hasta 150.000 T.P.M.

La monoboya conecta con los tanques de almacenamiento de crudo por medio de una línea submarina de 30 pulgadas de diámetro.

La carga/descarga de productos se efectúa en las instalaciones del muelle petrolero "Torre Arenillas" situado a la salida de la ría del Tinto y distante 4 km del Complejo. El muelle dispone de dos pantalanes de atraque y permite la entrada de buques de hasta 80.000 T.P.M. Dispone además de un sistema homologado para recepción y tratamiento de aguas de desastre.

Existe una salida/entrada alternativa para ciertos productos energéticos (F.O., gas-oil, nafta) y para asfaltos y lubricantes, en el muelle Reina Sofía, que tiene tres puntos de atraque, y cuya capacidad es de hasta 29.000 T.P.M en su atraque Este y hasta 15.000 T.P.M. en el Oeste y Central.

Este muelle dispone, igualmente, de un sistema homologado para recepción de aguas de desastre que son enviadas al tratamiento de efluentes líquidos del Complejo Biológico.

#### **G.2. OLEODUCTOS**

Uno de los sistemas principales de salida de productos es a través del oleoducto que conecta el Complejo Petroquímico con la Red Nacional de Oleoductos. Esta instalación entró en funcionamiento en el año 1.988.

#### **G.3. OTROS SISTEMAS**

El Complejo cuenta también con cargadores de cisternas para productos energéticos, petroquímicos y lubricantes. Existe además en el Complejo un terminal de ferrocarril para el transporte de asfaltos y LPG's.

### **H. Recursos Humanos**

La plantilla del Complejo Petroquímico está constituida por un total de 744 trabajadores, de los cuales 409 realizan su actividad laboral en jornada ordinaria y los 335 restantes la realizan en régimen de turnicidad. El 68% de la plantilla se distribuye en las distintas Plantas del Complejo y el 32% restante trabaja en oficinas, laboratorios, aprovisionamiento y seguridad.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un programa para la Evaluación Continuada de la Exposición Laboral de los trabajadores con riesgo higiénico por la inhalación de agentes químicos, en un Complejo Petroquímico.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar un listado de **agentes químicos** presentes en el ambiente de trabajo para determinar la exposición potencial de cada puesto de Trabajo a estudiar.
2. Definir los factores que configuran cada uno de los **puestos de trabajo** en estudio, (tareas, funciones, procesos, carga de trabajo, tiempo de exposición, etc.), mediante fichas descriptivas de actividad y fichas técnicas.
3. Clasificar la población expuesta en **grupos homogéneos** respecto de la **exposición**, verificando la homogeneidad de los grupos establecidos.
4. Determinar la exposición laboral a agentes químicos mediante "**estudio detallado**" en una de las plantas del Complejo. Implica mediciones.
5. Evaluar la Exposición Laboral a Agentes Químicos de los diferentes puestos de trabajo en estudio, mediante comparación con los valores límites establecidos o **Estándar** de referencia (TLV's fundamentalmente).
6. Diseñar un **programa de mediciones periódicas**, definiendo el procedimiento de medida y la localización de las muestras, para aquellos puestos de trabajo en los que la conclusión alcanzada mediante la valoración así lo aconseje.

### 2.3. OBJETIVOS SECUNDARIOS

1. Plantear el diseño de un **Sistema de Registro**, preferentemente informatizado, para el tratamiento y el archivo de los datos que se obtengan sobre la Exposición Laboral de los puestos de trabajo en estudio.
2. Constatar la variabilidad de las Concentraciones Ambientales en función del tiempo (distintas jornadas y turnos) y del espacio (distintas localizaciones de los puestos de trabajo), mediante análisis estadísticos apropiados. **Estudio Piloto.**



## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### ■ 3.1. POBLACIÓN OBJETO DE ESTUDIO

Se decide desarrollar la fase de campo del presente trabajo en la **Planta de Craqueo Catalítico en Lecho Fluidizado**, (en adelante FCC), tras los primeros contactos mantenidos con la empresa y en base a la escasa información disponible, en relación con la exposición laboral a agentes químicos en esta planta.

La población, objeto de este estudio, abarca a los 35 trabajadores que constituyen la plantilla total de la planta FCC, integrada en el Complejo Petroquímico "La Rábida", perteneciente a la Empresa EROTOIL, S.A. y ubicada en el término municipal de Palos de la Frontera - Huelva.

En principio, no se ha excluido del estudio a ningún trabajador, partiendo de la hipótesis de considerar a toda la plantilla como **potencialmente expuesta** a la inhalación de los agentes químicos, presentes en el ambiente laboral de la planta.

El concepto de exposición se define en la Norma En-689 como "la presencia de un agente químico en el aire, dentro de la zona de respiración del trabajador" (Ver glosario de términos).

En el presente Estudio se utiliza como concepto intermedio, para la valoración de la exposición laboral, el de **puesto de trabajo**, asumiendo que cualquier trabajador que lo desempeñe tendrá un nivel de exposición similar, extremo que será contrastado mediante la realización de un **estudio piloto**, diseñando convenientemente la estrategia de muestreo.

La variable observada en la población es la **concentración ambiental** de los agentes químicos presentes en el ambiente laboral. La concentración ambiental es una variable continua y cuantitativa.

### ■ 3.2. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA PLANTA ESTUDIADA

La planta FCC entró en servicio en el año 1992 su actividad principal consiste en adecuar la producción del Complejo a los requerimientos del mercado,

mediante la transformación por fraccionamiento de productos pesados (Gasoil de vacío, principalmente), en productos más ligeros, tales como la gasolina, butano, propileno, gasoil ligero y fuel-oil, con mayor demanda comercial.

La capacidad de producción de esta planta es de 860.000 Tm anuales, (2.650 Tm diarias).

El proceso de producción es continuo, con una parada técnica de la planta cada año, para realizar tareas de mantenimiento en los equipos. Estas paradas técnicas tienen una duración que oscila entre 20 y 30 días.

#### ■ 3.2.1. Organización del trabajo

La plantilla total de la planta es de 35 trabajadores para cubrir 8 puestos de trabajo, que se distribuyen según la siguiente relación:

- 1 Jefe de Planta.
- 1 Jefe de Área.
- 6 Jefes de Sección.
- 2 Auxiliares de planta.
- 10 Operadores de planta Área "A" (FCC<sub>1</sub> y FCC<sub>2</sub>).
- 5 Operadores de planta Área "B" (SW).
- 5 Operadores de planta Área Light-Ends (Ligeros).
- 5 Operadores de control.

De los 35 trabajadores que constituyen la plantilla, 32 realizan su jornada en régimen de turnos y los 3 restantes lo hacen en jornada ordinaria.

La jornada laboral es de 8 horas (40 horas semanales) y se desarrolla según los siguientes horarios establecidos:

#### • Para el personal a jornada ordinaria

Invierno: de 8'30 a 17'30 horas con un descanso de 1 hora para comer en las propias instalaciones del Complejo.

Verano: de 8'00 a 14'00 horas.

• **Para el personal a turnos:**

Primer turno: de 6'00 a 14'00 horas.  
Segundo turno: de 14 a 22 horas.  
Tercer turno: de 22'00 a 6'00 horas.

Existen 5 equipos de trabajadores con jornada laboral a turnos. El sistema de rotación establecido para cuatro turnos es el siguiente:

2 días de **mañana**, 2 días de **tarde**  
2 días de **noche** y 2 días de **descanso**.

El quinto equipo rota para cubrir vacaciones y compensar descansos.

■ 3.2.2. Descripción del proceso de la planta FCC y objeto de las unidades que lo integran

La planta FCC está integrada por las siguientes unidades:

- **Unidad de Craqueo Catalítico:** Transforma gasoil pesado de vacío en productos más ligeros que se separan entre sí mediante fraccionamiento primario.
- **Unidad de Recuperación de Energía:** Aprovecha el contenido térmico de los gases del regenerador en un "expandor", generando energía eléctrica y posteriormente, en una caldera de recuperación, produciendo vapor a media presión.
- **Unidad de Recuperación de Ligeros:** Recupera y separa los hidrocarburos ligeros procedentes de la Unidad de Craqueo Catalítico.
- **Unidad de Propano-Butano-Propileno:** Obtiene, mediante fraccionamiento, una corriente de propano-propileno y otra de butano-butenos.
- **Unidad de Regeneración de Aminas:** Esta unidad recibe **monoetanolamina (MEA)** rica en ácido sulfhídrico ( $\text{SH}_2$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) procedente de los lavadores de gas seco de la unidad de recuperación de gases y del lavador de LPG de cabeza de la debutanizadora.

La **monoetanolamina** recibe un tratamiento que consiste en la eliminación de  $\text{SH}_2$  y  $\text{CO}_2$ , obteniéndose una MEA regenerada (**Lean MEA**) que se envía nuevamente a los lavadores citados anteriormente y ubicados en la unidad de tratamiento de gases.

La eliminación de dichos contaminantes se realiza mediante una torre de destilación, obteniéndose por el fondo de la misma una MEA desprovista de  $\text{SH}_2$  y  $\text{CO}_2$ , y por la cabeza un gas rico en estos componentes.

El gas ácido de cabeza se dirige a la Unidad de Recuperación de Azufre o se quema en la antorcha de la planta.

- **Unidad de Merox (Gasolina y LPG):** Estas unidades de Merox tienen como objetivo fundamental la eliminación de **mercaptanos** de las corrientes líquidas de gasolina ligera y pesada, así como de LPG procedentes de las unidades de craqueo catalítico y light-ends, respectivamente.

El proceso está basado en la facultad del catalizador Merox para oxidar los mercaptanos a disulfuros usando aire como fuente de Oxígeno en presencia de una solución alcalina débil.

- **Unidad de Tratamiento de Aguas Ácidas:** Esta unidad tiene por objeto el tratamiento de aguas ácidas procedentes del depósito de descarga del compresor situado en la Unidad de Recuperación de Gases, fundamentalmente, aunque puede recibir aportaciones de otras unidades.

Esta es una unidad anticontaminante en la que se elimina el aceite, amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y ácido sulfhídrico ( $\text{SH}_2$ ) que contienen las aguas ácidas para evitar su envío con las aguas residuales.

■ 3.3. TIPO DE DISEÑO DEL TRABAJO DE CAMPO

En el presente trabajo de campo se aborda el diseño de un **programa** para la evaluación continuada de la exposición laboral por inhalación de agentes químicos en la planta FCC del Complejo Petroquímico "La Rábida".

Este programa debe entenderse integrado en el programa general de prevención de riesgos higiénicos del Complejo que, a su vez, estaría integrado en la política de gestión de la prevención asumida por la Empresa para gestionar la Seguridad y la Salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con el trabajo.

Como punto de partida, se plantea un estudio higiénico para la valoración inicial de los riesgos por inhalación de agentes químicos presentes en la planta objeto del estudio (FCC).

Conocida la exposición laboral a agentes químicos en cada uno de los puestos de trabajo de la planta, se pretende elaborar un **programa de evaluación continuada** de dicha exposición laboral mediante la sistematización de los controles ambientales, estableciendo la periodicidad de los mismos, partiendo de la valoración inicial y propiciando la creación de un sistema de registro de exposición laboral a la inhalación de agentes químicos en los distintos puestos de trabajo de la planta.

Este esquema se podría aplicar a cada una de las plantas que integran el Complejo, con lo cual se podría elaborar un **programa de evaluación continuada de la exposición laboral** para todos los puestos de trabajo del Complejo.

### 3.4. MÉTODO SEGUIDO PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

El método seguido para el desarrollo del estudio se basa en la Norma del CEN/TC-137 "EN-689", denominada: "**Guía para la Evaluación de la Exposición por Inhalación de Agentes Químicos, por Comparación con los Valores Límite y Estrategia de Medición**".

Una vez seleccionada la planta del Complejo en que se desarrolla la fase de campo y definida la población objeto del estudio, se procede a establecer la estrategia general del método para abordar la **evaluación de la exposición laboral (EEL)** por inhalación de **agentes químicos** presentes en el lugar de trabajo.

El procedimiento de **evaluación de la exposición laboral** se planifica en tres fases:

- Primera fase: Identificación de la **exposición potencial**.
- Segunda fase: Determinación de los factores que configuran los puestos de trabajo.
- Tercera fase: **Valoración de la exposición laboral**.

#### a. Primera fase

En la primera fase se cubre el objetivo de elaborar un listado de agentes químicos presentes en el ambiente laboral de la planta, con el fin de identificar la **exposición potencial** de los distintos puestos de trabajo.

La elaboración del listado de agentes químicos se realiza mediante los siguientes procedimientos:

- Entrevistas planificadas con el Jefe de Planta y Jefe de Área, en la Planta FCC, orientadas a conocer el proceso de producción y en particular de los productos utilizados como materia prima (**carga**), productos intermedios, finales y residuales.
- Entrevistas planificadas con el Coordinador de Seguridad y con el Jefe de Servicio Médico de Empresa (en adelante S.M.E).
- Estudio de los **profesiogramas** elaborados, para cada puesto de trabajo, por el S.M.E en colaboración con el departamento de Seguridad y archivados en soporte informático. (Anexo 1).

Esta primera fase se completa con la recopilación de datos toxicológicos de interés, así como de los valores límite apropiados para las sustancias y productos químicos identificados al listado como "agentes químicos presentes en el ambiente laboral". (Anexo 2).

#### b. Segunda fase

La segunda fase consiste en determinar los **factores que configuran los puestos de trabajo** en estudio, mediante la descripción de tareas, hábitos y técnicas de trabajo y el estudio detallado de las condiciones de trabajo existente en el lugar de trabajo. A tal efecto se elaboran dos tipos de cuestionarios para la recogida de datos de campo:

- Un **cuestionario de condiciones de trabajo**, de carácter general para toda la planta, que se estructura en seis apartados (Anexo 3):
  1. Organización del Trabajo.
  2. Características del proceso de producción.
  3. Instalaciones y equipamiento.
  4. Posibles fuentes de emisión del contaminante.
  5. Medidas implantadas para el control del riesgo higiénico por inhalación de agentes químicos.
  6. Daños para la salud. Antecedentes epidemiológicos.
- Una **ficha descriptiva de actividad** para cada uno de los puestos de trabajo en estudio, con inclusión de datos de la exposición laboral a agentes químicos para cada una de las tareas definidas por cada **puesto de trabajo**. (Anexo 4).

#### c. Tercera fase

En la tercera fase se realiza la **valoración de la exposición** por inhalación de agentes químicos, de los distintos puestos de trabajo en estudio. El proceso de valoración consiste en comparar el valor de la exposición, obtenido mediante estimación o medición, con el valor límite adoptado como estándar.

Esta tercera fase, de **valoración de la exposición**, se desarrolla en tres etapas sucesivas:

- **En la primera etapa** se realiza una **estimación inicial de la exposición** basada en el listado de agentes químicos y en los factores que configuran los puestos de trabajo.

La estimación se realiza considerando los siguientes factores:

- Variables que afectan a las concentraciones ambientales de los agentes químicos: Frecuencia de las emisiones en cada fuente, tipo y localización de las fuentes, dispersión de las sustancias en función de los movimientos presumibles del aire (vientos dominantes), tipo y eficacia de los sistemas de extracción.
- Variables relacionadas con el trabajador: proximidad a la fuente de emisión del puesto de trabajo

considerado, tiempo de exposición al agente considerado (permanencia en la zona expuesta, duración de la tarea que da lugar a la exposición, etc.) y peculiaridades de la tarea.

Completada la primera etapa, mediante el análisis de los grupos de variables citados anteriormente, se está en condiciones de determinar cuáles son los agentes químicos cuya exposición, en función del puesto de trabajo considerado, se estiman claramente por debajo del valor límite adoptado como estándar de referencia.

El proceso de evaluación de exposición laboral (EEL) para este grupo de agentes químicos (nivel de exposición claramente inferior al valor límite considerado) queda concluido en esta fase, pendiente de las acciones a adoptar en la fase de conclusiones de la EEL.

Los agentes químicos presentes en el ambiente laboral, y cuya exposición no puede ser estimada claramente por este procedimiento, serán objeto de estudio en las siguientes etapas.

- En la Segunda etapa, se efectúa un **estudio básico** orientado a recopilar información cuantitativa sobre la exposición a los agentes químicos considerados.

Las fuentes de información consultadas no proporcionaron datos cuantitativos relevantes que permitiesen una valoración fiable de la exposición, por lo que se procede a realizar un estudio higiénico basado en mediciones de campo de las concentraciones ambientales.

- En la tercera etapa se realiza un **estudio detallado** para todos aquellos agentes químicos que, estando presentes en el ambiente laboral, no se puede determinar si la exposición excedía claramente o estaba muy por debajo del valor límite considerado.

Este estudio tiene por objeto obtener, mediante mediciones en el lugar de trabajo, el **valor de la concentración de la exposición laboral (CEL)**, para concluir el proceso de valoración mediante su comparación con el valor límite considerado.

Para aquellos agentes químicos cuyo nivel de exposición se presume claramente por debajo del valor límite, se utilizan técnicas de medición menos precisas pero más simples y fáciles de aplicar (tubos colorimétricos, por ejemplo).

El procedimiento seguido para realizar la **evaluación de la exposición laboral** de los agentes químicos considerados en este estudio, está basado en el método de distribución Log-Normal de las concentraciones ambientales, (comprobando previamente la bondad del ajuste de los datos experimentales a este modelo de distribución). El procedimiento consiste en determinar la probabilidad de exceder el valor límite mediante criterios estadísticos básicos.

Este método está particularmente indicado para la valoración de situaciones repetitivas o estables de exposición laboral a agentes químicos, tales como las que se suelen dar en refinerías o en grandes plantas de producción química (según indica la propia Norma En-689, en su Anexo "D").

### 3.5. ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

#### 3.5.1. Estudio Piloto

##### a. Objetivos

Como fase previa al diseño de la estrategia de muestreo, (mediciones en el lugar de trabajo), se realiza un estudio piloto que persigue los siguientes objetivos:

Conocer la variabilidad de las concentraciones ambientales para cada puesto de trabajo, en función del tiempo (distintas jornadas y distintos turnos).

Verificar la hipótesis asumida de que "cualquier trabajador que ocupe el puesto de trabajo en estudio estará sometido a niveles de exposición similares".

Conocer si existe exposición laboral, a agentes químicos, en los puestos de trabajo localizados en el interior de las instalaciones "cerradas" de la planta (puesto de trabajo con permanencia continua en sala de control o en oficinas y despachos).

Evaluar la exposición laboral a vapores orgánicos de todos los puestos de trabajo de la planta (8 puestos en total).

Conocer si la exposición a los agentes químicos considerados varía significativamente entre los grupos homogéneos que se establezcan.

##### b. Selección de los trabajadores a muestrear

Se divide la plantilla de la planta (35 trabajadores) en **tres grupos de exposición homogénea** (en adelante "GEH") en función de los distintos niveles de exposición que se presumían "a priori".

El grupo con mayor nivel de exposición está constituido por 22 trabajadores, denominados operadores de planta, que cubren 4 puestos de trabajo en 5 turnos, más 2 operadores auxiliares como "Reten". Este grupo desarrolla su actividad en planta durante todo el período de su jornada laboral.

Los puestos de trabajo que conforman este grupo son:

- Operador FCC1 (área A).
- Operador FCC2 (área A).

Operador de Ligeros (Light-Ends).  
Operador área B (Aguas ácidas).  
Operarios auxiliares de "Reten".

El segundo grupo, que se ha considerado como de exposición intermedia, lo constituye un total de 7 trabajadores, de los cuales 5 cubren un puesto de trabajo a turnos y 2 desarrollan su actividad en jornada ordinaria.

Este grupo comparte su actividad entre tareas de campo en planta y tareas de control y gestión en sala de control y despachos (instalaciones cerradas). Los puestos de trabajo que lo integran son: Jefe de área y jefes de sección.

El tercer grupo, considerado el de menor exposición, está formado por 6 trabajadores en total, que cubren dos puestos de trabajo a saber: el jefe de planta, que realiza su trabajo en jornada ordinaria y 5 operadores de control, a turnos.

La actividad de este grupo se desarrolla en instalaciones cerradas, tales como sala de control y oficinas y despachos, por lo que se presumen niveles de exposición poco significativos, en los trabajadores que lo integran.

El programa de mediciones establecido para el estudio piloto contempla un total de **32 muestras personales**, (muestreo individual, en la zona respiratoria de los trabajadores), distribuidos entre los tres grupos de exposición homogénea de la siguiente forma:

- 16 muestras en el grupo con mayor exposición.
- 9 muestras en el grupo de exposición intermedia.
- 7 muestras en el grupo de exposición más baja.

Concluido el programa de mediciones y analizados los resultados, se procede a verificar la homogeneidad de los tres grupos preestablecidos en base al siguiente criterio:

Si todas las exposiciones individuales de un mismo grupo se encuentran dentro del rango comprendido entre la **mitad** y el **doble** de la **media aritmética** de las exposiciones del grupo, la homogeneidad del mismo se considera **aceptable**. En caso contrario, se realiza un examen crítico de la efectiva homogeneidad del grupo, mediante el análisis de la calidad del ajuste Log-Normal y el valor de la **desviación típica geométrica** (normalmente, menos de 3).

### c. Selección de las condiciones de la medición

Entre los agentes químicos a muestrear se seleccionan los **vapores orgánicos** para la realización del estudio piloto, en base a que el método de toma de muestras y análisis recomendado para este contaminante permite la determinación analítica de varios agentes químicos (mediante la técnica de cromatografía), utilizando una sola muestra o captador.

Seleccionado el contaminante a muestrear y establecidos los grupos de exposición homogénea, se procede al diseño del programa de mediciones (programa de muestreo).

El período de tiempo que se adopta como referencia para la elaboración del programa, es el que abarca un ciclo completo de turnos.

El régimen de turnicidad implantado por la empresa para el mes de Octubre de 1995, (con los cinco turnos disponibles), requiere un total de 10 días para completar un ciclo, siguiendo la secuencia de 2 días de **mañana**, 2 días de **tarde**, 2 días de **noche** y 4 días de **descanso**.

El régimen horario establecido para la jornada ordinaria se considera como un turno distinto aunque asimilable al turno de **mañana**. En consecuencia, el período de referencia para elaborar el programa de muestreo comprende un total de 40 períodos posibles de muestreo (30 turnos y 10 jornadas ordinarias), de 8 horas cada uno y distribuidos en 10 días naturales.

La duración del período de medición para cada una de las 32 muestras personales se establece en 8 horas, abarcando la jornada laboral completa del trabajador a muestrear.

En base a los objetivos del estudio piloto y pretendiendo conseguir la máxima variabilidad de las condiciones de exposición, se elabora un programa de mediciones que cumple los siguientes criterios:

- Desarrollo de la fase de toma de muestras durante, al menos, 4 jornadas (días naturales) distintos.
- Muestreo de todos los puestos de trabajo sin excepciones.
- Número de tomas de muestra en cada uno de los GEH no inferior a siete, en ningún caso, y proporcional al número de puestos de trabajo que integran cada uno.
- Toma de cuatro muestras como mínimo, en diferentes turnos de cada uno de los puestos de trabajo en régimen de turnicidad.
- Toma de dos muestras como mínimo en cada uno de los puestos de trabajo en régimen de jornada laboral ordinaria.
- Representación, en el programa de mediciones, de cada una de las letras que identifican a los 5 turnos de rotación establecidos, así como los tres turnos diarios (mañana, tarde y noche) y la jornada ordinaria.
- Muestreo simultáneo del mayor número posible de puestos de trabajo, con representación de los tres

GEH establecidos, en la medida que lo permitan los requisitos anteriores.

- Selección de la fecha de inicio del programa (dentro del mes de Octubre - 95) en forma aleatoria, la cual definirá el ciclo de turnos a considerar.

En base a los criterios definidos anteriormente, se elabora un programa de mediciones, estableciéndose un calendario con los puestos de trabajo a muestrear en cada uno de los períodos seleccionados. (Anexo 5).

Una vez completado el programa de mediciones del estudio piloto y alcanzados los objetivos que se persiguen, se procede al diseño de la estrategia general de medición para el desarrollo del estudio detallado. En la evaluación de la exposición laboral a vapores orgánicos y el establecimiento de mediciones periódicas, en su caso, se sigue la metodología establecida en el estudio detallado para el resto de agentes químicos.

### ■ 3.5.2. Estrategia general de medición para el estudio detallado

Los agentes químicos cuya exposición se valora mediante estudio detallado son: **Amoníaco (NH<sub>3</sub>)**, **Monóxido de Carbono (CO)** y **Sulfuro de Hidrógeno (SH<sub>2</sub>)**.

El objetivo del estudio detallado y de la estrategia general de medición es valorar la exposición por inhalación de los agentes químicos considerados, para su comparación con los valores límite adoptados como estándar de referencia.

La estrategia general de medición se elabora conforme a los resultados y conclusiones alcanzados en el estudio piloto y en base a los objetivos perseguidos, de la siguiente forma:

#### **a. Selección de los trabajadores a muestrear**

- Se subdivide la población expuesta en dos grupos homogéneos respecto de la exposición (grupos "j" y "o").
- Se establece un programa general de mediciones que contempla un total de 48 estimaciones de exposición individual (8 mediciones entre los miembros de cada GEH y para cada uno de los tres agentes químicos considerados).

#### **b. Selección de los puestos de trabajo a muestrear**

- Se considera como período de referencia para elaborar el programa de muestreo el comprendido entre los días 11 y 20 de Noviembre de 1995, que abarca un ciclo completo de turnos.

- De este período se seleccionan 6 días, al azar, durante los cuales se desarrolla todo el programa de mediciones, conforme a la siguiente secuencia cronológica:

El primer y cuarto día se muestrea **amoníaco**.

El segundo y quinto día se muestrea **monóxido de carbono**.

Tercero y sexto día se muestrea **sulfuro de hidrógeno**.

- Se seleccionan los turnos de **mañana y tarde y jornada ordinaria** para la fase de muestreo.
- Por cada turno, se muestrean tantos puestos de trabajo como es posible en cada uno de los GEH, hasta completar las 8 estimaciones de exposición previstas para cada grupo. (Anexo 6).

#### **c. Selección de las condiciones de medición**

Se asume, como aceptable, la utilización de métodos y equipos de medición menos precisos y fiables, pero más económicos y simples, en base a que los niveles de exposición esperados se presumen muy por debajo del valor límite adoptado como estándar para cada uno de los agentes químicos en estudio.

Las mediciones para la estimación de la exposición individual se realiza utilizando como muestreadores personales algunos equipos que no lo eran, (equipos de lectura directa), para lo cual se procura que el elemento captador del equipo quedase lo más próximo posible a la zona respiratoria del individuo a muestrear.

La duración de cada muestra viene determinada por los siguientes factores:

- Método de toma de muestras y análisis.
- Equipo de medición utilizado.
- Exposición que requiere contraste con el estándar de 15 minutos (TLV-STEL).

Considerando los factores anteriores y siguiendo la recomendación establecida en el Anexo A de la Norma EN-689 (Número mínimo de muestras en función de la duración de cada muestra), se establece el número de muestras a tomar para la estimación de cada exposición individual, en función del agente químico considerado, conforme a la siguiente tabla:

■ Tabla 1.

Agente químico	TLV STEL	Equipo de medición utilizado	Duración de cada muestra	Número de muestras a toma por cada turno
Amoniaco	SI	Bombas de aspiración	15 min	8
Monóxido de Carbono	No	Equipo Mini Co de lectura directa	5 min	12
Sulfuro de Hidrógeno	SI	Tubos colorimétricos	15 min	12

Establecido el calendario de mediciones para cada agente químico, y conocidas la duración de cada muestra y el número de muestras a tomar para estimar el valor de la exposición individual en cada uno de los puestos de trabajo a muestrear, el siguiente paso es establecer el procedimiento para seleccionar los períodos a muestrear en cada una de las exposiciones individuales a valorar.

El procedimiento seguido para la selección de los períodos de medición está basado en criterios estadísticos de azar (muestreo aleatorio simple, sin reposición) y se desarrolla de la siguiente forma:

- Se divide la jornada laboral establecida para cada turno (8 horas en total), en intervalos correspondientes a la duración de cada muestra, según el agente químico a muestrear (32 para el Amoniaco y el Sulfuro de Hidrógeno y 96 para el Monóxido de Carbono).
- Se numeran todos los posibles intervalos de muestreo consecutivamente, (del 1 al 32 para el Amoniaco y el Sulfuro de Hidrógeno y del 1 al 96 para el Monóxido de Carbono) y se utiliza una tabla de números aleatorios para seleccionar, para cada agente químico, tantos períodos como número de muestras a tomar, (por cada puesto de trabajo y turno), menos dos. Es decir, 6 para el Amoniaco y 10 para el Monóxido de Carbono y el Sulfuro de Hidrógeno.
- Los dos períodos que no fueron seleccionados aleatoriamente se reservan para incluir tareas o episodios identificados como "de mayor exposición" (toma de muestras, purgas, antorcha, etc.). Esta medida permite un contraste más fiable con el estándar de 15 minutos (STEL).

Concluido el procedimiento de selección de los períodos a muestrear, se elabora un programa de mediciones

con los intervalos horarios que se debían muestrear, en cada puesto de trabajo y turno, dentro del calendario de muestras pre-establecido para cada agente químico a evaluar. (Anexo 7).

El programa de muestreo se desarrolla sin novedad y sus previsiones se cumplen fielmente durante la fase de campo y en el calendario previsto.

El cumplimiento de este programa ha supuesto la realización de 48 estimaciones de las concentraciones de exposición laboral "CEL" (mediciones en el puesto de trabajo), que sumadas a las 32 mediciones realizadas durante el estudio piloto, hacen un total de 80 mediciones de campo (muestras), cuya distribución, se especifica en la tabla de "mediciones realizadas, por puesto de trabajo y agente". (Anexo 8).

### ■ 3.6. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS. EQUIPOS Y MATERIAL DE MUESTREO UTILIZADOS

En este apartado se especifica, para cada agente químico evaluado en el estudio, el método de toma de muestra utilizado, la técnica analítica empleada para la determinación cuantitativa de la presencia en el aire del puesto de trabajo de la **concentración de contaminante**, así como los monitores, equipos muestreadores y material de muestreo utilizado para cada agente.

- a). **Vapores Orgánicos:** El método de toma de muestra y análisis utilizado en el procedimiento de medida de este contaminante ha sido el MTA/MA-015/R88, recomendado por el **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo** (en adelante INSHT) para **Toluenos y Hexanos** y que ha sido validado para los monitores utilizados en este estudio (3M-3500) por el propio INSHT, según protocolo de validación MTA/PV-II/90.

Este mismo método ha sido adoptado por la Asociación Española de Normalización y Certificación (en adelante AENOR), para determinaciones de n-Hexano y Tolueno (Atmósferas en los puestos de trabajo) en la **Norma Española UNE 81-580-92**.

Las muestras se captan mediante **muestreadores pasivos por difusión** con lecho adsorbente de carbón activo, de la firma 3M, modelo 3500. Los muestreadores 3500 se sitúan en la zona de respiración del trabajador (solapa), con la parte de la membrana de difusión hacia fuera. El período de muestreo establecido para todas las muestras fue de 8 horas. Durante el período de muestreo se midieron los siguientes parámetros: Temperatura ambiental natural, temperatura seca psicrométrica, temperatura húmeda psicrométrica y humedad relativa.

Se entrega al laboratorio una muestra en blanco para mejorar la exactitud del análisis. El blanco se obtiene desprecintando el monitor, abriendo la membrana y colocando la tapa de cierre de inmediato.

La desorción de los contaminantes se realiza mediante Sulfuro de Carbono y para la determinación cuantitativa de las concentraciones de contaminante se emplea la técnica analítica de  **cromatografía de gases**, utilizando un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama.

Las muestras fueron analizadas por el propio laboratorio de ERTOIL S.A. mediante el equipo HRGC/MS/FID.

Los compuestos volátiles orgánicos determinados mediante la técnica analítica fueron: Benceno, Butano, Hexano y Tolueno. El límite de detección de la técnica analítica utilizada es de 0,01 mg.

Los resultados proporcionados por el laboratorio estaban expresados en mg/muestra (masa recogida de analito en mg). Estos resultados se transformaron en mg/m<sup>3</sup> para determinar la concentración ambiental de acuerdo con la siguiente expresión:

$$CA = \frac{ma \cdot 10^6}{CM \cdot ED \cdot t}$$

Donde:

CA : Concentración ambiental del analito en mg/m<sup>3</sup>.

ma : Masa recogida de analito en mg (datos que proporciona el laboratorio).

CM : Velocidad de muestreo en ml/min (información facilitada en la documentación técnica del modelo de muestreador para cada compuesto).

ED Eficacia de desorción (parámetro que conforme a los estudios de validación del método es prácticamente 1, ED > 0,99).

t : Tiempo de muestreo en minutos, en nuestro caso t = 480 minutos.

Determinadas las concentraciones ambientales, aplicando la fórmula anterior, se elaboró una tabla con las concentraciones de la exposición laboral (CEL) para cada puesto de trabajo y cada agente químico. (Ver tablas de resultados).

b). **Amoníaco (NH<sub>3</sub>)**: La determinación de las concentraciones de exposición laboral (CEL) de **amoníaco** se han realizado siguiendo el método NIOSH 205 (Analytical Method P & Cam 205. Ammonia in air). Este método ha sido adoptado por el INSHT español (ficha 403-1-A/91 de su publicación "Métodos de Toma de Muestra de Contaminantes Químicos en aire").

Las muestras se captaron mediante sistemas activos, utilizando bombas de aspiración para muestreo personal de la firma M.S.A, tipo **Fixflot y Dupont**, modelo F. 2.500, capaces de mantener su caudal de calibración con una exactitud de ± 5%.

La calibración de las bombas se realiza con la misma unidad de captación que se utiliza en campo, al objeto de que la pérdida de carga sea similar a la que se tiene durante el muestreo.

Las bombas se calibran previamente para suministrar un caudal de aspiración de un litro por minuto, (caudal que especifica el método), aproximadamente.

La calibración de las bombas se realiza mediante calibrador electrónico "**Gilibrator system**" de la firma **Gilian Instrument Corp**, dotado de una célula de flujo normal que cubre un rango de calibración de 20 cc a 6 lpm (litros por minuto).

La duración de cada muestra, (tiempo de muestreo), fue de 15 minutos, lo que supone un paso de 15 litros de aire a través de la disolución captadora. Como **unidad de captación** se utiliza:

- Tres Impingers conectados en serie, de 30 ml (mililitros) cada uno, los dos primeros conteniendo 10 ml de solución absorbente cada uno y el tercero vacío, intercalado entre los dos anteriores y la bomba para protección de ésta.
- Como solución absorbente se utiliza **ácido sulfúrico 0,1 N**, que se obtuvo diluyendo 2,8 ml de ácido sulfúrico concentrado a un litro con agua desionizada.

Durante los períodos de muestreo se midió la temperatura ambiente y la humedad relativa, anotándose además las condiciones meteorológicas observadas en la jornada que se efectuaron las mediciones. (Anexo 9)

Al laboratorio de ERTOIL S.A. se remitieron 128 muestras para determinación de **amoníaco**, además de 4 **blancos** (uno por cada tanda de muestras), al objeto de mejorar la exactitud del análisis.

La técnica analítica que se utiliza para la determinación de **Amoníaco** es la de **espectrofotometría ultravioleta visible a 410 nm (nanómetros)**. El fundamento de este método consiste en que el amoníaco se transforma en Sulfato Amónico en los impingers que contienen la solución diluida de ácido sulfúrico. La solución se hace reaccionar con el **reactivo Nessler**, formando un compuesto coloreado, de color amarillo pardo, cuya absorbancia se mide en un espectrofotómetro UV-visible o colorímetro a 410 nm.

El límite de detección puede estimarse, según indica el propio método, en 0,05 mg de **amoníaco** para un volumen de aire muestreado de 10 litros.

Cuando en alguno de los resultados facilitados por el laboratorio aparecía la notación "ND" (no se detecta) junto a una muestra, se tomó como valor de la concentración, a efectos de cálculo, la mitad del límite de detección del método.

Los resultados que proporcionó el laboratorio de ERTOIL S.A. estaban expresados en microgramos por muestra (ug/muestra), y para convertirlos en miligramos por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>) se utilizó la siguiente expresión

$$\text{mg. NH}_3 / \text{m}^3 = \frac{\text{ugNH}_3 \text{ muestra} - \text{ugNH}_3 \text{ blanco}}{\text{Volumen corregido de aire muestreado, en litros}}$$

El volumen corregido de aire muestreado, se estima promediando los caudales de aspiración obtenidos en las calibraciones efectuadas a las bombas de muestreo, antes y después de cada medición.

Determinadas las concentraciones ambientales en cada una de las muestras, se procede a estimar la CEL para cada exposición individual muestreada. El valor de la CEL se obtiene calculando la media aritmética de las 8 medidas realizadas a cada puesto de trabajo en el mismo turno.

Como valor de referencia para contrastar con el estándar de 15 minutos (**STEL**), se toma el de mayor concentración de las 8 muestras realizadas para cada estimación de la exposición individual.

c). **Monóxido de Carbono**: para la determinación de las concentraciones ambientales de Monóxido de Carbono en el ambiente de trabajo se utiliza un equipo de lectura directa, puesto que los valores esperados para las concentraciones de este agente químico, en la atmósfera del lugar de trabajo, se presumían muy por debajo del valor límite adoptado como criterio de valoración, para este contaminante.

El equipo utilizado es un monitor de lectura directa de la firma MSA Española, S.A; denominado "Indicador de Monóxido de Carbono Minico, modelo IV" y se trata de un instrumento portátil que funciona con pilas. Está diseñado para muestras de atmósferas que puedan contener Monóxido de Carbono e indica su concentración en el aire, expresada en partes por millón (ppm), mediante un visor (display) de lectura digital.

El principio de funcionamiento de este equipo consiste en que la muestra pasa el sensor mediante difusión a través de una membrana de teflón. El sensor es una célula de tipo electroquímico polarográfica. Un elemento del circuito electrónico mantiene el electrodo activo a un potencial constante con respecto al de referencia.

La célula oxida el CO produciéndose CO<sub>2</sub>, en proporción a la presión parcial de CO en la zona del muestreo. La señal electroquímica obtenida se amplifica y la temperatura es compensada, accionándose el visor digital de lectura (display).

El tiempo de respuesta del indicador es inmediato y la concentración mínima detectable es 0,1 ppm.

Las mediciones con este equipo se realizaron situando el elemento sensor o célula próxima a la zona respiratoria del trabajador. La duración de cada muestra (tiempo de muestreo) fue de 5 minutos, período durante el que se integraron las lecturas a intervalos de 30 segundos.

La integración no planteó ningún problema, ya que los dígitos del visor de lectura no experimentaban oscilaciones frecuentes ni significativas.

Se realizan 12 mediciones de 5 minutos de duración cada una para determinar la concentración de la exposición individual (CEL) en cada uno de los puestos de trabajo en estudio, siguiendo el programa de muestreo preestablecido para este agente químico.

El valor de la CEL se obtiene calculando la media aritmética de las 12 mediciones realizadas en el mismo turno a cada uno de los puestos de trabajo en estudio. De esta manera los 192 datos que proporciona el programa de muestreo para este contaminante quedan reducidas a 16 estimaciones de la CEL (8 en cada uno de los GEH establecido). (Ver tablas de resultado).

#### d). **Sulfuro de Hidrógeno (Ácido Sulfhídrico):**

En la determinación de las concentraciones de este agente ( $\text{SH}_2$ ) se utiliza un equipo de medición de lectura directa, en base que las concentraciones esperadas de este contaminante se presumían muy por debajo del valor límite de referencia.

El equipo de lectura directa que se utiliza está compuesta por una bomba detectora de gas de la firma **Dräger**, modelo **Accuro**, dotada de contador automático de emboladas, asociada a tubos colorimétricos de la misma firma para detección de Sulfuro de Hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ) (Tubitos Dräger para Sulfuro de Hidrógeno 0,5/a, Ref. 6728041 y 0,2 /a Raf..8101461).

Como elemento de captación y lectura se utilizan los tubos colorimétricos referenciados con un rango de medición standard (para 20°C de temperatura y 1013 mbar de presión) de 0,5 a 15 y 0,2 a 5 partes por millón (ppm) de  $\text{SH}_2$  respectivamente. La desviación estándar relativa de estos tubos oscila entre el 5 y el 10%.

El principio de reacción consiste en que el  $\text{SH}_2$  captado por el tubo reacciona con un complejo de Mercurio ( $\text{Hg}^{2+}$ ) que se encuentra en el interior del mismo (como reactivo), produciendo  $\text{HgS} + 2\text{H}^+$  de color pardo claro.

Según los ensayos de la empresa Dräger para este tubo, hasta la fecha no se han observado interferencias a la sensibilidad por la presencia de otros gases o vapores.

La lectura colorimétrica de la concentración de  $\text{SH}_2$  en ppm requiere de 10 emboladas a la bomba, lo que representa un tiempo de muestreo que oscila entre los 5 y 6 minutos.

A efectos de la determinación del número mínimo de muestras a tomar, en función de la duración de cada una de ellas, se ha considerado como tiempo de muestreo 5 minutos.

Se realizan 12 mediciones en el mismo turno y para cada puesto de trabajo, al objeto de determinar la CEL para cada exposición individual. Las mediciones se efectuaron siguiendo fielmente el programa de muestreo establecido para este agente químico. Dicho programa fue elaborado siguiendo criterios estadísticos de aleatoriedad (muestreo aleatorio simple sin reposición).

El valor de la CEL se obtiene calculando la media aritmética de las 12 mediciones realizadas para evaluar cada exposición individual. Las 192 concentraciones de  $\text{SH}_2$  obtenidas mediante lectura directa proporcionaron 16 estimaciones de la CEL (8 por cada GEH).

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS, MEDIANTE MEDICIONES EN EL PUESTO DE TRABAJO, PARA SU COMPARACIÓN CON EL VALOR LÍMITE

Elaboradas las tablas de resultados con las concentraciones de exposición laboral obtenidas o estimadas, para cada puesto de trabajo y agente químico considerado, se procede al tratamiento estadístico de la CEL dentro de cada GEH, para su comparación con los valores límites adoptados para cada agente químico en estudio.

El primer paso del tratamiento estadístico consiste en la identificación y calibración del modelo de distribución al que se ajustan los resultados experimentales obtenidos. La distribución Log-Normal es el modelo estadístico al que con mayor frecuencia se suelen ajustar las concentraciones ambientales de agentes químicos. (Ver glosario de términos).

La verificación de que los datos obtenidos sobre las concentraciones de exposición laboral (CEL's), dentro de cada grupo de exposición homogénea (GEH), se distribuyen según el modelo estadístico Log-Normal se realiza utilizando dos procedimientos distintos.

El primero de ellos está basado en el método que se recomienda en el anexo D de la Norma Europea En-689 y que se describe en el anexo G de la misma.

Este procedimiento utiliza **gráficos de probabilidad acumulada** para comprobar el ajuste de los datos a la distribución Log-normal, calcular la media y la desviación estándar de los mismos así como la probabilidad de que se exceda el valor límite. El gráfico de probabilidad acumulada proporciona la posibilidad de comprobar la homogeneidad del conjunto de los datos de exposición.

Al objeto de facilitar la reproductividad de este estudio, la metodología de aplicación de este procedimiento se describe íntegramente en el Anexo 10.

La aplicación de este procedimiento a los datos experimentales (CEL's) se ha realizado utilizando la hoja de cálculo y la representación gráfica del programa informático Quatro pro (V. 6.01).

El segundo procedimiento utilizado para constatar el ajuste de los datos experimentales a la distribución Log-Normal, ha sido la prueba de **Kolmogorov-Smirnov y el test de Shapiro-Wilks**. Estas pruebas verifican la bondad del ajuste de la distribución de frecuencias de una muestra (CEL'S) a una distribución de probabilidad dada (en nuestro caso, a la distribución Log-normal).

Este procedimiento se aplicó a las CEL'S obtenidas para cada agente químico y en cada grupo de exposición homogénea (GEH).

El tratamiento estadístico de los datos, aplicando los test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks, para determinar la bondad del ajuste a la distribución Log-normal, se ha realizado mediante el programa informático de análisis estadístico conocido como "SPSS".

Una vez que el modelo de distribución ha sido ajustado, se procede a calcular la probabilidad de exceder el valor límite, con su intervalo de confianza, para cada agente químico en estudio y en cada GEH.

El procedimiento de cálculo para estimar la probabilidad de exceder el valor límite varía en función de cuál sea el período de referencia del valor límite considerado (TLV-TWA o STEL):

#### **a. Cálculo de la probabilidad de exceder el valor límite TLV-TWA (estándar referido a 8 horas)**

En el anexo G de la Norma EN-680 se describe un procedimiento para estimar la probabilidad de que se supere el valor límite establecido, basado en la utilización del gráfico de probabilidad acumulada. (Anexo 10).

En este trabajo de campo se ha utilizado, sin embargo, un procedimiento estadístico diferente al que se propone en la citada Norma.

El procedimiento estadístico utilizado para estimar la probabilidad de que se supere el valor límite (para 8 horas de exposición), con su intervalo de confianza, está basado en el **contraste de hipótesis** en una población "normal" de desviación típica, desconocida.

La hipótesis se somete a una prueba estadística unilateral (de una sola cola), cuya región de rechazo es la zona extrema a un lado de la distribución, con un área igual al nivel de significación utilizado ( $\alpha = 0,05$ ).

En definitiva, se aplica un procedimiento de **prueba unilateral** para contraste de la hipótesis  $H_0: u < u_0$  (CEL < VL), frente a la hipótesis alternativa  $H_1: u > u_0$  (CEL > VL).

El razonamiento estadístico que sustenta la aplicación de este procedimiento a la distribución Log-Normal que siguen las concentraciones ambientales, así como su metodología de aplicación, se describe con detalle en el Anexo 11.

Con este procedimiento obtenemos la probabilidad "p" (en %) de que las CEL'S en el GEH evaluado supere el valor límite adoptado (TLV - TWA), con su intervalo de confianza, para cada uno de los agentes químicos en estudio. Siendo "p", el nivel de significación del contraste (Anexo 11).

#### **b. Cálculo de la probabilidad de exceder el valor límite STEL (estándar referido a 15 minutos)**

El procedimiento estadístico para este cálculo también está basado en un contraste de hipótesis mediante prueba unilateral (de una sola cola) y para un nivel de significación de  $\alpha = 0,05$  (5%).

Este procedimiento se ha aplicado a las concentraciones obtenidas para el **Amoníaco** y el **Sulfuro de Hidrógeno**, que son las dos sustancias de nuestro estudio que tienen asignado un valor límite TLV - STEL (Límite de Exposición de corta duración, referido a 15 minutos).

El desarrollo metodológico de este procedimiento se describe en el Anexo 11.

El tratamiento matemático de ambos procedimientos se ha efectuado mediante las hojas de cálculo del programa informático Quatro Pro (V - 6).

### **3.8. CONCLUSIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL (EEL). PLANTEAMIENTO GENERAL**

Determinada la probabilidad de exceder el valor límite, por los procedimientos estadísticos indicados anteriormente, se consideran tres situaciones:

#### **a. Situación verde: probabilidad $\leq 0,1\%$**

La exposición es muy inferior al valor límite. No son necesarias más mediciones a no ser que se produzcan cambios significativos en las condiciones de trabajo. En este último caso, sería necesario una nueva EEL.

#### **b. Situación naranja: $0,1\% < \text{probabilidad} \leq 5$**

La probabilidad es mayor del 0,1% y menor o igual al 5%. La exposición parece inferior al valor límite, pero esto ha de ser confirmado por mediciones periódicas. Sólo hay que planificar mediciones periódicas en esta situación.

#### **c. Situación roja: Probabilidad $> 5\%$**

La probabilidad de exceder el valor límite es demasiado alta (superior al 5%). Se deben adoptar las medidas adecuadas tan pronto como sea posible para reducir la exposición.

Una vez adoptadas y aplicadas tales medidas, hay que iniciar una nueva **estimación de la exposición laboral (EEL)**.

En caso de que la CEL media obtenida presente un intervalo de confianza amplio, se procederá a realizar un análisis crítico de la efectiva homogeneidad del grupo de exposición homogénea de que se trate, verificando la calidad del ajuste Log-Normal y el valor de la Desviación típica Geométrica (normalmente, menor de 3).

### 3.9. PLANIFICACIÓN DE LAS MEDICIONES PERIÓDICAS

#### a. Planteamiento general

El programa de mediciones periódicas responde a un esquema modificable de mediciones personales por muestreo dentro del grupo de exposición homogénea. La frecuencia del muestreo dependerá de los resultados de las mediciones previas, aumentando cuando la exposición

se aproxima al valor límite y disminuyendo si la exposición es muy inferior al VL.

#### b. Frecuencia inicial de muestreo

Para establecer la frecuencia de las mediciones, se determina el valor de la "unidad de tiempo" (siempre menor o igual a una semana), en función de los siguientes factores:

- La rutina de trabajo de la unidad.
- El tipo de valor límite (STEL o TWA).
- El tiempo de respuesta del laboratorio analítico.

La periodicidad inicial de las mediciones se fija, en principio, en 8 unidades de tiempo y se modifica con las indicaciones de la siguiente Tabla.

Tabla 2.

Situación	Resultados de las mediciones	Decisión
1	$C \leq 0,4 \text{ VL}$ dos veces consecutivas	Las tres siguientes mediciones programadas no se llevan a cabo
2	$0,4 \text{ VL} < C \leq 0,7 \text{ VL}$ .	Se continua con el esquema básico
3	$0,7 \text{ VL} < C \leq 1,5 \text{ VL}$ .	Se realiza una medición adicional durante la unidad de tiempo
4	$0,7 \text{ VL} < C \leq 1,5 \text{ VL}$ en dos unidades de tiempo consecutivas	Realizar una medición adicional en cada uno de los 4 intervalos siguientes programados. Si el intervalo era la unidad de tiempo, hay que adoptar acciones inmediatas para reducir la exposición
5	$1,0 \text{ VL} < C \leq 1,5 \text{ VL}$ dos veces consecutivas	Adoptar acciones inmediatas para reducir la exposición
6	$C > 1,5 \text{ VL}$ .	Tomar acciones inmediatas para reducir la exposición

En las situaciones 3 y 4, si la  $C > 1\text{VL}$ , hay que identificar las causas por las que se supera el VL y adoptar medidas para mejorar la situación, tan pronto como sea posible.

### 3.10. CRITERIOS DE VALORACIÓN

La evaluación de la exposición laboral por inhalación de agentes químicos de los puestos de trabajo que integran cada uno de los grupos de exposición homogénea establecidos, se efectúa por comparación del valor de la concentración de la exposición laboral (CEL) del agente químico considerado, obtenido mediante medición en las muestras personales, con unos valores límites o criterios de valoración adoptados.

Existen distintos criterios de valoración que difieren tanto en el valor adoptado como límite, como en el significado e interpretación de los mismos.

En la Tabla III se han recogido tres criterios de valoración distintas para cada uno de los agentes químicos evaluados.

- En primer lugar, el criterio legal vigente en España sobre agentes químicos y concentraciones admisibles en el aire de los lugares de trabajo, (actualmente en fase de adaptación a la Normativa Comunitaria), contenido en el Anexo 2 del Decreto 2414/61 de 30 de Noviembre de 1961, por el que se aprobó el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, nocivas y Peligrosas (R.A.M.I.N.P.).

En él se establecen las concentraciones máximas permisibles, (C.M.P.), en el interior de las explotaciones industriales para 160 sustancias químicas o compuestos.

En este criterio no se hace referencia al tiempo de exposición considerado ni a la forma de realizar el muestreo, por lo que existe una indefinición en cuanto a su aplicación. Entre los Higienistas profesionales ha sido práctica habitual considerar dichas concentraciones como no superables en ningún momento de la jornada laboral (Concepto de valor techo), basándose en el significado de la expresión "máxima". Sin embargo, las C.M.P.s. están basadas en los TLV's del año 1958, en los cuales las concentraciones límites se fijaban para una exposición media de ocho horas, con lo que la interpretación anterior puede ser cuestionada.

- En segundo lugar, se hace referencia a los valores establecidos por la "Comisión para la investigación de los riesgos para la salud de los compuestos químicos en el área de trabajo", de la **Sociedad Alemana para la Investigación (DFG)**, de la República Federal Alemana.

Esta Comisión establece unos valores límite con base exclusivamente científica denominadas "Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen" (MAK).

La lista de los valores MAK se publica anualmente, con indicación de las novedades propuestas, y están considerados como unos de los más restrictivos de la Unión Europea.

Los MAKs se definen como concentraciones medias en aire, ponderadas para períodos diarios de ocho horas de exposición, en semanas laborales de 40 horas, siendo por ello conceptualmente equivalentes a los TLV'S - TWA de la ACGIH Americana, y aplicables cuando el resultado de la evaluación sea una media ponderada en el tiempo.

- En tercer lugar, se contempla uno de los criterios más extendidos e internacionalmente más aceptado, el criterio de los TLV's (Threshold limit values), revisados y publicados anualmente por la A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

La publicación anual de la ACGIH incluye los valores permisibles en el ambiente de trabajo (TLV's) para agentes físicos y químicos y unos índices de exposición biológica (BEI's). La propia asociación divulga la información en que se ha basado para proponer dichos valores (Documentation of Threshold Limit Values) siendo su conocimiento imprescindible para su correcta aplicación. Estos valores son sólo unos límites recomendables y como tales deben ser interpretados y aplicados.

El criterio TLV, al ser una recomendación realizada por una asociación privada, no tiene carácter legal pero constituye, sin duda, una excelente guía seguida por la comunidad internacional de Higienistas Industriales en sus actuaciones preventivas.

En el presente trabajo de campo se ha adoptado como criterio de valoración o estándar de referencia el de los TLV's de la ACGIH norteamericana, en base a las siguientes razones:

- El criterio legal español se encuentra totalmente desfasado en el tiempo, a más de presentar una indefinición conceptual en relación con su significado e interpretación.
- La mayoría de los TLV's están fijados en base a métodos científicos tan fiables como el de los estudios epidemiológicos.
- Los criterios TLV's de la ACGIH son revisados y actualizados anualmente y además de ser uno de los criterios más aceptados internacionalmente, es uno de los más restrictivos, por lo que su aplicación otorga un mayor nivel de protección a la salud de los trabajadores expuestos.

■ **Tabla 3.**

Agentes químicos	Criterios de valoración considerados y años de adopción de los mismos							
	Español (R.A.M.I.N.P.) C.M.P./1961		R.F. Alemana M.A.K/1994		TLV's ACGIH (U.S.A), 1995 - 1996			
					TLV-TWA		TLV-STEL	
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm
Amoniaco	70	100	35	50	17	25	24	35
Benceno	110	35	III A1	III A1	0,96 A1	0,3 A1	-	-
Butano	-	-	2.350	1.000	1.900	800	-	-
Hexano	1.800	500	180	50	176	50	-	-
Monóxido de Carbono	110	100	33	30	29	25	-	-
Tolueno	750	200	190	50	188	50	-	-
Sulfuro de Hidrógeno	30	20	15	10	14	10	21	15

# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA

La población objeto de estudio, definida anteriormente, está constituida por las ocho puestos de trabajo establecidos por la empresa ERTOIL S.A. para operar la planta FCC del Complejo Petroquímico "La Rábida". La cobertura de los citados puestos de trabajo, en los distintos turnos establecidos para atender el proceso continuo, se garantiza con una dotación de 35 trabajadores que integran la plantilla total de esta planta. En la Tabla IV se recoge la distribución por puestos de trabajo, el régimen de jornada y horario, así como la ubicación de los distintos puestos.

En el personal que se encuentra a régimen de jornada ordinaria, cabe mencionar que durante el invierno, de las 9 horas y 10 minutos que abarca su horario, se debe dedu-

cir del tiempo de exposición 1 hora y 10 minutos aproximadamente que permanecen en el comedor de las instalaciones del Complejo.

Los Auxiliares de planta no han sido considerados como puesto de trabajo definido, ya que realizan tareas de refuerzo o apoyo a los cuatro puestos de trabajo denominados operadores de planta. En consecuencia, se asume que su nivel de exposición es similar al de los puestos de trabajo que refuerzan.

El puesto de trabajo denominado Jefe de Sección es uno sólo y aunque uno de los trabajadores se encuentren en régimen de jornada ordinaria, no realiza tareas significativamente distintas a las de sus compañeros; siendo por tanto su nivel de exposición laboral similar.

■ **Tabla 4.** Distribución, régimen de jornada, horario y ubicación de los puestos de trabajo en la planta FCC. Huelva, 1995

Puesto de Trabajo	Dotación de Trabajadores	Régimen de Jornada	Horario	Ubicación
Jefe de planta	1	ORDINARIA	Invierno: 8:30 h a 17:40 h	Interior de Oficinas y Control
Jefe de área	1	ORDINARIA	Verano: 8:00 h a 14:00 h	Oficina y planta
Jefe de sección	1	ORDINARIA		Interior, Planta y Sala de Control
	5	A TURNOS		
Operador de control	5	A TURNOS	5 turnos: A, B, C, D y E  Secuencia: 2M, 2T, 2N y 2 días de descanso cuando el 5º turno toma vacaciones. En caso que operen los 5 turnos los días de descanso son 4	Oficina, control y Planta
Operador de planta FCC <sub>1</sub>	5	A TURNOS		Exterior/Planta
Operador de planta FCC <sub>2</sub>	5	A TURNOS		Exterior/Planta
Operador de p. ligeros (LE)	5	A TURNOS		Exterior/Planta
Operador de planta aguas ácidas (SW)	5	A TURNOS		Exterior/Planta
Auxiliares de planta (AP)	2	TURNOS REFUERZO		Exterior/Planta

#### ■ 4.2. RELACIÓN DE SUSTANCIAS

En la Tabla V se presentan las sustancias que, de alguna manera, intervienen en el proceso de producción de la planta FCC.

Las sustancias se clasifican por unidades del proceso en el que intervienen y se catalogan como materias primas, productos intermedios, productos finales y residuos.

■ **Tabla 5.** Relación de productos y sustancias que intervienen en el proceso de producción de la planta FCC. Huelva, 1995

Unidad	Materias Primas o cargas	Productos Intermedios	Productos Finales	Catalizadores y Residuales
Unidad de Craqueo Catalítico (FCC)	Gas-oil pesado de vacío	COKE (coque)	LPG's, Naftas, gasoil ligero, fuel-oil y fuel-gas	Alumina con matriz zeolítica. Aguas ácidas
Unidad de Ligeros (Light-End)	Gases LPG's Nafta ligera	-	Propano-propileno, butano olefínico (insatura), fuegas	-
Unidad de Regeneración de Aminas	Aminas ricas en Sulfhídrico	-	Amina pobre en sulfhídrico	-
Unidad Merox de LPG	Propano + propileno + butano olefínico, sulfhídrico y mercaptanos	-	Propano + propileno + butano olefínico, Disulfuros líquidos y gaseosos, mercaptidas	-
Unidad Merox de Gasolina	Naftas ligeras y pesadas. Mercaptanos Sulfhídrico	-	Naftas Disulfuros	Sosa cáustica  Mercaptidas
Unidad de Tratamientos de Aguas Ácidas	Aguas ácidas procedentes de la Unidad de Craqueo Catalítico	-	Agua limpia Gas: SH <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>	Agua residual con SH <sub>2</sub> y NH <sub>3</sub>

Los productos derivados del petróleo, así como las distintas sustancias (catalizadores, etc.), que intervienen en el proceso de la planta, en sus diferentes fases, generan una cantidad de agentes químicos con distinta posibilidad de ser emitidos (estar presentes) a la atmósfera del medio ambiente laboral (contaminante químico ambiental).

Esta posibilidad de emisión fuera del encerramiento que supone el propio proceso, está en función de diversos factores, pero fundamentalmente dependerá del número de focos o fuentes de emisión que supongan un vehículo de comunicación entre el interior del proceso y el ambiente laboral. Los fuentes o focos de emisión más comunes en un proceso de estas características son: drenajes, purgas, tomamuestras, antorchas y chimenea, principalmente.

En la tabla VI se presenta una relación de los agentes químicos que, en mayor o menor grado, podrían estar presentes en la atmósfera de los lugares de trabajo (contaminantes químicos), de la planta FCC. Los contaminantes químicos ambientales se presentan en la tabla clasificados por unidades del proceso, al objeto de obtener mayor información respecto de su ubicación en las distintas zonas de la planta.

En la tabla se reflejan zonas de influencia de los contaminantes que se presumen presentes en las distintas unidades del proceso. Estas zonas de influencia se han establecido en base a un criterio de proximidad al foco de emisión, pero obviamente la variabilidad de la dispersión de los contaminantes está sujeta a tal cúmulo de factores que resultaría bastante complejo determinar una zona de influencia con precisión. En consecuencia, parece razona-

ble considerar el recinto de la planta FCC, en su totalidad, como área de influencia de los contaminantes químicos

emitidos por cualquier foco o fuente ubicada en cualquier fase o unidad del proceso.

■ **Tabla 6.** Relación de agentes químicos con presumible presencia en la atmósfera laboral. Clasificación por unidades y zonas de influencia

Unidad	Zona o área de influencia	Contaminantes Químicos presentes
Craqueo Catalítico	Áreas "A" (FCC <sub>1</sub> y FCC <sub>2</sub> )	Vapores orgánicos Ácido sulfhídrico (SH <sub>2</sub> ) Amoniaco (NH <sub>3</sub> )
Unidad de Ligeros (Light-End)	Área de L.E Área de aguas ácidas Área "B"	Ácido sulfhídrico (SH <sub>2</sub> ) Etano, Metano Propano (v.o), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )
Regeneración de Aminas	Área de L.E Área de aguas ácidas Área "B"	Ácido sulfhídrico (SH <sub>2</sub> ) Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )
Unidad Merox de L.P.G.	Área de L.E Área de aguas ácidas Área "B"	Vapores orgánicos (Butano, Propano y Propileno) Hidróxido Sódico Ácido sulfhídrico (SH <sub>2</sub> ) Mercaptanos Dióxido de Azufre
Unidad de Merox de Gasolina	Área de L.E Área de aguas ácidas	Dióxido de Azufre Vapores orgánicos Hidróxido Sódico (nieblas) Ácido sulfhídrico (SH <sub>2</sub> ) Mercaptanos
Tratamientos de aguas ácidas	Área de L.E Área de aguas ácidas Áreas "A" y "B"	Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) Ácido sulfhídrico (SH <sub>2</sub> ) Vapores orgánicos

En base a lo explicado en el párrafo anterior a la Tabla VI, se elabora la Tabla VII con la relación de todos los agentes químicos cuya presencia en la atmósfera de los distintos puestos de trabajo de la planta se presume o se sospecha, en mayor o menor grado o niveles de presencia. Los agentes químicos se presentan en la tabla jerarquizados, en base al mayor nivel de presencia que se presume para cada uno de ellos.

En el presente estudio estamos considerando el riesgo higiénico derivado de la inhalación de agentes químicos. La siguiente tabla aporta información para la caracterización del riesgo, en base a la toxicidad de las sustancias o agentes químicos considerados.

■ **Tabla 7.** Listado de agentes químicos presentes en el ambiente laboral de la planta, FCC. Ertoil, Huelva 1995

Orden	Agente Químico	Fórmula Química
1	Ácido Sulfhídrico (Sulfuro de Hidrógeno)	SH <sub>2</sub>
2	Amoniaco	NH <sub>3</sub>
3	Vapores orgánicos: Benceno, Butano, Etano, Metano, Hexano, Tolueno, Propano, Propileno)	-
4	Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
5	Monóxido de Carbono	CO
6	Mercaptanos (varios)	-
7	Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>
8	Hidróxido sódico (niebla)	NA OH

A tal efecto, se establece un índice comparativo que relaciona la presión de vapor, (parámetro que indica la facilidad que tiene una sustancia para pasar al estado vapor), con un parámetro indicativo del riesgo de alteración de la salud por vía inhalación, tal como es el valor límite umbral TLV-TWA (ACGIH). A este índice comparativo le llamamos **índice de toxicidad (Itox)** y vendría determinado por la siguiente expresión:

$$I_{tox} = (P.V._{20^{\circ}C} / TLV) \times 100$$

La Tabla VIII recoge además otros parámetros útiles para valorar la exposición potencial a los agentes químicos en estudio. Parámetros como la densidad relativa del vapor con respecto al aire, el umbral olfativo (U.O), o el índice inmediatamente peligroso para la vida o la salud

(IPVS), aportan información valiosa sobre la potencialidad nociva de la sustancia considerada.

Los índices y parámetros que se recogen en esta tabla sólo tienen un valor orientativo y nos informan a cerca de la potencialidad nociva de la sustancia. Conjugando e interpretando adecuadamente esta información, supone un buen apoyo técnico para decidir sobre la exposición potencial.

Se considera importante señalar que el Metil-Mercaptano, que se recoge en la tabla, es uno de los mercaptanos de mayor toxicidad y no es, precisamente, el que se encuentra con mayor frecuencia en el ambiente laboral de la planta. Su inclusión en la tabla obedece a un criterio de "condición más desfavorable".

■ **Tabla 8.** Potencialidad nociva de los agentes químicos en estudio

Fórmula química	Agente químico	Densidad relativa de vapor/aire	Presión de vapor en mmHg a 20° C	TLV-TWA en ppm	índice de toxicidad PV/TLV x 100	Umbral olfativo en ppm	I.P.V.S. en ppm
H <sub>3</sub> CSH	Metil-Mercaptano	1,7	1.281	0,5	256.200	0,0016	400
CO	Monóxido de Carbono	0,97	44.294	25	177.176	100.000	1.500
SH <sub>2</sub>	Sulfhídrico	1,19	13.634	10	136.340	0,0081	300
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre	2,26	2.490	2	124.500	1,1	100
NH <sub>3</sub>	Amoniaco	0,59	6.457	25	25.828	5,2	500
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Benceno	2,70	75,1	0,3 A <sub>1</sub>	25.033	12	3000
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono	1,53	43.186	5.000	864	74.000	50.000
H <sub>3</sub> C-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub>	n-Hexano	2,98	120,53	50	241	-	-
H <sub>3</sub> C-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	Butano	2,05	1,582	800	198	2.700	-
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	Tolueno	3,18	20,94	50	42	2,9	2.000
NA OH	Hidróxido sódico	nieblas	nieblas	-	-	-	-
	Etano, Metano, Propano y Propileno	Asfixiantes simples	Asfixiantes simples	-	-	-	-

### ■ 4.3. FACTORES QUE CONFIGURAN EL PUESTO DE TRABAJO

De los ocho puestos de trabajo de esta planta, el único que tiene una ubicación definida y de carácter estático es el del **operador de control**, que permanece en la sala de control de la planta durante las ocho horas de su jornada.

Los restantes puestos de trabajo se distribuyen por zonas o áreas de actuación sin una ubicación concreta, y el carácter de sus tareas es totalmente dinámico.

En la siguiente tabla se presenta el área de actuación de cada puesto de trabajo en relación con los distintas instalaciones y unidades de la planta.

■ **Tabla 9.** Puestos de trabajo y área de actuación

Puesto de trabajo	Ubicación por áreas o zonas de actuación
Jefe de Planta	Despacho, sala de control y planta
Jefe de Área	Despacho, sala de control y planta
Jefe de Sección	Sala de control y todas las unidades de planta
Operador de Control	Sala de control
Operador P. FCC <sub>1</sub>	Área "A", zona de craqueo catalítico, sala de Racks
Operador P. FCC <sub>2</sub>	Área "A", zona de craqueo catalítico, sala de Racks
Operadores de Planta Light-End	Unidad de Ligeros (Light-End), sala de Racks y antorcha
Operador de Planta aguas ácidas.	Unidades de <b>aminas, Merox</b> (LPG's y gasolina) y Unidad de tratamiento de aguas.

En las Tablas X y XI se presenta la descripción de las tareas más significativas de cada puesto de trabajo, con su duración estimada.

Durante los fines de semana (Sábado y Domingos) no se realizan tareas de mantenimiento en ninguno de los puestos de trabajo, limitándose la actividad a las tareas de rutina.

■ **Tabla 10.** Distribución de tareas en el grupo formado por los jefes y operadores de control

Puesto de trabajo	Funciones o tareas	Duración estimada en horas
Jefe de Planta	Gestión de dirección en despacho	6
	Supervisión técnica en sala de control	2
Jefe de Área	Funciones de supervisión y apoyo técnico	6
	Control técnico en la sala de control	1
	Tareas de campo en planta	1
Jefe de Sección a jornada ordinaria	Tareas técnico-administrativas en despacho	4
	Tareas de campo en planta	4
Jefes de Sección a turnos	Gestión técnica y supervisión en la sala de control	4
	Tareas de campo en planta	4
Operador de control	Permanencia continuada en la sala de control, situado frente a consola de video terminales y controles	8

■ **Tabla 11.** Distribución de tareas en el grupo formado por los operadores de planta, por indicación de la duración de cada tarea, en horas

Descripción de tareas	Puestos de trabajo			
	Operador P. FCC <sub>1</sub>	Operador P. FCC <sub>2</sub>	Op. Planta Light-Ends	Op. Planta aguas ácidas
Revisión del estado de la unidad	2 Horas	2 Horas	2 Horas	3 Horas
Toma de muestras	2 Horas	2 Horas	2 Horas	2 Horas
Preparación de equipos para trabajos programados de mantenimiento	2 Horas	2 Horas	2 Horas	1 <sub>1/2</sub> Horas
Tareas de rutina: comprobación de niveles, toma de lectura inst, acciones operativas sobre válvulas, etc.	1 Hora	1 Hora	1 Hora	1 Hora
Estandía en la sala de operadores de planta	1/2 Hora	1/2 Hora	1/2 Hora	1/2 Hora
Carga y descarga de sistemas	1 vez a la semana (2h)	1/4 Hora	–	–
Comprobación de existencias de aditivos	1 vez a la semana (1h)	1/4 Hora	1/4 Hora	–
Contraste de nivel en antorcha	–	–	1/4 Hora	–
TOTAL HORAS JORNADAS	8	8	8	8

La identificación de los focos de emisión de contaminantes es uno de los factores determinantes para establecer la exposición potencial a los distintos agentes químicos.

En la siguiente tabla se relacionan los focos de emisión existentes en cada una de las áreas de acción de los distintos puestos de trabajo, con indicación de los contaminantes químicos que emite en cada fuente.

■ **Tabla 12.** Identificación de focos de emisión de contaminantes químicos, según unidades de localización en la planta FCC

Área y puesto de trabajo	Focos de emisión	Contaminantes que se liberan
Unidad de Craqueo Catalítico Puesto de trabajo FCC <sub>1</sub> y FCC <sub>2</sub>	Drenajes Toma muestras	Vapores orgánicos, Ácido Sulfhídrico, amoniaco
Unidad de ligeros (Light-End) Puesto de trabajo: operador de planta de Light-Ends	Drenaje, toma muestras, venteo de tanques de aceite, antorcha y torre de refrigeración	Etano, Metano y Propano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Ácido Sulfhídrico, vapores orgánicos en general
Unidades de: regeneración de aminas, Merox LPG's, Merox gasolina, tratamiento de aguas Ácidas Puesto de trabajo: Operador de planta de aguas ácidas	Drenajes Toma muestras Drenaje continuo de sosa caustica Tareas con Exposición: lavado filtros de aminas, trasiego de aminas, carga de aditivos	Butano, Propano y Propileno Dióxido de Carbono, Ácido Sulfhídrico, Amoniaco, Mercaptanos, Sosa cáustica (niebla), vapores orgánicos en general

En los restantes puestos de trabajo que no figuran en la tabla no se libera ningún contaminante, al encontrarse su ubicación en las instalaciones cerradas de la planta (oficinas, despachos y sala de control).

La única posibilidad de contaminación de estas instalaciones cerradas sería a través de los equipos de aire acondicionado, y en cualquier caso los niveles de concentración que se podrían esperar en la atmósfera interior serían muy bajos.

En base al carácter dinámico que presenta la actividad que se desarrolla en cada puesto de trabajo, a excepción del puesto de operador de control, resulta imposible establecer ciclos definidos de exposición a un agente químico en particular. A pesar de ello, se ha tratado de establecer, aunque sea a título orientativo, la exposición estimada de cada puesto de trabajo a los distintos agentes químicos que se presumen presentes en el ambiente laboral.

La Tabla XIII está basada en la ficha de Condiciones de Trabajo de la planta (Anexo 3) y fichas descriptivas de actividad por puesto de trabajo (Anexo 4).

En un proceso bien controlado como el de la planta objeto de estudio, los niveles de concentración esperados por los distintos agentes químicos son, en general, muy bajos (CEL's <<<TLV-TWA); Por tanto, las puntuaciones asignadas a cada puesto de trabajo para estimar su exposición potencial a cada contaminante (A, M, B, N, etc.) son solamente códigos establecidos para establecer grupos de exposición homogénea y la interpretación de las puntuaciones está siempre referida a niveles de exposición muy bajos. Así por ejemplo, la puntuación "A" no significa que la exposición estimada este próxima al TLV, sino que dentro de los niveles de exposición esperados para este agente químico, (en general, bajos), este sería el caso de exposición más significativa.

■ **Tabla 13.** Estimación de la exposición potencial a los distintos agentes químicos para cada puesto de trabajo

Agente químico	Jefe de planta	Jefe de Área	Jefe de Sección	Operador de control	Operador FCC <sub>1</sub>	Operador FCC <sub>2</sub>	Operador P. Light	Operador Planta SW
Mercaptano	B	B	B	N	B	B	B	M
Monóxido de Carbono	B	B	B	N	M	M	M	M
Sulfhídrico	B	M	M	B	A	A	A+	A+
Dióxido de Azufre	B	B	B	N	B	B	M	M
Amoniaco	B	M	M	B	M	M	A+	A+
Benceno	B	B	B	N	B	B	B	B
Dióxido de Carbono	B	B	B	N	M	M	A	M
n-Hexano	B	M	M	B	M	M	M	M
Butano	B	M	M	B	A	A	A+	A
Tolueno	B	M	M	B	M	M	M	M
Hidróxido Sódico	N	B	B	N	B	B	B	B
V.O en general	B	M	M	B	M	M	M	M
Totales	11B 01N	6B 6M	6B 6M	6N 6B	4B 6M 2A	4B 6M 2A	3B 5M 4A	2B 7M 3A

N: No exposición  
 B: Baja exposición  
 M: Exposición media  
 A: Exposición más significativa  
 A+: Exposición elevada

#### ■ 4.4. RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO

En la elaboración y diseño del estudio piloto se seleccionaron tres grupos de exposición homogénea, en base a los resultados de la tabla XIII y de los objetivos planteados para este estudio.

En la tabla siguiente se describe la composición de los tres grupos y su denominación.

Se seleccionan los vapores orgánicos como contaminante a muestrear en el estudio piloto, en base a que el método de toma de muestras y análisis permite medir varios agentes químicos con una sola muestra, (técnica analítica de cromatografía de gases).

Los agentes químicos que se incluyen en el grupo de vapores orgánicos a determinar son: Benceno, Butano, Hexano, Propano, Propileno y Tolueno.

■ **Tabla 14.** Composición de los grupos de exposición homogénea

Grupos de exposición homogénea	Puesto de trabajo	Número de trabajadores	TOTAL
GEH - C	Jefe de planta	1	6
	Operador de control	5	
GEH - J	Jefe de área	1	7
	Jefe de sección en jornada ordinaria	1	
	Jefe de sección a turnos	5	
GEH - OP	Operador de planta FCC <sub>1</sub>	5	22
	Operador de planta FCC <sub>2</sub>	5	
	Operador de planta LE	5	
	Operador de planta SW	5	
	Auxiliares de planta	2	

La aplicación del programa de muestreo establecido según la metodología descrita en el apartado correspondiente de material y método supone un total de 32 muestras cuya distribución, por puestos de trabajo, se especifica en la tabla siguiente (XV)

En las siguientes Tablas se presentan los resultados obtenidos sobre la concentración de exposición laboral (CEL) a Benceno, Butano, Hexano y Tolueno en los tres grupos de exposición considerados.

■ **Tabla 15.** Distribución de las muestras por puesto de trabajo

Puestos de trabajo	GEH	Nº de muestras
Jefe de Planta	C	2
Jefe de Área	J	2
Jefe de sección en jornada ordinaria	J	2
Jefe de sección a turnos	J	5
Operador de control	C	5
Operador de planta FCC <sub>1</sub>	OP	4
Operador de planta FCC <sub>1</sub>	OP	4
Operador de planta LE	OP	4
Operador de planta SW	OP	4
TOTAL		32

■ **Tabla 16.** CEL's obtenidas en el grupo de exposición homogénea C (GHE-C)

Puesto de trabajo	Turno	Letra	Vapores orgánicos				
			Benceno	Butano	Hexano	Tolueno	
Jefe de planta	J. ordinaria	-	ND	1,8	ND	ND	
			ND	0,6	ND	ND	
Operador de control	Tarde	D	ND	1,2	ND	ND	
		A	ND	1,8	ND	ND	
	Mañana	Noche	C	ND	1,2	ND	ND
		E	ND	0,6	ND	ND	
		D	ND	0,8	ND	ND	

CEL media para el GEH: 1,14 mg / m<sup>3</sup>

■ **Tabla 17.** CEL's obtenidas en el grupo de exposición homogénea J. (GHE-J)

Puesto de trabajo	Turno	Letra	Vapores orgánicos CELs en mg / m <sup>3</sup>			
			Benceno	Butano	Hexano	Tolueno
Jefe de área	Jornada ordinaria	-	ND	2,4	0,65	0,70
			ND	1,0	ND	ND
Jefe de sección	Jornada ordinaria	-	ND	1,6	ND	ND
			ND	1,0	ND	ND
	Noche	C	ND	1,8	ND	ND
			ND	4,2	ND	ND
	Tarde	A	ND	1,8	0,65	0,73
			ND	3,5	ND	ND
Mañana	D	ND	1,6	ND	ND	

CEL media para el GEH: 2,1 mg/m<sup>3</sup>

■ **Tabla 18.** CEL's obtenidas en el grupo de exposición homogénea OP (GHE-OP)

Puesto de trabajo	Turno	Letra	Vapores orgánicos CELs en mg / m <sup>3</sup>			
			Benceno	Butano	Hexano	Tolueno
Operador de planta FCC <sub>1</sub>	Mañana	E	ND	5,0	0,65	1,30
			ND	3,50	0,65	ND
	Tarde	A	ND	3,8	ND	ND
			ND	4,70	ND	ND
Operador de planta FCC <sub>1</sub>	Mañana	E	ND	6,8	ND	ND
			ND	4,70	ND	ND
	Tarde	A	ND	5,65	ND	ND
			ND	4,50	ND	ND
Operador de planta LE	Mañana	E	ND	10,1	ND	1,30
			ND	9,0	2,00	2,55
	Tarde	A	ND	8,10	0,65	ND
			ND	8,50	0,65	ND
Operador de planta SW	Mañana	E	ND	9,4	1,30	1,70
			ND	7,60	1,30	1,30
	Tarde	A	ND	8,60	ND	ND
			ND	6,1	ND	ND

CEL media para el GEH: 6,63 mg/m<sup>3</sup>.

De los contaminantes detectados en las muestras, el único que proporciona niveles de concentración significativos es el Butano; el resto presenta niveles de concentración tan bajos, que en la mayoría de los casos no alcanzan ni el nivel de detección del método analítico. En consecuencia se selecciona el Butano como agente químico a considerar para lograr los objetivos planteados en el estudio piloto.

• **Tratamiento estadístico de los datos obtenidos en el estudio piloto.**

La siguiente tabla tiene por objeto contrastar la variabilidad o dispersión de las concentraciones ambientales,

del agente químico considerado en función del tiempo (distintas jornadas y turnos). A tal efecto se han calculado los parámetros que se recogen en la tabla y que se consideran de mayor interés para el análisis del contraste planteado.

En esta tabla se han incluido todos los puestos de trabajo en los que se han realizado, al menos cuatro mediciones válidas en turnos y jornadas distintas.

■ **Tabla 19.** Parámetros para la valoración de la variabilidad de las CEL's en función del tiempo. Agente Químico: Butano

GEH	Puesto de trabajo	Número de mediciones	Rango de concentración	Media aritmética	Media geométrica	Desviación geométrica estándar
C	Operador de control	5	1,2	1,12	1,04	1,53
J	Jefe de sección	5	2,6	2,58	2,38	1,56
OP	Operador de planta FCC <sub>1</sub>	4	1,5	4,25	4,20	1,18
OP	Operador de planta FCC <sub>2</sub>	4	2,3	5,41	5,34	1,21
OP	Operador de planta LE	4	2,00	8,92	8,89	1,10
OP	Operador de planta SW	4	3,3	7,92	7,82	1,21

Los cálculos estadísticos para obtener los datos que figuran en la tabla se han realizado utilizando la hoja de cálculo Quatro pro V.6 y figuran en el Anexo 12.

El siguiente tratamiento estadístico tiene por objeto contrastar la dispersión de las concentraciones ambientales en función del espacio, (distintos puestos de trabajo).

■ **Tabla 20.** Parámetros para la valoración de la dispersión de las CEL's en función del espacio. GEH de operadores de planta. Agente Químico: Butano

Turno	Letra	Nº de mediciones	Rango	Media aritmética	GM	DGS
Tarde	D	4	5,5	6,20	5,79	1,54
Noche	C	4	4,0	5,95	5,75	1,34
Mañana	E	4	5,1	7,82	7,54	1,38
Tarde	A	4	4,8	6,54	6,22	1,46

A tal efecto se analizan en la siguiente tabla las mediciones realizadas simultáneamente (misma jornada y turno) en el seno del grupo de exposición homogénea de los operadores de planta; ya que este es el único GEH en el que se han podido realizar 4 mediciones simultáneas de los distintos puestos de trabajo que lo integran.

A continuación se realiza un análisis de la varianza de los tres grupos de exposición homogénea establecida en el estudio piloto, que tiene por objeto comparar la variabilidad de las CEL's entre ellos a fin de decidir si se mantienen los tres GEH para el estudio detallado o si por el contrario se podrían reducir a dos.

■ **Tabla 21.** Análisis de varianza de las CEL's en los tres grupos de exposición homogénea establecidos

Análisis de la Varianza en los tres grupos		
GEH-C CEL	GEH-J CEL	GEH-OP CEL
180	2,40	3,50
120	1,60	4,70
120	4,20	9,00
60	1,80	7,60
180	3,50	4,70
60	1,80	4,50
0,80	1,00	8,50
	1,00	6,10
	1,60	5,00
		6,80
		10,10
		9,40
		3,80
		5,65
		8,10
		8,60

■ **Tabla 21.** Análisis de varianza de las CEL's en los tres grupos de exposición homogénea establecidos (continuación)

Análisis de la Varianza una sola vía				
Sumario				
Grupos	Contador	Suma	Media	Varianza
Column 1	0,00	8,00	1,14	0,26
Column 2	9,00	18,90	2,10	1,20
Column 3	16,00	106,05	6,63	4,64
Analysis of variance				
	SS	df	MS	F
Entre grupos	360,99	2,00	180,50	78,72
Sin grupos	103,17	45,00	2,29	
TOTAL	164,17	47,00		
	P-value	F-crit		
	0,00	3,20		

#### ■ 4.5. RESULTADO DEL ESTUDIO DETALLADO

Los agentes químicos que se evalúan en este estudio son: el amoníaco (NH<sub>3</sub>), el Monóxido de Carbono (CO) y el Ácido Sulhídrico o Sulfuro de Hidrogeno (SH<sub>2</sub>), además de los vapores orgánicos que se midieron en el estudio piloto.

Se clasifican los puestos de trabajo a muestrear en dos grupos homogéneos respecto de la exposición, uno cons-

tituido por los jefes de sección y jefe de área y el otro por los operadores de planta.

En las tablas siguientes se especifican los valores de la concentración ambiental de las exposiciones individuales, obtenidas mediante mediciones en el puesto de trabajo, en el seno de cada GEH y para cada agente químico en estudio.

En cada grupo se realizaron 8 mediciones de la exposición laboral.

■ **Tabla 22.** Concentraciones de la exposición laboral al amoníaco

GRUPO GEH -			GRUPO GEH - OP		
Puesto	Turno/jornada	CEL en mg/m <sup>3</sup>	Puesto	Turno/jornada	CEL en mg/m <sup>3</sup>
Jefe de área	Jornada ordinaria	0,210	Op. Planta FCC <sub>1</sub>	Mañana	0,476
		0,192		Tarde	0,632
Jefe de sección	Jornada ordinaria	0,186	Op. Planta FCC <sub>2</sub>	Mañana	0,640
		0,215		Tarde	0,585
		0,254		Op. Planta LE	Mañana
	Mañana	0,521	Tarde		0,770
		Tarde	0,320		Op. Planta SW
	0,356		Tarde	1,150	
CELM = 0,28175 mg/m <sup>3</sup>			CELM = 0,8028 mg/m <sup>3</sup>		

■ **Tabla 23.** Concentraciones de la exposición laboral al monóxido de carbono

GRUPO GEH - J			GRUPO GEH - OP		
Puesto	Turno/jornada	CEL en ppm	Puesto	Turno/jornada	CEL en ppm
Jefe de área	Jornada ordinaria	0,167	Op. Planta FCC <sub>1</sub>	Mañana	0,950
		0,135		Tarde	1,282
Jefe de sección	Jornada ordinaria	0,124	Op. Planta FCC <sub>2</sub>	Mañana	1,124
		0,149		Tarde	2,025
		0,175		Op. Planta LE	Mañana
	Mañana	0,415	Tarde		0,778
		Tarde	0,296	Op. Planta SW	Mañana
	0,238		Tarde		0,528
CELM = 0,212 ppm			CELM = 1,016 ppm		

■ **Tabla 24.** Concentraciones de la exposición laboral al ácido sulfhídrico

GRUPO GEH - J			GRUPO GEH - OP		
Puesto	Turno/jornada	CEL en ppm	Puesto	Turno/jornada	CEL en ppm
Jefe de área	Jornada ordinaria	0,168	Op. Planta FCC <sub>1</sub>	Mañana	0,785
		0,225		Tarde	0,750
Jefe de sección	Jornada ordinaria	0,217	Op. Planta FCC <sub>2</sub>	Mañana	1,350
		0,184		Tarde	1,430
	Mañana	0,458	Op. Planta LE	Mañana	3,125
		0,645		Tarde	2,535
	Tarde	0,408	Op. Planta SW	Mañana	1,065
		0,316		Tarde	0,960
CELm = 0,33 ppm			CELm = 1,50 ppm		

#### Ajuste a la distribución Log-Normal:

En relación con los procedimientos estadísticos utilizados para verificar el ajuste de los datos experimentales a la distribución Log-normal, que es la distribución teórica a la que con mayor frecuencia se ajustan las concentraciones ambientales de contaminantes químicos, cabe destacar algunas consideraciones de interés:

- En primer lugar hay que destacar que los ocho grupos de datos obtenidos (dos GEH por cuatro agentes) se ajustaron, con mayor o menor bondad, a la distribución teórica propuesta (Log-normal).
- El ajuste presenta mayor calidad cuando se utiliza el procedimiento de los gráficos de probabilidad acumulada que recomienda la Norma EN-689 en su Anexo D (descrito en el Anexo 10 de este trabajo).

La calidad del ajuste que proporcionan los Test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro - Wilks, aplicados mediante el programa estadístico "SPSS", es más pobre. Ello podría explicarse por la falta de "potencia" estadística que presenta este tipo de pruebas cuando el tratamiento se realiza con una muestra tan pequeña ( $n = 8$ ).

Verificado el ajuste de la distribución empírica a la distribución teórica, Log-Normal, se procede a calcular la probabilidad de exceder el valor límite en el seno de cada uno de los grupos de Exposición Homogénea y para cada agente químico en estudio.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los estadísticos y variables de decisión que se han estimado mediante las tablas de cálculo que se adjuntan en el Anexo 14, y que proporcionan los datos necesarios para estimar la probabilidad de exceder el valor límite, en cada uno de los Grupos de Exposición Homogénea establecidos y para cada agente químico en estudio.

■ **Tabla 25.** Estadísticos y variables calculados para estimar la probabilidad de exceder el valor límite (TLV-TWA) en cada GEH y para cada agente químico en estudio

Agente químico	Grupo	OX	$x = X/VL$	$Y = \text{Log } x$	s	$t = Y - 0/s$	"P" $\alpha_1$
Amoniaco en mg/m <sup>3</sup>	GEH-J	0,2817	0,01656	-1,80723	0,15645	11,55	< 0,05%
	GEH-OP	0,8028	0,04792	-1,34946	0,1507	8,95	<0,05%
CO en ppm	GEH-J	0,2120	0,0085	-2,1068	0,1822	11,56	<0,05%
	GEH-OP	1,0162	0,04065	-1,4273	0,185	7,71	<0,05%
SH <sub>2</sub> en ppm	GEH-J	0,3276	0,03276	-1,53	0,2091	7,31	<0,05%
	GEH-OP	1,50	0,150	-0,8795	0,227	3,875	0,41 %
V.V.OO en mg/m <sup>3</sup>	GEH-J	2,10	0,0011	-3,00472	0,21088	14,25	<0,05%
	GEH-P	6,63	0,0035	-2,4803	0,1485	16,70	<0,05%

\*1: p = x = nivel de significación del contraste.

Al objeto de disponer de mayor información a cerca del parámetro media poblacional (CEL media de la población), se han calculado los intervalos de confianza del estimador media muestral. En la Tabla XXVI se recogen los valores de los intervalos superior e inferior de la CEL

media, en cada GEH y para cada agente químico. Estos intervalos se presentan asociados a la probabilidad de exceder el VL que tiene la CEL media a la que ellos delimitan; así como al valor límite TLV-TWA adoptado para cada agente químico y a las CEL's medias obtenidas.

■ **Tabla 26.** Intervalos de confianza de las CEL's estimados para un nivel de significación  $\alpha = 0,05$  (5%)

Agente químico	GHE	CEL's media	Int. conf inferior	Int. conf. Superior	TLV-TWA	P=X=NS
Amoniaco en mg/m <sup>3</sup>	Jefes	0,2817	0,192 (1)	0,365 (1)	17	<0,05%
	Op. Planta	0,8028	0,557 (1)	1,037 (1)	17	<0,05%
CO en ppm	Jefes	0,2120	0,134 (1)	0,284 (1)	25	<0,05%
	Op. Planta	1,0162	0,639 (1)	1,368 (1)	25	<0,05%
SH <sub>2</sub> en ppm	Jefes	0,3276	0,192 (1)	0,454 (1)	10	<0,05%
	Op. planta	1,50	0,827 (1)	2,106	10	<b>0,41%</b>
Vapores orgánicos en mg/m <sub>3</sub>	Jefes	2,10	1,265 (2)	2,792 (2)	1.900	<0,05%
	Op. Planta	6,63	5,209 (3)	7,589 (3)	1.900	<0,05%

(1) para n = 8,  $I_c = y \pm 2,365 S/\sqrt{n-1}$ .

(2) para n = 9,  $I_c = y \pm 2,306 S/\sqrt{n-1}$ .

(3) para n = 16,  $I_c = y \pm 2,131 S/\sqrt{n-1}$ .

$I_c = CEL_m = X = \{\text{antilog}(y)\} (VL)$

Los valores 2,365, 2,306 y 2,131 se obtienen entrando en la tabla de la distribución t de Student con n-1 g.l. y 1/2  $\alpha = 0,025$ .

El hecho de que la probabilidad de exceder el valor límite TLV-TWA para el Sulfhídrico, en el Grupo de Exposición Homogéneo de los operadores de planta, supere el valor 0,1% (0,41%) obedece, fundamentalmente, a la circunstancia de que entre los períodos de muestreo seleccionados intencionadamente para el puesto de trabajo de operador de Light-End, se incluye la tarea de contraste de nivel que realiza este operario en la antorcha. Esta tarea supone un episodio de sobreexposición, de unos 10 minutos de duración, para este puesto de trabajo.

Las concentraciones de Sulfhídrico que suelen darse en la realización de esta tarea son importantes; si bien hay que señalar que la ubicación de la antorcha se encuentra alejada de los lugares de trabajo habitual, no afectando la sobreexposición al resto de puestos de trabajo de la planta.

#### Contraste con el valor límite TLV-STEL, para cortos períodos de exposición (estándar de 15 minutos).

Considerando los valores TLV-STEL que el criterio de valoración seleccionado para la evaluación de la exposición en este trabajo (TLV's de la ACGIH), ha adoptado para las sustancias Amoniaco y Sulfhídrico, se hace necesario verificar si los CEL's medidos en los puestos de trabajo,

durante períodos de 15 minutos, superan el valor límite establecido en cada caso.

Los intervalos de tolerancia del contraste con el valor límite se han calculado conforme a la siguiente expresión, para un nivel de confianza de 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

I. tolerancia (95%) =  $X \pm 1,645$  C.V. Siendo  $x = \text{CEL}$  máxima obtenido para el puesto de trabajo considerado;  $X = x/\sqrt{L}$  y

$$\text{C.V.} = \text{coeficiente de variación} = \frac{\text{Desviación típica poblacional}}{\text{Media poblacional}}$$

El valor de C.V. está estandarizado, en función del método de toma de muestras y análisis que se haya utilizado en la medición.

El C.V. para el método de medición del Amoniaco es de 0,05% (bombas con rotámetro). El C.V. para los tubos colorimétricos está establecida en 0,14.

En la siguiente tabla se presentan los valores estimados para los intervalos de tolerancia del contraste (inferior y superior) y para ambos agentes químicos (Amoniaco y Sulfhídrico).

■ **Tabla 27.** Contraste con el valor límite TLV-STEL

Agente químico	GEH	Puesto de trabajo	Turno	Concentración máxima	Intervalo inferior	Intervalo superior	TLV-STEL
Amoniaco en $\text{mg}/\text{m}^3$	Jefes	JS	M	2,50	0,022	0,126	24
	Op. Planta	SW	M	4,80	0,118	0,282	24
Ácido sulfhídrico en ppm	Jefes	JS	M	1,25	-	0,3136	15
	Op. Planta	SW	M	25,0	1,436	1,897	15

**Los episodios de sobreexposición a Sulfhídrico, seleccionados como períodos** de muestreo, provocan en este contraste el mismo efecto que en el caso del valor TLV-TWA, pero en este caso tienen mayor importancia, puesto que supera el valor STEL estableci-

do. No obstante, hay que señalar que la sobreexposición sólo afecta al puesto de trabajo del operador de planta de Light-Ends; el resto de los puestos que constituyen el GEH no se ven afectados por estos episodios de sobreexposición.



# 5. CONCLUSIONES

## ESTUDIO PILOTO

1. En base al análisis de las medidas de dispersión y tendencia central, (desviación geométrica estándar y media geométrica, respectivamente), realizado sobre los datos obtenidos en el estudio piloto, se concluye que la variabilidad de las Concentraciones de Exposición Laboral, en función del tiempo (distintas jornadas y turnos), no es significativa. Este análisis pone de manifiesto que el proceso está bien controlado y que las diferencias observadas pueden ser imputadas al azar.
2. El análisis de los datos sobre los CEL's verifica la hipótesis de que "los trabajadores que cubren un mismo puesto de trabajo en distintos turnos están sometidos a niveles de exposición similares". Los resultados del análisis de los datos apoyan la aceptación de esta hipótesis.
3. Las mediciones de exposición individual realizadas en el GEH - C (operador de control y jefe de planta), resultan poco significativas, no alcanzándose en la mayoría de ellas el nivel de detección del método analítico. En consecuencia, se concluye que los puestos de trabajo de jefe de planta y operador de control no presentan exposición laboral a la inhalación de agentes químicos.

En base a la conclusión anterior, estos dos puestos de trabajo se excluyen del estudio detallado, quedando reducido el número de grupos de exposición homogénea a sólo dos grupos.

4. Las diferencias observadas en los niveles de concentración media (CEL's media) entre los grupos "Jefes" y operadores de planta (OP), así como el análisis comparativo de los resultados entre ambos grupos, indican que se debe mantener la diferenciación por clasificación grupal, establecida entre ambos, para la realización del Estudio Detallado.

## VALORACIÓN INICIAL

5. En base a la información recabada sobre las sustancias que intervienen en el proceso de la planta y que se resumen en las Tablas VI, VII, VIII, XII y XIII, fundamentalmente; así como a los factores que configuran los distintos puestos de trabajo en estudio, resumidos en las Tablas X, XI y XIII y en las fichas de Condiciones de Trabajo y Descriptivos de Actividad del Anexo; se concluye que la exposición de los agentes químicos que se relacionan a continuación se encuentra muy por debajo del valor límite:

- Mercaptanos, en general.
- Metil-Mercaptano, en particular.
- Dióxido de Azufre.
- Dióxido de Carbono.
- Hidróxido Sódico (Nieblas).

Los agentes químicos relacionados anteriormente quedaron excluidos, por tanto, del estudio detallado, aunque serán tenidos en cuenta en la fase de Evaluación de la Exposición Laboral y Acciones a adoptar (Programa de Mediciones Periódicas). Se han excluido también del estudio detallado los asfixiantes simples (Etano, Metano, Propano y Propileno), por carecer de interés toxicológico.

6. El estudio básico que se contempla en la metodología como segunda etapa de la fase de valoración de la exposición, no se pudo realizar por no disponer de la información mínima para realizar estimaciones fiables de la exposición.

7. **Conclusiones de la Evaluación de la Exposición Laboral (EEL).** En la siguiente tabla se resumen las conclusiones sobre la Evaluación de la Exposición Laboral en el seno de cada GEH y para cada uno de los agentes químicos evaluados.

■ **Tabla 28.** Conclusiones de la EEL. Situación de exposición en función del nivel de probabilidad de exceder el valor límite "TLV-TWA"

Agente Químico	Grupo evaluado	Nivel de probabilidad	Situación de exposición
Amoniaco	GEH - J	P<0,1%	Verde
	GEH - OP	P< 0,1%	Verde
Monóxido de Carbono	GEH - J	P<0,1%	Verde
	GEH - OP	P<0,1%	Verde
Ácido Sulfhídrico	GEH - J	P<0,1%	Verde
	<b>GEH - OP</b>	<b>0,1% &lt; P &lt; 5%</b>	<b>Naranja</b>
Vapores Orgánicos	GEH - J	P<0,1%	Verde
	GEH - OP	P < 0,1 %	Verde

La exposición es en todo los casos (excepto para el Sulfhídrico en el GEH - OP) **muy inferior al valor límite** adoptado como criterio de valoración. No se precisan otras mediciones a no ser que se produzcan cambios significativos en las Condiciones de Trabajo.

En la condición de exposición de los operadores de planta a la inhalación de Sulfhídrico (Sulfuro de Hidrogeno), la exposición parece inferior al valor límite, pero esto debe ser confirmado mediante mediciones periódicas.

■ **Tabla 29.** Conclusiones de la EEL. Situación de exposición en base a la probabilidad de exceder en valor límite TLV-STEL

Agente químico	Grupo evaluado	Concentración del intervalo superior	TLV STEL	Situación de exposición
Amoniaco	GEH - J	3 mg/m <sup>3</sup>	24	Verde
	GEH - OP	6,7 mg/m <sup>3</sup>	24	Verde
Sulfhídrico	GEH - J	4,7 ppm	15	Verde
	<b>GEH - OP</b>	<b>Intervalo inferior superior al STEL</b>	<b>15</b>	<b>Roja</b>

La situación de sobreexposición a Sulfhídrico está muy localizada en un puesto de trabajo concreto y en una tarea identificada (contraste de nivel en la antorcha), la calificación de la situación **roja de exposición** afecta solo al operador de planta de Light-End, y sobre este puesto habrá que adoptar las medidas adecuadas para reducir la exposición tan pronto como sea posible.

8. Conclusión general sobre la aplicación del método propuesto en la Norma EN-689.

La metodología de evaluación utilizada parece muy apropiada para realizar evaluaciones en grandes empresas o plantas químicas en cuyos procesos intervienen gran número de agentes químicos y el número de trabajadores en plantilla es elevado.

En empresas de estas características, resultaría menos práctico la aplicación de la metodología tradicional de muestreo desarrollada en el manual NIOSH (Estrategia de muestreo y toma de decisión para la valoración del riesgo por exposición a contaminantes químicos); sobre todo por el riesgo de perder situaciones o episodios de sobreexposición en un muestreo aleatorio.

La metodología aplicada favorece además la **Evaluación Continua de la Exposición Laboral a Agentes Químicos**, así como un control dinámico del patrón de exposición.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Concluida la fase de Evaluación de la Exposición Laboral, y en orden a alcanzar el objetivo planteado, de elaborar un **Programa de Evaluación Continuada de Exposición Laboral por Inhalación de Agentes Químicos**, se hace necesario el diseño de un programa de mediciones periódicas que permita verificar la efectividad de las medidas de control establecidas, e informe sobre variaciones o tendencias en el **patrón de exposición**, a fin de adoptar medidas antes de que se produzcan situaciones de sobreexposición.

### PROGRAMA DE MEDICIONES PERIÓDICAS:

En primer lugar hay que recordar que este programa sólo afecta a las situaciones de Exposición "naranja". El resto de agentes químicos que se encuentren en situación verde no están, en principio, incluidos en el programa de mediciones periódicas a no ser que se modifiquen sustancialmente las condiciones de trabajo. Se utiliza la evaluación de la exposición potencial y los resultados del estudio detallado como situación de partida.

Se fija el valor de la "unidad de tiempo", para el programa de mediciones periódicas, en **una semana**, en base a:

- Las conclusiones de la evaluación inicial de la exposición laboral.
- Las características del proceso de la planta estudiada (proceso continuo y bien controlado).
- Disponibilidad inmediata de los resultados analíticos de la muestras que se planifiquen, al disponer la empresa de un completo laboratorio de análisis químico (Ver dotación de equipamiento del laboratorio en Anexo 15).

El esquema básico se modifica de acuerdo con los resultados de las mediciones previas, conforme a los criterios establecidos en la Tabla II del apartado de material y método.

Estableciendo como fecha de partida el día 1 de Enero de 1996, resultaría el siguiente programa de mediciones periódicas:

■ **Tabla 30.** Programa de mediciones periódicas

Agente químico considerado	GEH	Valor límite considerado	Frecuencia inicial	Fecha de medición	Resultado	Decisión
Ácido Sulfhídrico	OP	(10 ppm) TLV-TWA (8 horas)	8 Unidades (8 Semanas)	9-2-96	Situaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, (Ver Tabla II)	Conforme a la Tabla II y según sea la situación (1,2,6...)

### ESTRATEGIA DE MEDICIÓN:

En base a los resultados de la evaluación inicial de la Exposición Inicial, las mediciones a realizar el día 9 de Febrero de 1996 serán muestras personales sobre los 4 puestos de trabajo que constituyen el grupo de Exposición Homogénea de los operadores de planta. La

duración del período de muestreo no tiene porque abarcar el período completo de la jornada laboral, (ya que la variabilidad observada en las concentraciones, dentro de un mismo turno, es poco significativa); pero sea cual sea el tiempo de muestreo que se establezca para la primera medición este se mantendrá para las futuras mediciones.

En caso de no muestrear todos los puestos de trabajo, se seleccionaran aquellos que presentaron mayor nivel de exposición en la Evaluación Inicial de la Exposición Laboral (Operador de Light-Ends y Operador de aguas ácidas), que sería la "condición más desfavorable". De cualquier forma, los puestos de trabajo que se muestrean en la primera medición serán los que se muestren en las mediciones futuras.

El muestreo se realizará durante el turno de jornada ordinaria que se ha revelado como el de "mayor exposición", aunque las diferencias son poco significativas.

En función del resultado de esta primera medición del programa, se adoptará la decisión de modificar el esquema básico conforme a lo previsto en las columnas de resultado y decisiones de la Tabla II.

2. Se deben adoptar acciones inmediatas para mejorar la situación roja de sobreexposición que se da para el Ácido Sulfhídrico en el GEH de operadores de planta, y más concretamente en el puesto de trabajo de Operador de planta Light-Ends.

Las acciones preventivas deben recaer sobre la tarea de contraste de nivel de la antorcha que ha sido la única que ha presentado episodios de sobreexposición.

Una vez adoptadas las acciones preventivas sobre este puesto de trabajo, se deberá proceder a realizar una nueva Evaluación de la Exposición Laboral a la Inhalación de Sulfhídrico en el seno de GEH de operadores de planta para contrastar la conformidad de la exposición con el valor límite TLV-STEL. En consecuencia la duración de los períodos de muestreo será de 15 minutos; y (conforme a la Tabla A1 del Anexo A de la Norma EN-689) el

número mínimo de muestras a tomar en cada turno no será inferior a cuatro.

3. Se recomienda ampliar la información recogida en los profesiogramas que tiene elaborados el Servicio Médico de Empresa, en el sentido de incluir una historia laboral completa de cada trabajador que se actualizaría cada año; así mismo se debería incluir mayor información toxicológica sobre las sustancias manipuladas y los agentes químicos presentes en el ambiente laboral (TLV's, I.P.V.S, umbrales olfativos, CL50, etc.).
4. La coordinación entre el Servicio Médico de Empresa y los Servicios de Seguridad e Higiene de la Empresa debe ser total, a fin de conseguir que las acciones preventivas en el ámbito del control de la exposición laboral a la inhalación de agentes químicos alcance el mayor grado de eficacia y efectividad posibles.
5. Se recomienda la creación de un registro de la exposición laboral a los distintos agentes químicos presentes en el Complejo Petroquímico (el presente trabajo puede servir de base).

En el registro se archivarán todos los resultados que se obtengan en las evaluaciones iniciales de la Exposición Laboral a los distintos agentes químicos; así como los resultados de las mediciones periódicas. Sería deseable que el registro se informatizara, de tal manera que en un menú de entrada se pudiese seleccionar el puesto de trabajo a consultar y al aparecer este en pantalla nos suministrara toda la información disponible en relación con la exposición laboral de ese puesto de trabajo a los distintos agentes químicos que se encuentran presentes en la atmósfera de su lugar, zona o área de trabajo.



## 7. RESUMEN

El presente trabajo aborda el **diseño de un Programa de Evaluación Continuada de Exposición Laboral a Agentes Químicos**. La metodología utilizada para la evaluación inicial de la exposición laboral se basa en la Norma Europea EN-689. Entre los objetivos del trabajo figura la realización de una evaluación inicial de la exposición mediante un estudio higiénico detallado, cuya estrategia se diseña en base a los resultados de un estudio piloto que se realiza previamente sobre un programa de muestreo de 32 muestras de vapores orgánicos. En base a los resultados del estudio piloto y al análisis conjugado de las sustancias presentes en el ambiente laboral con los factores que configuran los distintos puestos de trabajo en estudio (Condiciones de Trabajo), se planifica un programa de muestreo (dentro del estudio detallado) para los siguientes agentes químicos: Amoniaco, Monóxido de Carbono y Ácido Sulfhídrico. Se

efectúan un total de 80 estimaciones de exposición individual en el seno de los tres grupos de Exposición Homogénea establecidos. Estos tres grupos se reducen a dos, tras el análisis de los resultados del estudio piloto. Entre las conclusiones, la más relevante es la que se refiere a la constatación de que la metodología aplicada (Norma EN-689) para la evaluación de la Exposición Laboral a la inhalación de agentes químicos resulta especialmente apropiada para grandes empresas y plantas químicas o petroquímicas con plantillas numerosas, procesos bien controlados y gran diversidad de sustancias químicas entre sus productos finales, intermedios y materia prima. Esta metodología permite además un control continuado de la exposición laboral, mediante **el Programa de Mediciones Periódicas** y favorece la creación de registros fiables de la exposición laboral.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- PROYECTO DE NORMA EUROPEA pr. EN-689 (C.E.N./C.T. 137).  
*ATMÓSFERAS EN EL LUGAR DE TRABAJO-Guía para la Valoración de la Exposición por Inhalación de Agentes Químicos, para la comparación con los Valores Límite, y para la estrategia de medición . Versión Francesa (Pr. EN-689/ Marzo 1992).*
- NORMA EUROPEA EN-689, (C.E.N./C.T. 137).  
*ATMÓSFERAS EN EL LUGAR DE TRABAJO-Guía para la Valoración de la Exposición por Inhalación de Agentes Químicos, para la comparación con los Valores Límite, y para la estrategia de medición. Versión Inglesa, (Pr. EN-689 / Abril 1994).*
- TRADUCCIÓN RESUMIDA DE LA NORMA EUROPEA EN-689, (C.E.N./C.T. 137).  
*Resumen, Traducción e Interpretación de la Norma Europea pr.EN-689, realizado por D. José Joaquín Moreno Hurtado -Jefe del Área de Higiene Industrial del C.S.H.T. de Cádiz-, (Tres documentos elaborados en Noviembre de 1994).*
- NORMA EUROPEA EN-489. PROYECTO DE NORMA ESPAÑOLA PNE/EN 489.  
*ATMÓSFERAS EN EL LUGAR DE TRABAJO - Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos. (23 de Diciembre de 1994).*
- Evaluación de la Exposición por comparación con los valores límite. Estrategia de muestreo. Pérez Álvarez, J. L. Jornada técnica sobre evaluación de la exposición a agentes químicos. Vizcaya, Junio 1994.
- Requisitos Generales de los procedimientos y equipos para la medida de Agentes químicos quinta San José, M. J. Jornada técnica sobre evaluación de la exposición a agentes químicos. Vizcaya, Junio 1994.
- Procedimientos y equipos para la medida de gases y vapores en aire: Requisitos específicos. Periago, F. Jornada técnica sobre evaluación de la exposición a agentes químicos. Vizcaya, Junio 1994.
- El desarrollo de la Normalización Europea en relación a la exposición de agentes químicos. Blazquez-Martín, A. Jornada técnica sobre la calidad en la evaluación de la exposición a agentes químicos. Vizcaya, Marzo 1990.
- Tejedor, J. N.; García, M. J. Estrategia de muestreo para la evaluación de la exposición laboral a contaminantes químicos. I.N.S.H.T. Madrid, 1994.
- Toxicología Laboral básica. I.N.S.H.T. Madrid, 1989.
- Análisis de contaminantes químicos en aire. I.N.S.H.T. Madrid, 1991.
- Calvo Gómez, F. Estadística Aplicada. Ediciones Deusto, S.A.
- Viedma Castaño, J. A. Métodos Estadísticos. Fundamentos y Aplicaciones. Ediciones del Castillo. Madrid, 1990.
- Halbach; Palaud; Schwedes and Wlotzke. Labour Law in Germany. An overview. Federal Ministry for Labour and social Affairs. Ed. Deadline, 1 July 1991.
- Estrategia de muestreo de agentes químicos, Manual N.I.O.S.H.
- Guía de riesgos químicos N.I.O.S.H./O.S.H.A., (traducción del N.I.O.S.H./O.S.H.A. Pocket Guide to chemical Hazards. Pub D.H.E.W. (N.I.O.S.H.) Nº 78-210). I.N.S.H.T. 1982.
- Métodos de toma de muestra y análisis. I.N.S.H.T. 1993.

- Métodos de toma de muestra de contaminantes químicos en aire. I.N.S.H.T. 1993.
- TLV's Valores Límites para sustancias químicas y Agentes Físicos y BEIS - Índices biológicos de exposición para 1995-1996. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I.H.) American Industrial Hygiene Association. Spanish Section.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft. Commission of Chemical compounds in the work area. Report nº 30.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales de 8 de Noviembre de 1995 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales B.O.E. nº 269 de 10 de Noviembre de 1995).
- Directiva del Consejo 89/391/CEE de 12.5 relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora y seguridad de la Salud de los trabajadores en el trabajo (D.O.C.E. nº L 183 de 29-6-1989).
- Directiva del Consejo 80/1107/CEE de 27.11 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo. (D.O.C.E. nº L 327 de 3-12-1980).
- Directiva del Consejo 88/642/CEE de 16.12 que modifica la Directiva 80/1107/CEE. (D.O.C.E. nº L 356 de 24-12-1988).
- Directiva de la Comisión 91/322/CEE de 29.5 relativa al establecimiento de valores límite de carácter indicativo, mediante la aplicación de la Directiva 80/1107/CEE del Consejo (D.O.C.E. nº L 177 de 5-7-1991).
- Turuguet Mayol, Domenech. Diferencia entre los MAK de la RFA (1982) y los TLV's de la ACGIH Americana (1982). Notas técnicas de prevención NTP 66/1983.
- Castellá López, J. L. Estadísticas y mediciones ambientales. Notas técnicas de prevención NTP 140/1985.
- Huici Montagud, A. Control biológico de Contaminantes químicos. Notas técnicas de prevención NTP 146/1985.
- Bartual Sánchez, J. Diferencia entre los MAK de la RFA (1986) y los TLV's de la ACGIH Americana (1986-1987). Notas técnicas de prevención NTP 162/1986.
- Piqué Ardanuy, T. Concentración "inmediatamente peligrosa para la vida o la Salud", (IPVS). Notas técnicas de prevención NTP 292/1991.
- Arenaz Erburu, J. C. Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas. Notas técnicas de prevención NTP 320/1993.
- Quintana San José, M. J. Evaluación de la exposición a agentes químicos. Situación y desarrollo de las normas nacionales y europeas. Salud y trabajo. 1992, nº 94.
- Bartual Sánchez, J. Nueva propuesta de Directiva de la CEE sobre protección de los trabajadores contra los riesgos químicos. Salud y trabajo. 1986, nº 55.
- Marqués, F; Galán, M; Ruiz Frutos, C. Valorar la Exposición Laboral. Un problema sin resolver, Salud y Trabajo. 1994, nº 101.
- Grau Ríos, M; Bartual Sánchez, J. Refundición de las Directivas 80/1107/CEE y 88/642/CEE, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos. Salud y trabajo. 1989, nº 73.
- Portillo Sosa, Jesús. Desarrollo de un sistema informático para la utilización en Higiene Industrial. I Conferencia Nacional de Higiene Industrial. (AIHA España) Madrid, Diciembre 1995, Tomo I, pag. 403-427.



**ANEXO I**  
**PROFESIOGRAMAS FACILITADOS POR EL SERVICIO**  
**MÉDICO DE EMPRESA ERTOIL S.A.**



DEFINICION PUESTO DE TRABAJO

DENOMINACION: OPERADOR FCC AREA A CODIGO: 9  
 DEFINICION:  
 FASE 1.: FASE 2.: FASE 3.:  
 TIPO DE JORNADA: 5 TURNOS TEMPERATURA: AMBIENTE ILUMINACION: NATURAL  
 RUIDOS: 83 DB. MAX.: 85 DB MIN.: 72 DB DOSIS: 79 DB.  
 ATMOSFERA: SUSTANCIAS QUE MANEJA:  
 CONT.: SH2 TLV: 0 ppm. 1.- HIPOCLORITO S  
 CONT.: SO2 TLV: 0 ppm. 2.- SILICE  
 CONT.: VAPOR. ORGANIC TLV: 0 ppm. 3.- PETROTEC4000K  
 CONT.: VAP. MERCAPTA TLV: 0 ppm. 4.- PETROTEC1306  
 CONT.: TLV: 0 ppm. 5.- ACD. SULFURICO  
 ESFUERZOS ESPECIALES.: NO  
 ERGONOMIA .....: SUBIDA ESCALERAS. TRAB. DE PIE.  
 RIESGOS .....: QUEMADURAS, CAIDAS.

PULSE UNA TECLA PARA SALIR

DEFINICION PUESTO DE TRABAJO

DENOMINACION: OPERADOR FCC AREA A CODIGO: 10  
 DEFINICION:  
 FASE 1.: FASE 2.: FASE 3.:  
 TIPO DE JORNADA: 5 TURNOS TEMPERATURA: AMBIENTE ILUMINACION: NATURAL  
 RUIDOS: 82 DB. MAX.: 84 DB MIN.: 81 DB DOSIS: 78 DB.  
 ATMOSFERA: SUSTANCIAS QUE MANEJA:  
 CONT.: SH2 TLV: 0 ppm. 1.- SOSA CAUSTICA  
 CONT.: SO2 TLV: 0 ppm. 2.- MEROX  
 CONT.: VAPOR. ORGANIC TLV: 0 ppm. 3.- UOP N° 5  
 CONT.: VAP. MERCAPTA TLV: 0 ppm. 4.- UCARSOL (AMINA)  
 CONT.: NINGUNO TLV: 0 ppm. 5.- AGUAS ACIDAS  
 ESFUERZOS ESPECIALES.: NO  
 ERGONOMIA .....:  
 RIESGOS .....:

PULSE UNA TECLA PARA SALIR





**ANEXO II**  
**MODELO DE FICHA TOXICOLÓGICA**





HOJA N°  
REVIS. N°  
FECHA

# HOJA INFORMATIVA DE PRODUCTO

**PRODUCTO**

**PROPIEDADES**

**PELIGROS: Inflamabilidad, Inhalación, Ingestión, Corrosión por Absorción Piel**



## PROCEDIMIENTO EN CASO DE EMERGENCIA

SI OCURRE ESTO ▼	HAGA ESTO ▼
FUEGO	
LÍQUIDO EN OJOS	
LÍQUIDO EN LA PIEL	
INHALACIÓN DE VAPOR	
PÉRDIDAS, DERRAMES, GOTEOS	





**ANEXO III**  
**CUESTIONARIO DE CONDICIONES DE TRABAJO**



## FICHA DE CONDICIONES DE TRABAJO

<i>EMPRESA:</i>	<i>CENTRO:</i>
<i>PLANTA:</i>	<i>Jefe de Planta:</i>
<b>1.- ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO:</b>	
<i>Plantilla Total:</i>	<i>Puestos de Trabajo:</i>
<i>Personal de día:</i>	<i>Personal a Turnos:</i>
<i>Horario de día:</i>	<i>Jornada Semanal:</i>
<i>Horario del Turno:</i>	
<i>Horario del Turno:</i>	<i>Jornada Semanal:</i>
<i>Horario del Turno:</i>	<i>Jornada Semanal:</i>
<i>Descansos establecidos:</i> <i>Turno:</i> <i>Turno:</i> <i>Turno:</i>	<i>Tiempo de Exposición estimado:</i> <i>- Diario:</i> <i>- Semanal:</i> <i>- Mensual:</i>
<i>Sistema de rotación establecido para el personal a turnos:</i>	<i>Grupos de Exposición Homogénea:</i>
<b>• OBSERVACIONES:</b>	

<b>2.- CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN:</b>	
• Año de entrada en Servicio:	• Actividad Principal:
• Producción diaria: • Producción anual:	• Duración del ciclo: • N.º de ciclos semanales:
• Breve descripción del proceso:	
• Unidades que integran la Planta:	
• Materias Primas, (Carga):	
• Productos Intermedios:	
• Productos Finales:	
• Residuales o Subproductos:	
• Contaminantes Químicos Identificados:	

<b>3.- INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO:</b>	
• <i>Superficie Total:</i>	• <i>Superficie espacios abiertos:</i>
• <i>Superficie espacios cerrados:</i>	• <i>Superficie espacios mixtos:</i>
• <i>Superficie de huecos practicables en:</i>	• <i>Volumetría de las siguientes zonas:</i>
• <i>Equipamiento Tecnológico del proceso industrial:</i>	
• <i>Sistemas establecidos de Control del Proceso:</i>	
• <i>Sistema establecido para el control de fugas:</i>	
• <i>¿Disponen de algún Sistema o Programa de medición de las Concentraciones ambientales?. (En caso afirmativo describirlo brevemente)</i>	

<b>4.- POSIBLES FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES. Identificación:</b>				
• <i>Emisiones a la atmósfera por Chimenea. Descripción cualitativa:</i>				
• <i>Altura de la Chimenea en metros:</i>				
• <i>Dirección de los vientos dominantes:</i>				
• <b>SISTEMA DE PURGAS DEL PROCESO DE LA PLANTA:</b>				
<i>Unidad</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Contaminante que se libera.</i>	<i>Frecuencia de las emisiones.</i>	<i>Altura de la Purga s/piso.</i>
• <b>SISTEMA ESTABLECIDO EN LA PLANTA PARA RECOGIDA DE MUESTRAS:</b>				
<i>Unidad</i>	<i>Ubicación de la Toma</i>	<i>Composición de la Muestra.</i>	<i>Periodicidad establecida.</i>	<i>Altura s/piso de la Toma.</i>
• <b>PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO EN LA PLANTA RECOGIDA DE MUESTRAS:</b>				
• <i>Breve descripción del procedimiento establecido:</i>				
• <i>¿Existe algún sistema establecido para la detección y el control de fugas al ambiente laboral?. En caso afirmativo describirlo brevemente:</i>				
• <i>¿Existe algún sistema automático para la detección de fugas al ambiente?</i>				
• <i>Identificación de puntos negros de fuga. Antecedentes:</i>				
• <i>Percepción organoléptica:</i>				

<b>5. MEDIDAS IMPLANTADAS PARA EL CONTROL DEL RIESGO HIGIÉNICO POR INHALACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS.</b>
<b>5.1.- Medidas de control ejercidas sobre el foco de generación o fuente de emisión del Agente Contaminante:</b>
¿El encerramiento del proceso se mantiene en todas sus fases?:
¿El proceso se controla en su totalidad mediante sistemas automáticos?:
¿Desde la entrada en servicio de la Planta se ha sustituido algún producto del proceso por otro en función de su toxicidad?:
¿Existen áreas o zonas de la planta en las que esté restringido el acceso de los operarios en base a la toxicidad, nocividad o peligrosidad de su atmósfera?:
¿Existe un programa de mantenimiento específico para la detección y eliminación de posibles fugas en los distintos componentes del proceso?, (conducciones, válvulas, etc...):
<b>5.2.- Medidas de control ejercidas sobre el medio de difusión o ambiente laboral.</b>
¿Cuál es el sistema de ventilación general establecido?:
¿Existe algún dispositivo de extracción localizada instalado en algún punto dentro del recinto de la Planta?:
• En caso afirmativo, ¿Cuál es su ubicación exacta?:
¿Qué contaminante se pretende capturar?:
• ¿Dispone la planta de algún sistema de medición directa, de la concentración de determinados contaminantes en el ambiente laboral?:
• En caso afirmativo, ¿Para qué contaminantes?:
¿Cuál es el sistema de medición implantado?
¿Se encuentra el sistema de medición asociado a dispositivos de alarma?
¿Existe un programa de control ambiental periódico?:

<b>5.3.- Medidas de control ejercidas sobre el receptor, (trabajadores expuestos).</b>
¿Cuando se incorpora un nuevo trabajador a la Planta, se le proporciona información escrita sobre la naturaleza de los riesgos higiénicos derivados de las sustancias que intervienen en el proceso y de su prevención más eficaz?
¿Existen en la planta fichas toxicológicas de las distintas sustancias que intervienen en el proceso a disposición de los trabajadores?:
¿Se contempla en el Convenio un determinado número de horas destinado a la formación del personal en materia de prevención?: • En caso afirmativo, ¿Qué tiempo se destina a esta actividad?:
¿Existe un Plan de Formación para el personal en materia de Seguridad, Salud Laboral y Prevención?:
¿Se ha realizado algún Curso específico sobre prevención de Riesgos Higiénicos? • En caso afirmativo, ¿Cuántos trabajadores de esta planta lo han realizado?: ¿Qué duración ha tenido, (expresado en horas lectivas)?: ¿En qué fecha se realizó el último Curso de estas características?: ¿Quién lo ha impartido?:
¿Se ha implantado alguna medida de carácter organizativo. (Reducción de la Jornada, rotación del personal, alternancia de tareas, etc...), orientada a reducir el tiempo de exposición de alguno de los puestos de trabajo o determinados Contaminantes Químicos?: • En caso afirmativo, describir el tipo de medida adoptada y su objetivo:
¿Es necesario el uso EPI's para la protección de las vías respiratorias en alguno de los puestos de trabajo o zonas de la planta?: • Caso afirmativo cuantificar el tiempo de uso efectivo del EPI:
¿Existe alguna zona o área de acceso restringido en la Planta, en las que se indique mediante la preceptiva señalización la obligatoriedad del uso de protección de las vías respiratorias?:
¿Los trabajadores han recibido algún tipo de instrucción sobre el uso adecuado y las limitaciones de las protecciones respiratorias de que disponen?:
• Describir brevemente el tipo de EPI's de vías respiratorias disponibles:

<b>6.- DAÑOS A LA SALUD. ANTECEDENTES EPIDEMIOLÓGICOS.</b>
• <i>Periodicidad de los Reconocimientos Médicos:</i>
• <i>Tipo de Reconocimiento Médico. (Específico o inespecífico):</i>
• <i>¿Quién realiza los Reconocimientos Médicos?:</i>
• <i>¿Existe un registro de las Enfermedades Profesionales detectadas en la Planta?:</i> • <i>En caso afirmativo, ¿quién lo lleva?:</i>
• <i>Cuando se produce una baja por Enfermedad Profesional, ¿se efectúa un estudio o investigación de las causas que la han originado?:</i> • <i>En caso afirmativo, ¿Quién realiza la investigación?:</i>
• <i>¿Cuántas Enfermedades Profesionales se han declarado en la Planta desde su entrada en servicio?:</i> • <i>Relacionar las más significativas:</i>
• <i>¿Cuál es el índice de absentismo laboral de esta planta?:</i> • <i>¿Cuál es el índice de absentismo laboral de la Empresa?:</i>
• <i>¿Se cumple la Normativa sobre Reconocimientos Médicos Específicos y con la periodicidad establecida para aquellos puestos de trabajo en los que exista exposición a sustancias con Reglamentación específica en nuestro O.J.?</i> – <i>AMIANTO:</i> – <i>BENCENO:</i> – <i>CLORURO DE VINILO:</i> – <i>PLOMO:</i>
• <i>¿Existe un Programa de seguimiento de la salud de los trabajadores que han pertenecido a la Empresa y se encuentra en situación de Jubilación?</i>
• <i>¿Se efectúan Reconocimientos Médicos previos a los Trabajadores de nuevo ingreso?:</i>
• <i>¿Existe un registro de la historia laboral de cada trabajador con indicación de las distintas actividades, puestos de trabajo y períodos de exposición a lo largo de su vida laboral?:</i>

Huelva, a día de de 1995





**ANEXO IV**  
**MODELOS DE FICHAS DESCRIPTIVAS DE ACTIVIDAD**  
**PARA CADA PUESTO DE TRABAJO**



## FICHA DE EXPOSICIÓN POTENCIAL POR PUESTOS DE TRABAJO

<i>EMPRESA:</i>		<i>FECHA:</i>	
<i>CENTRO:</i>		<i>HORARIO LAB.:</i>	
<i>PLANTA:</i>		<i>PLANTILLA:</i>	
<i>UNIDAD:</i>		<i>Nº OPERARIOS:</i>	
<i>TURNO:</i>		<i>USO DE EPI s:</i>	
<i>T. Exposic / día:</i>		<i>PRODUCCIÓN:</i>	
<i>T. Exp / semana:</i>		<i>DURACIÓN CICLO:</i>	
<i>T. Exposic / mes:</i>		<i>TIPO VENTILACIÓN:</i>	
<i>Persona entrevistada:</i>			
<i>PUESTO DE TRABAJO:</i>			
<i>DENOMINACIÓN DE LA TAREA</i>		<i>DURACIÓN</i>	<i>CONTAMINANTES</i>
<i>FOCOS DE EMISIÓN IDENTIFICADOS:</i>			
<i>OBSERVACIONES:</i>			





**ANEXO V**  
**CALENDARIO Y PROGRAMA DE MUESTREO**  
**PARA EL ESTUDIO PILOTO**



**ESTUDIO PILOTO.  
CALENDARIO DE MUESTREO PARA VAPORES ORGÁNICOS.**

FECHA	Día 2/10/95				Día 4/10/95				Día 6/10/95				Día 7/10/95				Total de muestras por puesto de trabajo.	Total de muestra por GEH.
	JO	M	T	N														
LETRA	-	C	A	E	-	D	C	A	-	B	D	C	-	E	B	D		
Jefe de Planta					X								X				2	7
Op. de Control			X			X					X	X		X			5	
Jefe de Área					X								X				2	9
Jefe de Sección					X								X				2	
Jefes de Sección			X			X					X	X		X			5	
Op. FCC <sub>1</sub>			X								X	X		X			4	16
Op. FCC <sub>2</sub>			X								X	X		X			4	
Op. LE			X								X	X		X			4	
Op. SW			X								X	X		X			4	
Total M. por turno			6		3	2					6	6	3	6			32	32
Total M. por día	6				5				12				9				32	





**ANEXO VI**  
**CALENDARIO Y PROGRAMA DE MUESTREO**  
**PARA EL ESTUDIO DETALLADO**



**CALENDARIO DE MUESTREO PARA EL ESTUDIO DETALLADO**

FECHA	Día 11/10/95			Día 12/10/95			Día 14/10/95			Día 17/10/95			Día 18/10/95			Día 20/10/95		
	JO	M	T															
LETRA		C	A	-	C	A	-	D	C	-	E	B	-	E	B	-	A	E
Jefe de Área	N			O			S			N			O			S		
Jefe de Sección en JO	N			O			S			N			O			S		
Jefe de Sección a T.		N	N		O	O		S	S		N	N		O	O		S	S
Op. FCC <sub>1</sub>		N			O			S			N			O				S
Op. FCC <sub>2</sub>			N		O			S			N			O				S
Op. LE			N		O			S			N			O			S	
Op. SW		N			O			S			N			O			S	
Total M. por turno	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3

**LEYENDA:**

- N = Amoníaco.
- O = Monóxido de Carbono.
- S = Ácido Sulhídrico.

Ciclos de turnos seleccionados: Del 11 al 20 de Octubre de 1995.

Números aleatorios obtenidos: 17, 12, 11, 18, 14 y 20.





**ANEXO VII**  
**PROGRAMA DE MUESTREO PARA EL ESTUDIO**  
**HIGIÉNICO DETALLADO**



**PROGRAMA DE MUESTREO PARA EL AMONIACO**

FECHA: 11 DE OCTUBRE DE 1995								
N° DE ORDEN DEL PERÍODO	JORNADA ORDINARIA		TURNO DE MAÑANA			TURNO DE TARDE		
	JA	JS	JS	FCC1	SW	JS	FCC2	LE
1	7	4	2	2	2	5	2	1
2	10	11	5	9	3	12	7	3
3	12	12	8	11	5	13	8	9
4	13	17	9	14	6	16	9	13
5	20	18	14	16	11	22	25	18
6	24	23	15	25	14	23	26	21
7	28	24	19	27	17	24	27	26
8	29	29	31	29	26	32	29	29
FECHA: 17 DE OCTUBRE DE 1995								
N° DE ORDEN DEL PERÍODO	JORNADA ORDINARIA		TURNO DE MAÑANA			TURNO DE TARDE		
	JA	JS	JS	FCC2	LE	JS	FCC1	SW
1	8	2	2	1	1	2	3	5
2	9	4	5	3	8	5	7	7
3	10	5	8	9	9	8	15	9
4	11	10	15	10	13	15	18	20
5	12	17	22	13	19	16	20	23
6	15	19	24	18	20	22	21	25
7	23	23	26	21	26	24	28	27
8	31	32	31	26	27	31	29	29

NOTA: Muestreo aleatorio simple sin reposición. Cada turno se divide en 32 períodos de 15 minutos y se enumeran del 1 al 32. Entrando en una tabla de números aleatorios se obtienen 8 períodos al azar. En cada turno se reservan dos períodos para incluir episodios de sobreexposición identificados.

Se ha utilizado este mismo procedimiento para seleccionar los períodos de muestreo de los agentes químicos Monóxido de Carbono y Ácido Sulfhídrico.

## DÍGITOS ALEATORIOS

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00000	10097	32533	76520	13586	34673	54876	80959	09117	39292	74945
00001	37542	04805	64894	74296	24805	24037	20636	10402	00855	91665
00002	08422	68953	19645	09303	23209	02560	15953	34764	35080	33606
00003	99019	02529	09376	70715	38311	31165	88676	74697	04436	27659
00004	12807	99970	80157	36147	64032	36653	98951	16877	12171	76833
00005	66065	74717	34072	76850	36697	36170	65813	39885	11199	29170
00006	31060	10805	45571	82406	35303	42614	86799	07439	23403	09732
00007	85269	77602	02051	65692	68665	74818	73053	85247	18623	88579
00008	63573	32135	05325	47048	90553	57548	28468	28709	83491	25624
00009	73796	45753	03529	64778	35808	34282	60935	20344	35273	88435
00010	98520	17767	14905	68607	22109	40558	60970	93433	50500	73998
00011	11805	15431	39808	27732	50725	68248	29405	24201	52775	67851
00012	83452	99634	06288	98083	13746	70078	18475	40610	68711	77817
00013	88658	40200	86507	58401	36766	67951	90364	76493	29609	11602
00014	99594	67348	87517	64969	91826	08928	93785	61368	23478	34113
00015	65481	17674	17468	50950	58047	76974	73039	57186	40218	16544
00016	80124	35635	17727	08015	45318	22374	21115	78253	14385	53763
00017	74350	99817	77402	77214	43236	00210	45521	64237	96286	02655
00018	69916	26803	66252	29148	36936	87203	76621	13990	94400	56418
00019	09893	20505	14225	68514	46427	56788	96297	78822	54382	14598
00020	91499	14523	68479	27686	46162	83554	94750	89923	37089	20048
00021	80336	94598	26940	35858	70297	34135	53140	33340	42050	82341
00022	44104	81949	85157	47954	32979	26575	57600	40881	22222	06413
00023	12550	73742	11100	02040	12860	74697	96644	89439	28707	25815
00024	63606	49329	16505	34484	40219	52563	43651	77082	07207	31790
00025	61198	90446	26457	47774	51924	33729	65394	59593	42582	60527
00026	15474	45266	95270	79953	59367	86848	82396	10118	33211	59466
00027	94557	28573	67897	54387	54622	44431	91190	42592	92927	45973
00028	42481	16216	97344	08721	16868	48767	06071	12059	257041	46670
00029	23523	78317	732508	89837	68935	91416	26252	29663	05522	82562
00030	04493	52494	75246	33824	45862	51025	61962	79335	65337	12472
00031	00549	97654	64051	88159	96119	63896	54692	82391	23287	29529
00032	35963	15307	26898	09354	33351	35462	77974	50024	90103	39333
00033	59808	08391	45427	26842	83609	49700	13021	24892	78565	20106
00034	46058	85236	01390	92286	77281	44077	93910	83647	70617	42941
00035	32179	00597	87379	25241	055677	07007	86743	17157	85394	11838
00036	69234	61406	20117	45204	15956	60000	18746	92426	97118	96338
00037	19565	41430	01758	75379	40419	21585	66674	36806	84962	85207
00038	45155	14938	19476	07246	43667	94543	59047	90033	20826	69541
00039	94864	31994	36168	10851	34888	81553	01540	35456	05014	51176



**ANEXO VIII**  
**TABLA DE MUESTREO.**  
**MEDICIÓN DE 80 EXPOSICIONES INDIVIDUALES.**  
**DISTRIBUCIÓN POR PUESTOS DE TRABAJO**  
**Y AGENTE QUÍMICO MUESTREADO**



**NÚMERO DE CONCENTRACIONES DE EXPOSICIÓN LABORAL OBTENIDAS O ESTIMADAS. DISTRIBUCIÓN POR PUESTOS DE TRABAJO Y AGENTE QUÍMICO**

PUESTO DE TRABAJO	AGENTES QUÍMICOS MUESTREADOS.				
	AMONIACO	MONÓXIDO DE CARBONO	ÁCIDO SULFÚDRICO	VAPORES ORGÁNICOS	TOTAL
Jefe de Planta	—	—	—	2	2
Jefe de Área	2	2	2	2	8
Jefe de Sección en J. Ordinaria	2	2	2	2	8
Jefe de Sección a turnos	4	4	4	5	17
Operador de control	—	—	—	5	5
Operador de Planta FCC1	2	2	2	4	10
Operador de Planta FCC2	2	2	2	4	10
Operador de Planta LE	2	2	2	4	10
Operador de Planta SW	2	2	2	4	10
<b>TOTALES</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>80</b>





**ANEXO IX**  
**FICHAS PARA EL MUESTREO**  
**DE CAMPO Y LA EVALUACIÓN**  
**DE LA EXPOSICIÓN LABORAL**





### FICHA PARA MUESTREO DE CAMPO

<b>EMPRESA:</b>				<b>CONTAMINANTE:</b>					
<i>Método de T. de Mta.</i>		<i>Tipo de Muestreador</i>		<i>Método de Análisis</i>		<i>TLV-TWA</i>	<i>STEL</i>		
<b>1.- DATOS DEL PUESTO DE TRABAJO Y DEL TRABAJADOR</b>									
• <i>Centro de T.:</i>				<i>FECHA:</i>					
• <i>Planta:</i>				<i>Turno:</i>					
• <i>Unidad:</i>				<i>T. expos.:</i>					
• <i>Puesto de Trabajo:</i>				<i>Código PT:</i>					
• <i>Operario:</i>				<i>Código OP:</i>					
<b>2.- DATOS Y CONDICIONES DEL MUESTREO</b>									
<i>Nº Orden</i>	<i>Código Muestra</i>	<i>Identif. BOMBAS</i>	<i>CALIBR.</i>		<i>CAUDAL (l.p.m.)</i>	<i>T. Mireo</i>		<i>Duración Muestreo</i>	<i>Volumen Muestreado, (lts.)</i>
			<i>Inc</i>	<i>Fin</i>		<i>H.i</i>	<i>H.f</i>		
<b>3.- DATOS DE LA DETERMINACIÓN ANALÍTICA</b>									
<b>RESULTADOS:</b>				<i>Análisis Solicitado:</i>					
<i>Muestra</i>	<i>Cantidades en mg./muestra</i>			<i>CONCENTRACIONES</i>		<i>BLANCO</i>			
	<i>1ª</i>	<i>2ª</i>	<i>Blanco</i>	<i>mg./m³</i>	<i>p.p.m.</i>	<i>mg./m³</i>	<i>p.p.m.</i>		
<i>Concentraciones Medias, (mg./m³ o ppm).</i>									
<b>- OBSERVACIONES:</b>									
• <i>Dirección Vtos.:</i>									
• <i>Temperatura.:</i>									
• <i>Humedad Rel.:</i>									
<i>Nombre y Firma del Higienista:</i>									

## FICHA PARA MUESTREO DE CAMPO MEDIANTE CAPTADORES PASIVOS

<i>EMPRESA:</i>				<i>CONTAMINANTE:</i>			
<i>Método de T. de Mta.</i>		<i>Tipo de Muestreador:</i>		<i>Método de Análisis:</i>		<i>TLV-TWA</i>	<i>STEL</i>
<b>1.- DATOS DEL PUESTO DE TRABAJO Y DEL TRABAJADOR</b>							
• <i>Centro de T.:</i>						<i>FECHA:</i>	
• <i>Planta:</i>						<i>Turno:</i>	
• <i>Unidad:</i>						<i>T. expos.:</i>	
• <i>Puesto de Trabajo:</i>						<i>Código PT:</i>	
• <i>Operario:</i>						<i>Código OP:</i>	
<b>2.- DATOS Y CONDICIONES DEL MUESTREO</b>							
<i>Nº de Orden</i>	<i>Nº Refer. Monitor.</i>	<i>Tipo de Monitor</i>	<i>Hora de Inicio</i>	<i>Hora de Finalizac.</i>	<i>Duración Muestreo</i>	<i>Temperat. Ambiente</i>	<i>Humedad Relativa.</i>
<b>3.- DATOS DE LA DETERMINACIÓN ANALÍTICA</b>							
<b>RESULTADOS:</b>				<i>Análisis Solicitado:</i>			
<i>Muestra</i>	<i>Cantidades en mg./muestra</i>			<i>CONCENTRACIONES</i>		<i>BLANCO</i>	
	<i>1ª</i>	<i>2ª</i>	<i>Blanco</i>	<i>mg./m³</i>	<i>p.p.m.</i>	<i>mg./m³</i>	<i>p.p.m.</i>
<i>Concentraciones Medias, (mg./m³ o ppm).</i>							
<b>- OBSERVACIONES:</b>							
<i>Nombre y Firma del Higienista:</i>							

## FICHA DE EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL

<b>EMPRESA:</b>			<b>CONTAMINANTE:</b>			
<i>Método de T. de Mtra.</i>	<i>Tipo de Muestreador</i>	<i>Método de Análisis</i>	<i>TLV-TWA</i>	<i>STEL</i>		
<b>1.- DATOS RELATIVOS AL GRUPO DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA, (G.E.H.)</b>						
• <i>Centro de Trabajo:</i>						
• <i>Planta:</i>						
• <i>Unidades afectadas:</i>						
• <i>Instalaciones afectadas:</i>						
• <i>Tareas muestreadas, (episodios de sobreexposición):</i>						
• <i>Puestos de Trabajo incluidos en el G.E.H.:</i>						
• <i>Turnos muestreados:</i>						
• <i>Número de Trabajadores del G.E.H.:</i>			• <i>Código de Identif. del G.E.H.:</i>			
<b>2.- DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN LABORAL.</b>						
<i>FECHA Muestreo</i>	<i>CODIGO Muestra.</i>	<i>CONCENTRACIONES</i>		<i>MEDIA</i>		<i>OBSERVACIONES</i>
		<i>mg./m<sup>3</sup></i>	<i>p.p.m.</i>	<i>mg./m<sup>3</sup></i>	<i>p.p.m.</i>	
• <i>Número de muestras efectuadas:</i>			• <i>Nº de CCEL estimadas:</i>			
• <i>Intervalo de Concentraciones:</i>			• <i>CELm/VL:</i>			
• <i>Media Geométrica, (GM.):</i>			• <i>D.G.S.:</i>			
• <i>Bondad del ajuste de la D.Log-N.:</i>			• <i>Prob. de Sobreexposición:</i>			
• <b>CONCLUSIÓN, (clasificación de la Exposición Evaluada):</b>						



**ANEXO X**  
**PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO DEL GRÁFICO**  
**DE PROBABILIDAD ACUMULADA**



## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS MEDIANTE GRÁFICOS DE PROBABILIDAD ACUMULADA

La utilización de gráficos de probabilidad acumulada es un procedimiento para comprobar que los datos de exposición se ajustan a la distribución Log-Normal, calcular la media y la desviación estándar de los mismos y la probabilidad de que se exceda el valor límite para el agente químico considerado en el seno de un GEH.

*Los pasos a seguir son los siguientes:*

- 1.- Dentro de cada GEH y para cada agente químico, se ordenan los datos obtenidos en las mediciones (CEL's) de menor a mayor.
- 2.- Con el número de resultados (CEL's) obtenidos (n) se entra en unas tablas de "funciones de probabilidad normal" (como las que se adjuntan en este Anexo), para determinar la posición "P" que le corresponde en el gráfico de probabilidad a cada una de las CEL's ordenadas.
- 3.- El gráfico de probabilidad se construye situando sobre la escala logarítmica del eje de ordenadas las CEL's, obtenidas como resultado de las mediciones, y se le asigna a cada una la posición "P" que le corresponda sobre la escala gaussiana del eje de abscisas, de acuerdo con la tabla de funciones de probabilidad normal utilizada según el punto anterior.
- 4.- Una vez situados los puntos sobre el gráfico, se traza la línea recta que mejor se ajuste a los puntos, despreciando los que se encuentren fuera del intervalo de probabilidad 1-99% y prestando especial atención a los comprendidos entre el 20-80 %.
- 5.- Si los datos no se ajustan a una línea recta, es que no se ajustan a una distribución Log-normal, o bien que pertenece a más de una población.
- 6.- La media geométrica es el valor que corresponde en la recta a la probabilidad del 50%.
- 7.- La desviación estándar geométrica (DSG), se calcula de la siguiente manera, utilizando el gráfico de probabilidad:

$$DSG = \frac{\text{El valor que corresponde a } P = 84,1\%}{\text{El valor que corresponde a } P = 50\%}$$

- 8.- Las representaciones se pueden utilizar para comparar datos de exposición con un valor límite a un cierto nivel de probabilidad (por ejemplo al 90%), o bien para estimar el porcentaje de exposiciones que probablemente excedan un determinado valor. Se recomienda utilizar un mínimo de siete datos para este tipo de cálculo.





**ANEXO XI**  
**PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA ESTIMAR**  
**LA PROBABILIDAD DE EXCEDER EL VALOR LÍMITE**



**PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO UTILIZADO PARA ESTIMAR LA PROBABILIDAD  
DE QUE SE SUPERE EL VALOR LÍMITE**

**- Premisas estadísticas.**

- **Población:** Número infinito de CEL's representativas del grupo GEH que se dan a lo largo del tiempo, para un agente químico dado.
- **Muestra:** Número de mediciones de la concentración ambiental realizadas aleatoriamente para determinar la exposición de un GEH a un determinado agente químico.

La variable observada es la concentración ambiental (CEL) y se trata de una variable cuantitativa continua.

Se ha demostrado experimentalmente que la concentración medida durante un determinado ciclo de trabajo es una variable aleatoria que sigue una distribución de probabilidad Log-Normal.

Una variable estadística X sigue la ley Log-Normal si su logaritmo sigue la ley normal.

En la distribución normal, la curva de función de distribución queda determinada por dos parámetros, la media y la desviación típica.

**- Parámetros (valores de la población):**

$\mu$  : Media de la población.

$\delta$  : Desviación típica de la población.

**- Estimadores (estadísticos):**

X: Media muestral (medida de tendencia central).

S: Desviación típica muestral (medida de dispersión).

**Contraste con el valor límite TLV-TWA, para 8 horas**

**Datos:**

$X_i$  = CEL's medidas o estimadas en el GEH (un mínimo de 6 medidas).

$$xi = \frac{X_i}{VL}, \quad xi = \text{concentración relativa.}$$

Esta operación se hace para independizar la concentración del tipo de contaminante y simplificar los cálculos.

$Y_i = \text{Log } x_i$ , Se calcula el logaritmo a todas y cada una de las CEL's.

$$Y = \frac{Y_i}{n} \quad ; \text{ siendo "n" el tamaño muestral.}$$

$$S = \frac{\sum (y - Y)^2}{n - 1}$$

"S", cuasi desviación típica de "Y" en la muestra, es el estimador natural de  $\delta$ , desviación típica de "Y" en la población.

#### *Razonamientos estadísticos.*

Si X se distribuye Log-normalmente, "Y" tendrá, en principio, una distribución normal, con media  $\mu$  y desviación típica  $\delta$ . Pero si  $\delta$  es desconocida, como ocurre habitualmente en la práctica, y se estima mediante "S", a partir de una muestra pequeña ( $n < 30$ ), entonces la distribución con la que se trabaja, para inferir a cerca de la media, no será la distribución **normal** sino una distribución t de Student con n-1 grados de libertad.

En cualquier caso, la probabilidad de que "Y" supere el valor límite (VL) será idéntica a la de obtener un valor para  $Y \leq Y$  en una distribución análoga a la de "Y" y de la misma desviación típica, pero de media cero ( $\text{Log VL/VL} = 0$ ).

Para hallar tal probabilidad tipificamos Y, según la fórmula que corresponda:

$$Z = \frac{Y - 0}{S} \quad ; \text{ para cualquier tamaño muestral.}$$

$$Z = \frac{Y - 0}{S} \quad ; \text{ para } n > 30.$$

$$Z = \frac{Y - 0}{S} \quad ; \text{ para } n < 30.$$

La probabilidad de "Z" se busca en la tabla de la distribución normal N (0,1), y la de "t" en la de la distribución "t de Student" para n-1 grados de libertad.

Entrando en una tabla de la distribución de t de student (como la que se adjunta en este anexo), obtenemos la probabilidad  $p = \alpha$ , ó nivel de significación del contraste; es decir,  $p$  (rechazar  $H_0$ / cuando  $H_0$  es cierta) =  $p(u > u_0 / u < u_0)$ .

La norma EN-689 describe en su **Anexo D** un proceso de comparación de los CEL's con los valores límite. En el apartado "d" del epígrafe D-2 (mediciones en el puesto de trabajo), se indica que: "una vez que el modelo de distribución ha sido ajustado, se debe calcular la probabilidad de exceder el valor límite, **con su intervalo de confianza**", pero no describe ningún procedimiento para calcular dicho intervalo.

Se entiende que el intervalo de confianza al que se refiere el citado anexo, es al intervalo de estimación en el que se debe encontrar el verdadero valor de la CEL, con el nivel de confianza utilizado; ya que el concepto de intervalo de confianza, en estadística, no se aplica a una probabilidad sino a un parámetro que ha sido estimado mediante su estadístico o estimador natural.

En consecuencia, se han calculado los intervalos de confianza de la CEL media estimada mediante mediciones en el seno de cada GEH y para cada agente considerado. Estos intervalos de confianza se calculan, por el procedimiento que a continuación se describe, al objeto de obtener mayor información a cerca del verdadero valor de las CEL's estimadas.

***Cálculo del intervalo de confianza para las CEL's estimadas***

El intervalo de confianza de la estimación de un parámetro viene dado por las puntuaciones directas entre las cuales afirmamos, a un determinado nivel de confianza, que se encuentra el parámetro que estamos considerando.

El parámetro que estamos considerando en este caso es la Concentración de la Exposición Laboral (CEL) en cada GEH y para cada agente químico.

Si el tamaño muestral "n" es menor de 30, no se puede asumir una distribución normal de la variable X, sino la distribución "t de Student". En tal caso, los valores UCL y LCL del intervalo de confianza se calculan de acuerdo a las siguientes fórmulas, para un nivel de significación

$\alpha = 0,05$  (5%).

$$UCL (95\%) = X + t_{\alpha/2;n-1} \frac{S}{\sqrt{n-1}}$$

$$LCL (95\%) = X - t_{\alpha/2;n-1} \frac{S}{\sqrt{n-1}}$$

***Contraste con valor límite TLV - STEL (estándar para 15 minutos).***

El método que se aplica está basado en los resultados de la toma de muestras y consiste en un contraste de hipótesis con prueba unilateral (para una sola cola).

*a. Datos necesarios:*

Xn: Concentración media de cada período de 15 minutos para el agente químico considerado.

CV: Coeficiente de variación del método de toma de muestras y análisis.

VL: Estándar para 15 min. (TLV - STEL).

*b. Seleccionar la concentración máxima obtenida X para cada agente químico y en cada GEH.*

*c. Calcular la máxima concentración relativa al valor límite STEL.*

$$x = \frac{X}{\text{STEL}}$$

*d. Calcular los valores del intervalo de confianza para = 0,05 (5%).*

UCL (95%) =  $x + 1,645 \text{ CV}$

LCL (95%) =  $x - 1,645 \text{ CV}$ .

Como el intervalo de confianza se calcula para el parámetro X/VL (valor relativizado), la toma de decisión se hará comparando los valores de los límites superior (UCL) e inferior (LCL) del intervalo con la unidad.

*e. Decisión:*

Si  $LCL > 1$  se puede afirmar, con el nivel de confianza elegido, que la CEL supera el VL.

Si  $LCL < 1 < UCL$  no es posible decidir si se supera o no el VL, con el nivel de confianza elegido. Situación de indefinición.

Si  $UCL < 1$  puede afirmarse, con el nivel de confianza seleccionado, que la concentración ambiental (CEL) no supera el VL (STEL).

*f. Si el resultado de la decisión es de **no conformidad** con el valor límite, es decir, se supera el STEL, el procedimiento finaliza aquí.*

Si el resultado es de **conformidad** con el valor límite se tendrá que aplicar el método que considera los períodos no muestreados de posible concentración máxima.

En el presente estudio no se ha considerado la aplicación de este método, al asumir que el período de 15 minutos en el que la concentración ambiental es máxima ha sido incluido en el programa de muestreo efectuado; ya que en la selección aleatoria de los períodos a muestrear se reservaron dos, al objeto de incluir intencionadamente los períodos o episodios identificados como de máxima exposición.



**ANEXO XII**  
**RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO**



RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO				
Agente Químico: BUTANO / GEH-C				
Puesto de Trabajo: Operador de Control				
TURNO	CEL	Log. de		0,00
Jor./Letra	mg./m.c.	CEL		
T/D	1,20	0,08		
N/C	1,20	0,08		
M/E	0,60	(0,22)		
T/A	1,80	0,26		
M/D	0,80	(0,10)		
Media =	1,12	0,02	G.M. =	1,04
Desv. T. =	0,18		DGS =	1,53

RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO				
Agente Químico: Butano / GEH-J				
Puesto de Trabajo: Jefe de Sección				
TURNO	CEL	Log. de		
Jor./Letra	mg./m.c.	CEL		
T/D	4,20	0,62		
N/C	1,80	0,26		
M/E	3,50	0,54		
T/A	1,80	0,26		
M/D	1,60	0,20		
Media =	2,58	0,38	G.M. =	2,38
Desv. T. =	0,19		D.G.S =	1,56

RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO				
Agente Químico: Butano / GEH-OP				
Puesto de Trabajo: Operador de Planta FCC-1				
TURNO	CEL	Log. de		
Jor./Letra	mg./m.c.	CEL		
T/D	3,50	0,54		
N/C	4,70	0,67		
M/E	5,00	0,70		
T/A	3,80	0,58		
Media =	4,25	0,62	G.M. =	4,20
Desv. T. =	0,07		D.G.S =	1,18

<b>RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO</b>					
<b>Agente Químico: Butanol/GEH-OP</b>					
<b>Turno de Tarde/Letra D</b>					
Puesto	CEL	Log. de			
de Trabajo	mg./m.c.	CEL			
FCC-1	3,50	0,54			
FCC-2	4,70	0,67			
L.E.	9,00	0,95			
S.W.	7,60	0,88			
Media =	6,20	0,76	G.M. =	5,79	
Desv. T. =	0,19		DGS.	1,54	
<b>Turno de Noche/Letra C</b>					
Puesto	CEL	Log. de			
de Trabajo	mg./m.c.	CEL			
FCC-1	4,70	0,67			
FCC-2	4,50	0,65			
L.E.	8,50	0,93			
S.W.	6,10	0,79			
Media =	5,95	0,76	G.M. =	5,75	
Desv. T. =	0,13		DGS.	1,34	
<b>Agente Químico: Butanol/GEH-OP</b>					
<b>Turno de Mañana/Letra E</b>					
Puesto	CEL	Log. de			
de Trabajo	mg./m.c.	CEL			
FCC-1	5,00	0,70			
FCC-2	6,80	0,83			
L.E.	10,10	1,00			
S.W.	9,40	0,97			
Media =	7,83	0,88	G.M. =	7,54	
Desv. T. =	0,14		DGS.	1,38	
<b>Turno de Tarde/Letra A</b>					
Puesto	CEL	Log. de			
de Trabajo	mg./m.c.	CEL			
FCC-1	3,80	0,58			
FCC-2	5,65	0,75			
L.E.	8,10	0,91			
S.W.	8,60	0,93			
Media =	6,54	0,79	G.M. =	6,22	
Desv. Típico =	0,16		DGS.	1,46	



**ANEXO XIII**  
**CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE LOS DATOS**  
**A LA DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL**



## CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE LOS DATOS A LA DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL

En las Tablas de este anexo se presentan los datos de las CEL's, ordenados de menor a mayor, al objeto de determinar la posición "P" que les corresponden en el gráfico de probabilidad (eje de abscisas). Las concentraciones se representan en la escala logarítmica del eje de ordenadas y los puntos de posición "P" en la escala Gaussiana del eje de ordenadas. Representado así cada conjunto de datos (uno en cada grupo de exposición homogénea y por cada agente químico), se procede a verificar el ajuste a la distribución Log-Normal. A tal efecto, se traza la línea recta que mejor se ajuste a los puntos representados despreciando los que se encuentren fuera del intervalo 1-99% y prestando especial atención a los comprendidos entre el 20-80%.

Si los datos no se ajustan a una línea recta, es que no se ajustan a la distribución Log-Normal, o bien que pertenecen a más de una población.

En este anexo figuran asimismo los gráficos de bondad del ajuste a la distribución Log-Normal de las CEL's estimadas, realizados mediante los test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks.

### *AGENTE QUÍMICO: VAPORES ORGÁNICOS (BUTANO)* *Coordenadas para el gráfico de probabilidad*

<i>GEH-JEFES</i>		
<i>ORDEN</i>	<i>CEL's en mg/m<sup>3</sup></i>	<i>POSICIÓN "p"</i>
1	1,0	6,9
2	1,0	17,6
3	1,6	28,4
4	1,6	39,2
5	1,8	50,0
6	1,8	60,8
7	2,4	71,6
8	3,5	82,4
9	4,2	93,1

**AGENTE QUÍMICO: VAPORES ORGÁNICOS (BUTANO)**  
*Coordenadas para el gráfico de probabilidad*

<i>GEH-OPERADORES DE PLANTA</i>		
<i>ORDEN</i>	<i>CEL's mg/m<sup>3</sup></i>	<i>POSICIÓN "p"</i>
1	3,5	3,9
2	3,8	9,9
3	4,5	16,1
4	4,7	22,3
5	4,7	28,4
6	5,0	34,6
7	5,65	40,7
8	6,10	46,9
9	6,80	53,1
10	7,60	59,3
11	8,10	65,4
12	8,50	71,6
13	8,60	77,7
14	9,0	83,9
15	9,40	90,1
16	10,10	96,1

**AGENTE QUÍMICO: AMONIACO**

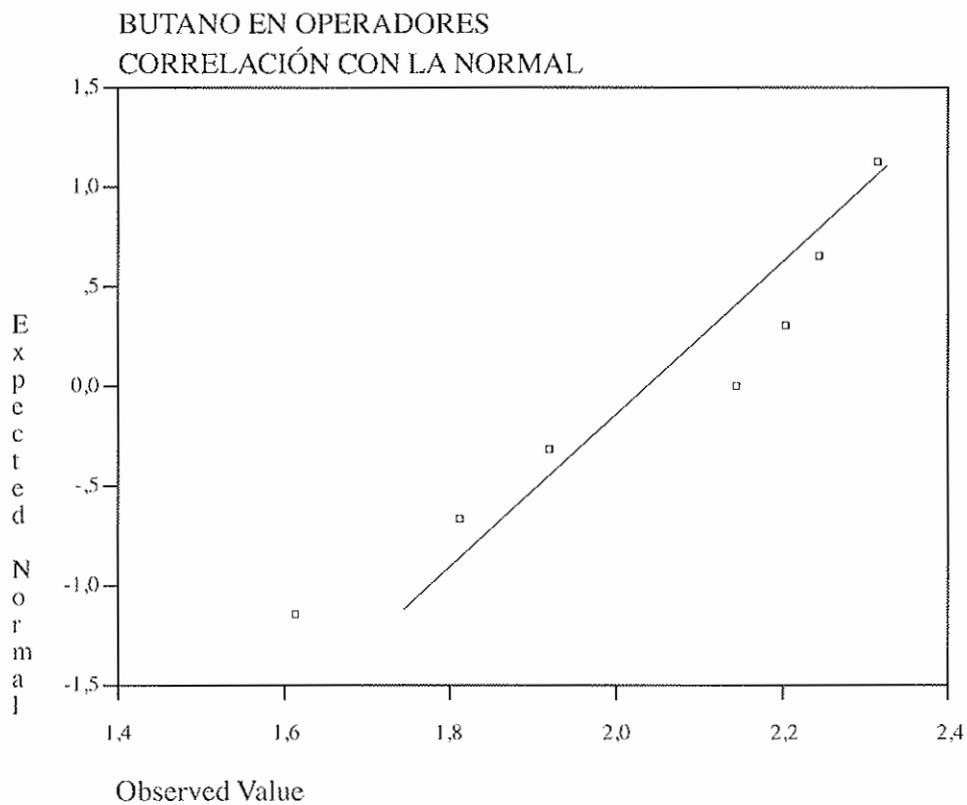
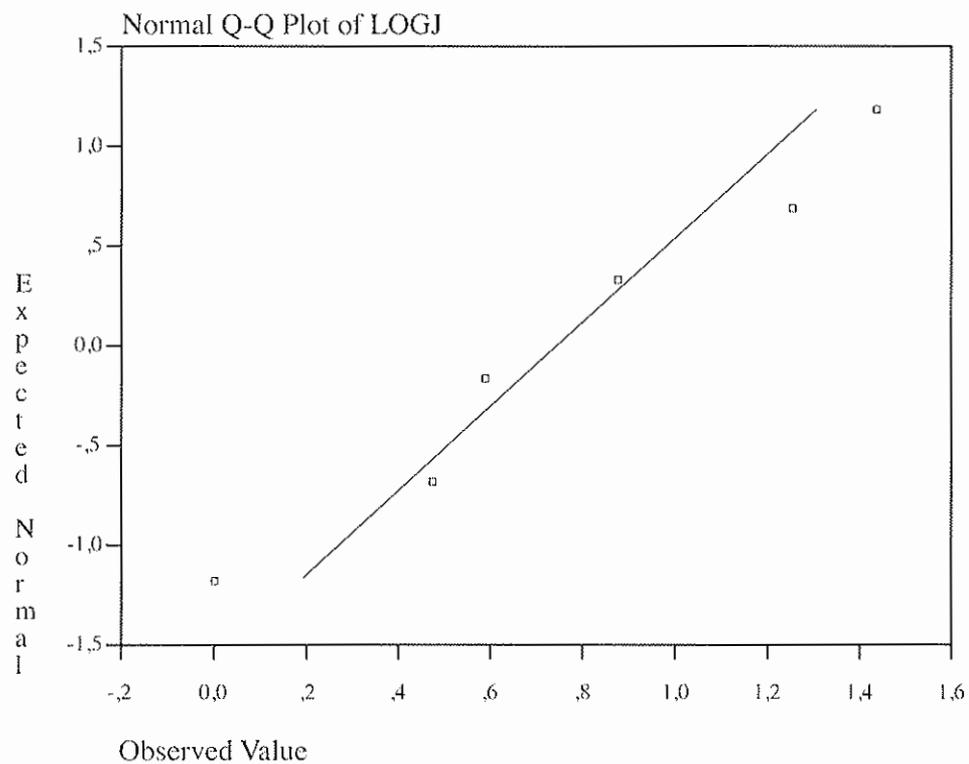
<i>GRUPO DE JEFES</i>			<i>GRUPO DE OPERADORES DE PLANTA</i>		
<i>ORDEN</i>	<i>CEL's mg/m<sup>3</sup></i>	<i>POSICIÓN "p"</i>	<i>ORDEN</i>	<i>CEL's mg/m<sup>3</sup></i>	<i>POSICIÓN "p"</i>
1	0,186	7,7	1	0,476	7,7
2	0,192	19,7	2	0,585	19,7
3	0,210	31,8	3	0,632	31,8
4	0,215	43,9	4	0,640	43,9
5	0,254	56,1	5	0,770	56,1
6	0,320	68,2	6	0,845	68,2
7	0,356	80,3	7	1,150	80,3
8	0,521	92,3	8	1,325	92,3
<i>CEL's m = 0,28175 mg/m<sup>3</sup></i>			<i>CEL's m = 0,8028 mg/m<sup>3</sup></i>		

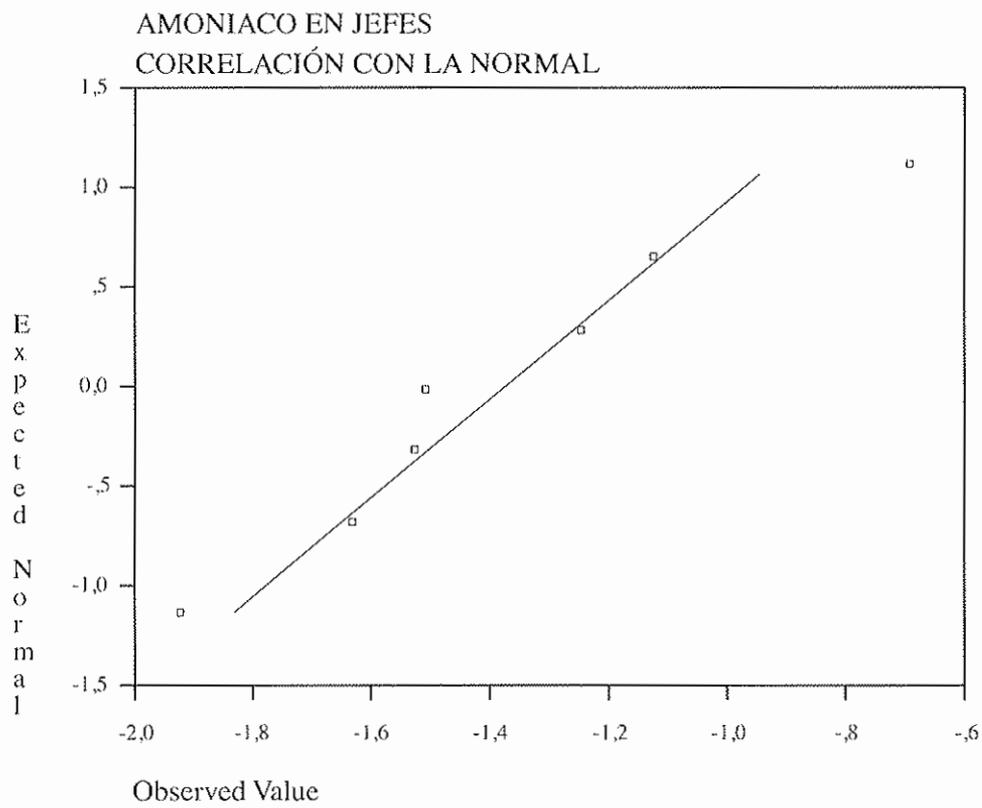
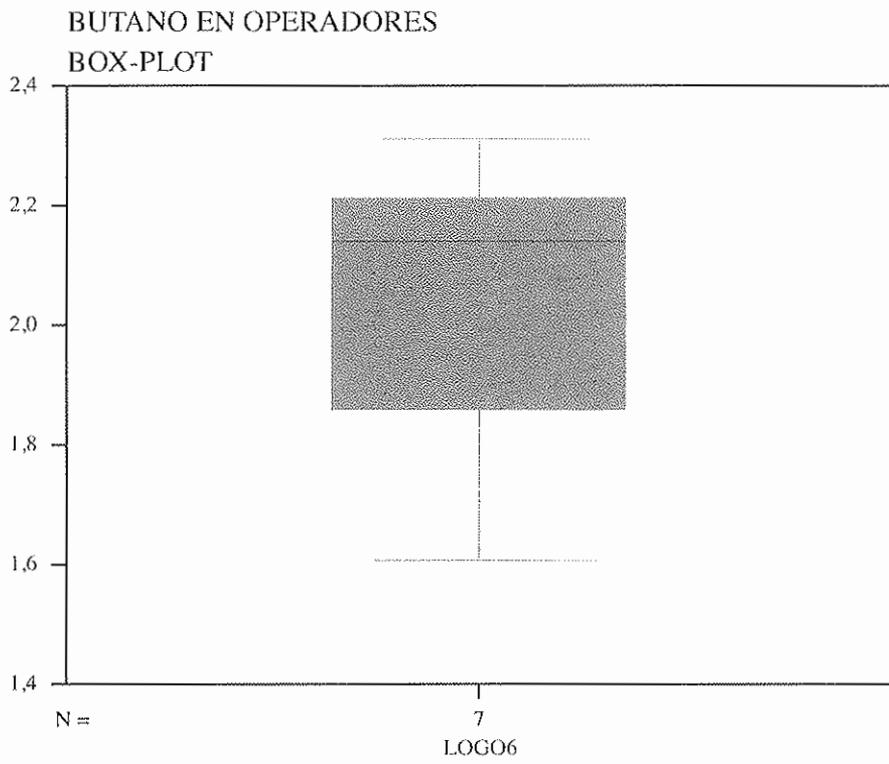
**AGENTE QUÍMICO: MONÓXIDO DE CARBONO**

GRUPO DE JEFES			GRUPO DE OPERADORES DE PLANTA		
ORDEN	CEL's $\text{mg}/\text{m}^3$	POSICIÓN "p"	ORDEN	CEL's $\text{mg}/\text{m}^3$	POSICIÓN "p"
1	0,124	7,7	1	0,528	7,7
2	0,135	19,7	2	0,626	19,7
3	0,149	31,8	3	0,778	31,8
4	0,167	43,9	4	0,817	43,9
5	0,175	56,1	5	0,950	56,1
6	0,238	68,2	6	1,124	68,2
7	0,296	80,3	7	1,282	80,3
8	0,415	92,3	8	2,025	92,3
CEL's = 0,212 ppm			CEL'm = 1,01625 ppm		

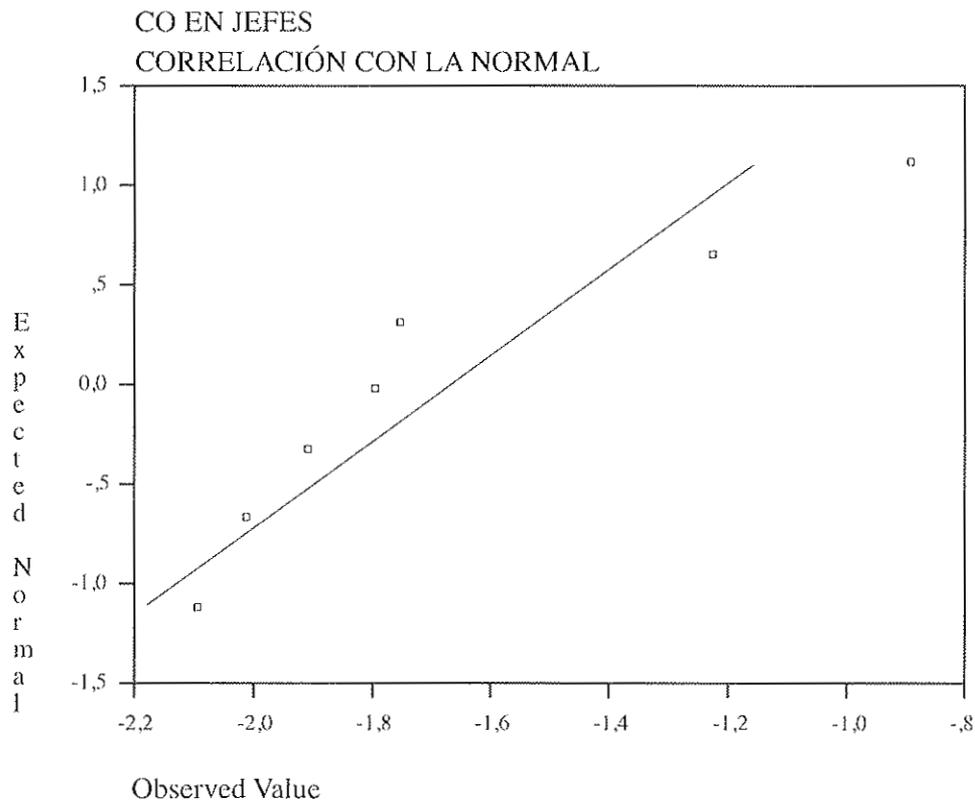
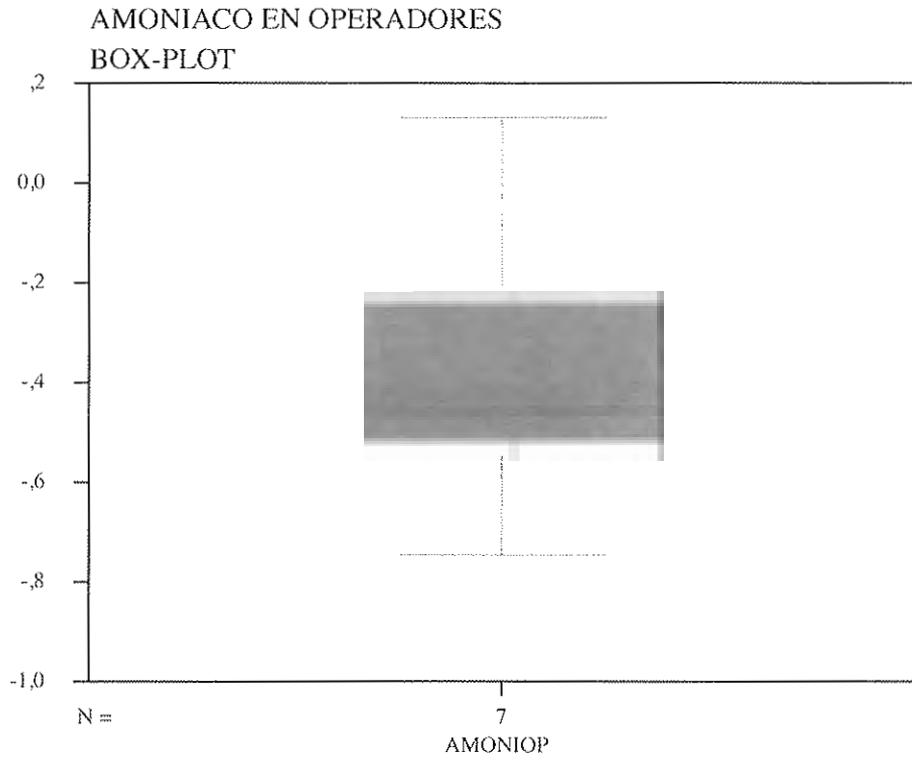
**AGENTE QUÍMICO: ÁCIDO SULFÚDRICO**

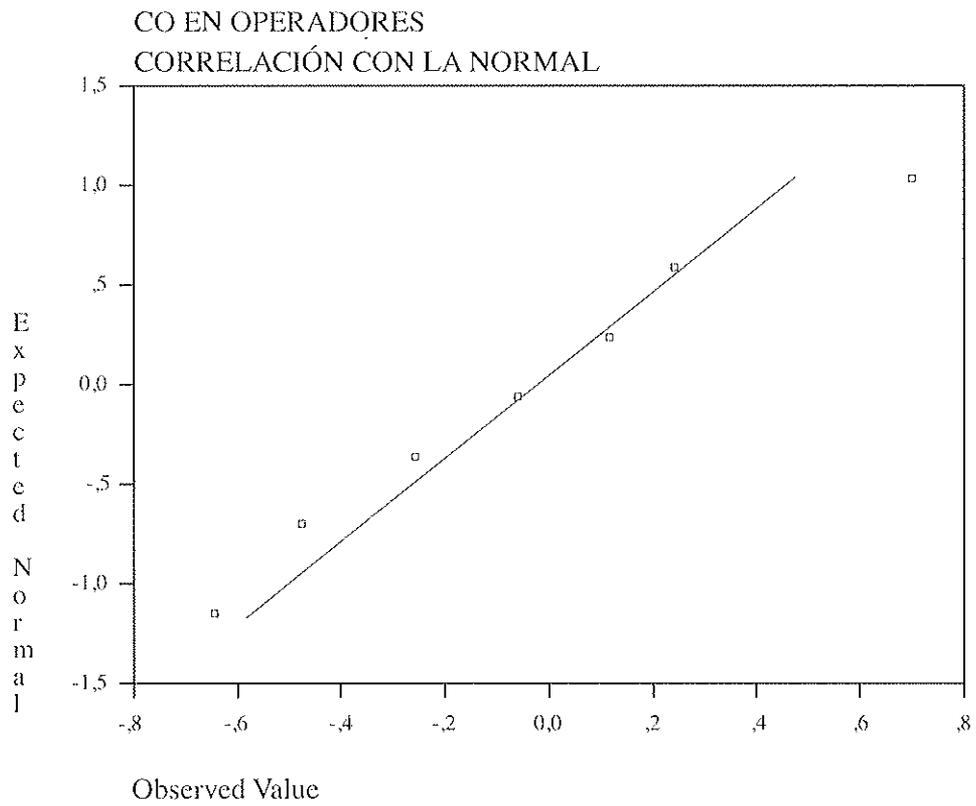
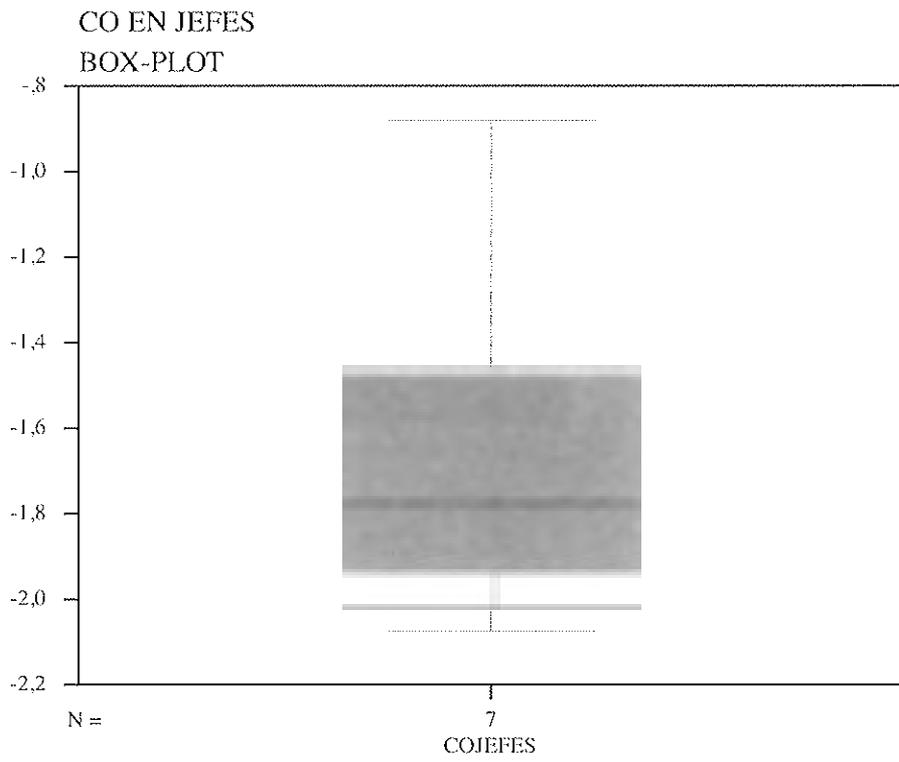
GRUPO DE JEFES			GRUPO DE OPERADORES DE PLANTA		
ORDEN	CEL's $\text{mg}/\text{m}^3$	POSICIÓN "p"	ORDEN	CEL's $\text{mg}/\text{m}^3$	POSICIÓN "p"
1	0,186	7,7	1	0,750	7,7
2	0,184	19,7	2	0,785	19,7
3	0,217	31,8	3	0,960	31,8
4	0,225	43,9	4	1,065	43,9
5	0,316	56,1	5	1,350	56,1
6	0,408	68,2	6	1,430	68,2
7	0,458	80,3	7	2,535	80,3
8	0,645	92,3	8	3,125	92,3
CEL's = 0,33 ppm			CEL'm = 1,50 ppm		

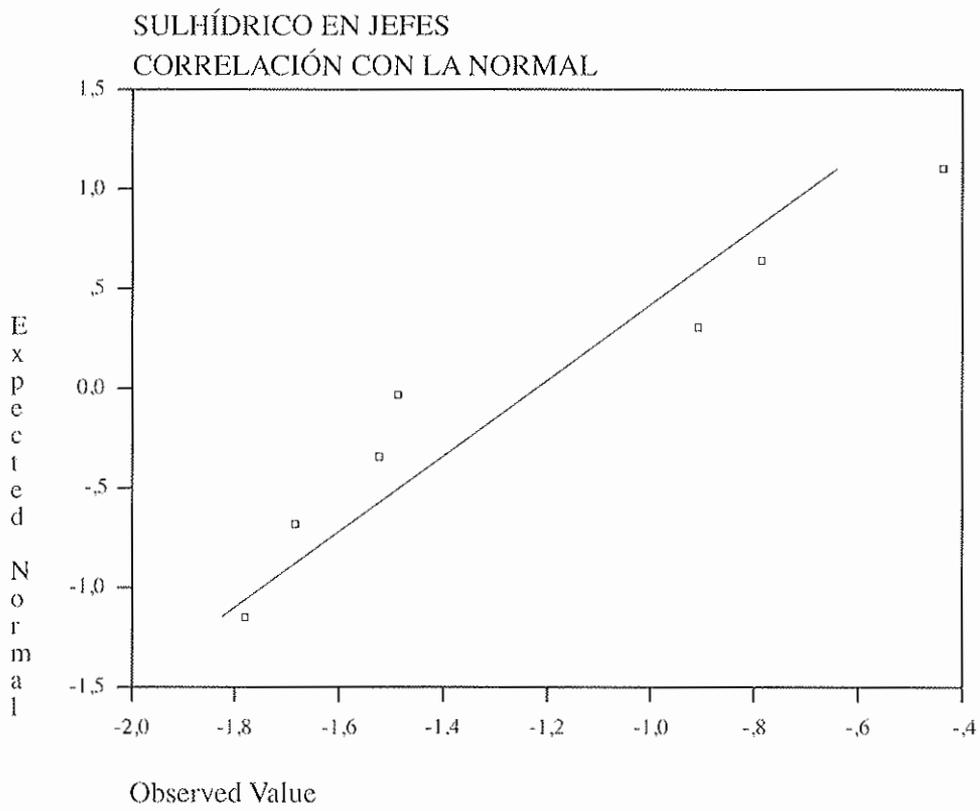
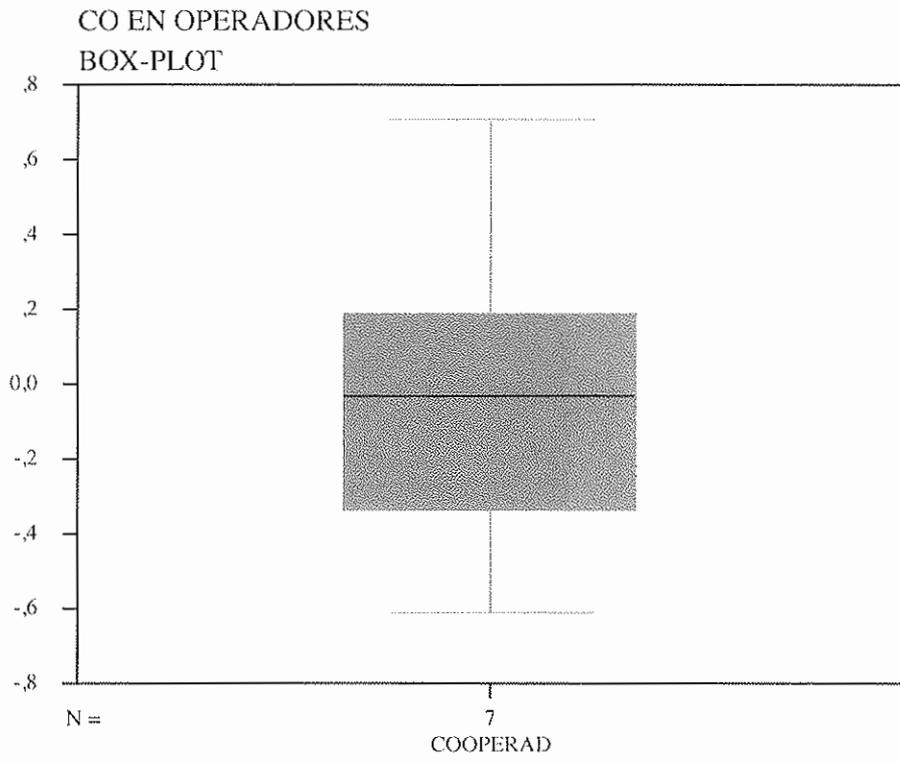




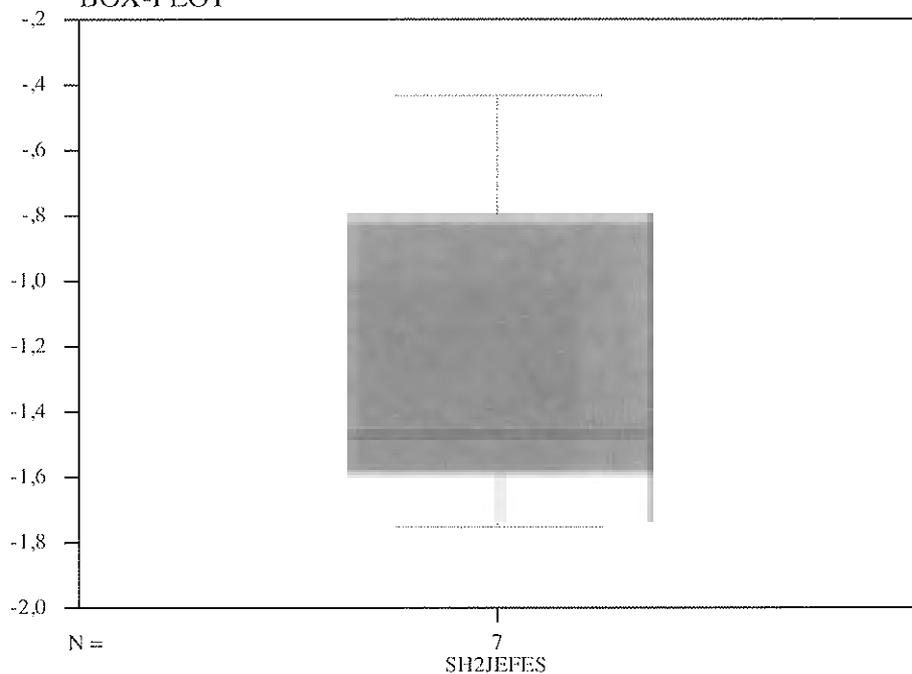




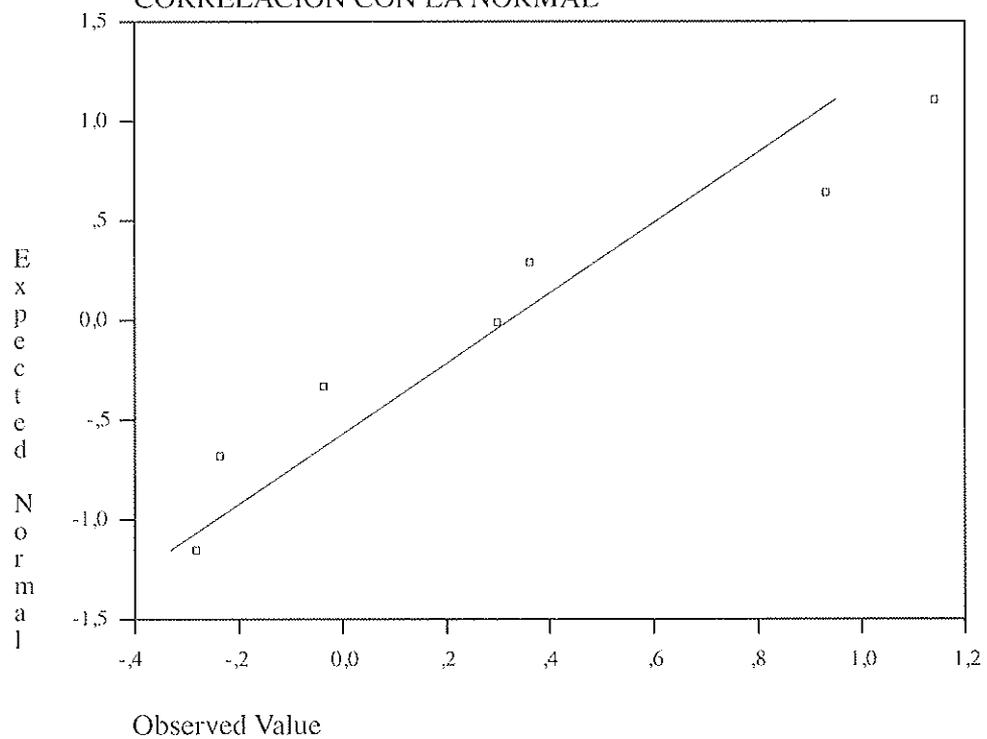




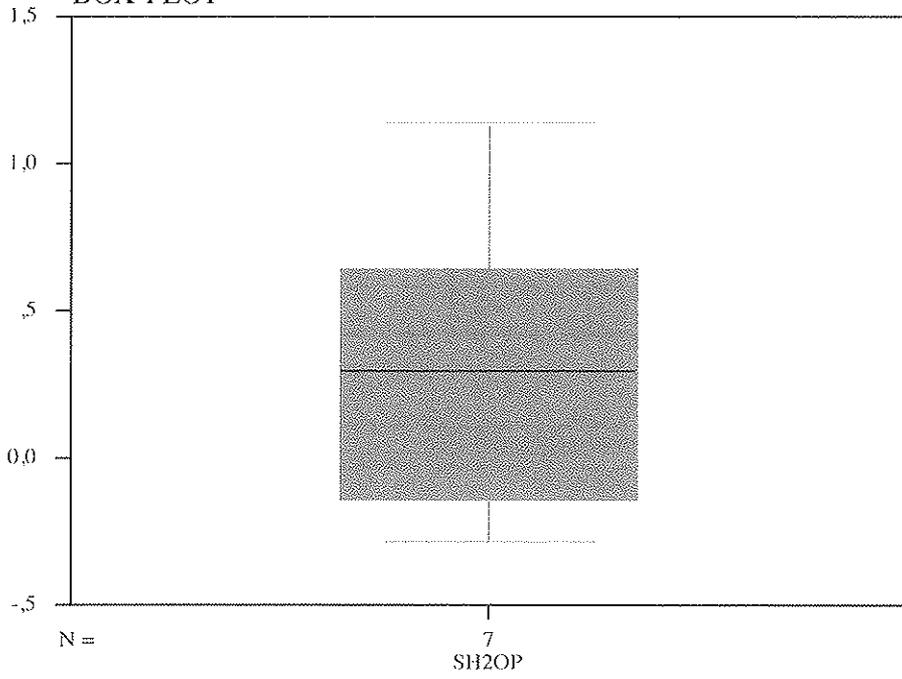
### SULFHÍDRICO EN JEFES BOX-PLOT



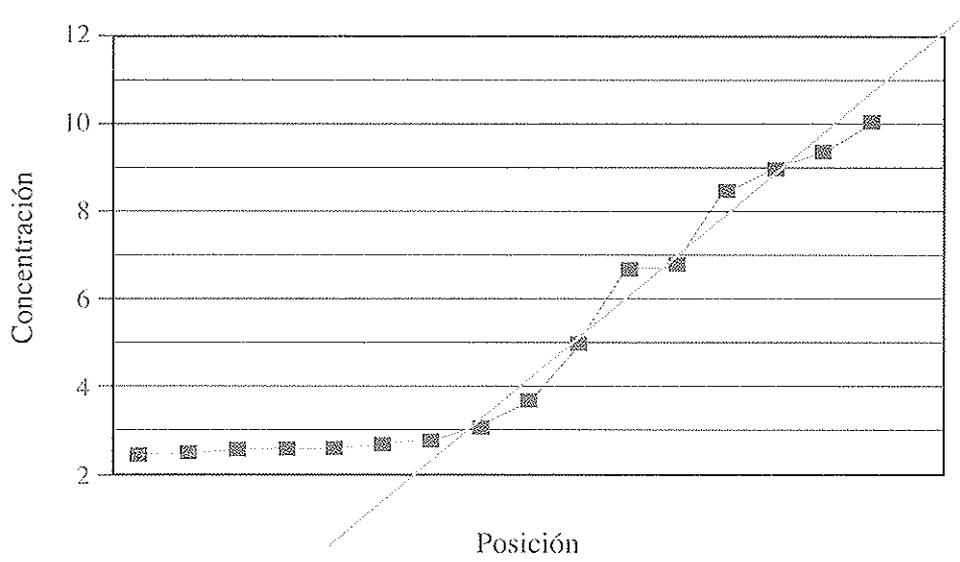
### SULFHÍDRICO EN OPERADORES CORRELACIÓN CON LA NORMAL



SULFÚRICO EN OPERADORES  
BOX-PLOT



GEH-C  
Butano



RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO				
Puesto de Trabajo: Operador de Planta FCC-2				
TURNO	CEL	Log. de		
Jor./Letra	mg./m.c.	CEL		
T/D	4,70	0,67		
N/C	4,50	0,65		
M/E	6,80	0,83		
T/A	5,65	0,75		
Media =	5,41	0,73	G.M. =	5,34
Desv. T. =	0,08		DGS =	1,21

RESULTADOS DEL ESTUDIO PILOTO				
Agente Químico: Butano/GEH-OP				
Puesto de Trabajo: Operador de Planta L.E.				
TURNO	CEL	Log. de		
Jor./Letra	mg./m.c.	CEL		
T/D	9,00	0,95		
N/C	8,50	0,93		
M/E	10,10	1,00		
T/A	8,10	0,91		
Media =	8,93	0,95	G.M. =	8,89
Desv. T. =	0,04		DGS =	1,10
Puesto de Trabajo: Operador de Planta-SWO				
TURNO	CEL	Log. de		
Jor./Letra	mg./m.c.	CEL		
T/D	7,60	0,88		
N/C	6,10	0,79		
M/E	9,40	0,97		
T/A	8,60	0,93		
Media =	7,93	0,89	G.M. =	7,82
Desv. T. =	0,08		DGS =	1,21

GEH-JEFES

VAPORES ORGÁNICOS/BUTANO

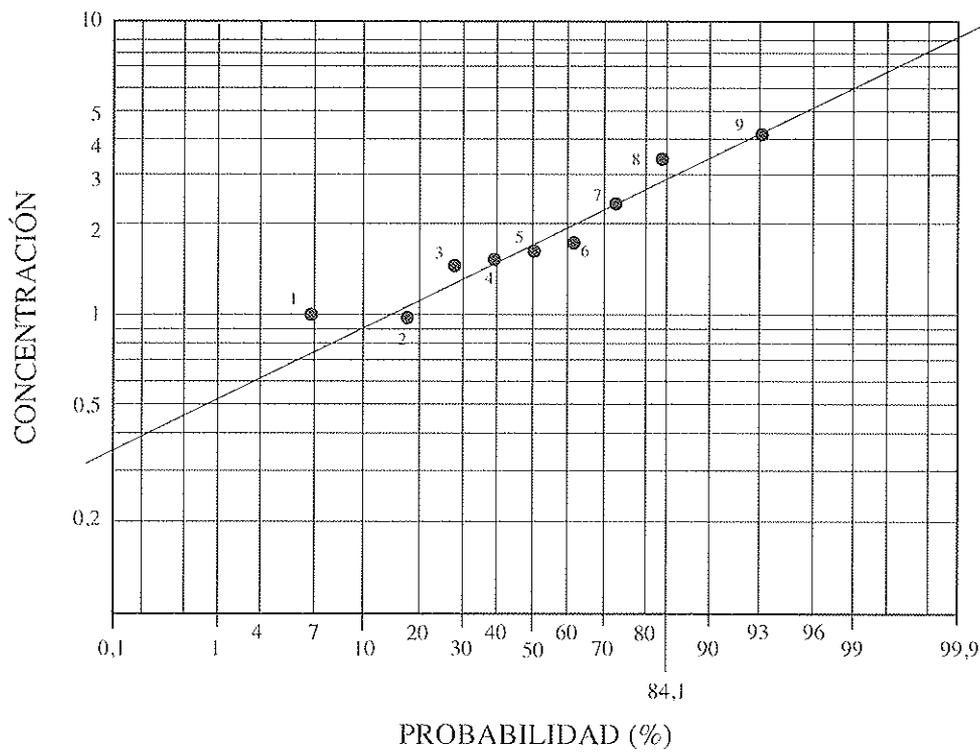
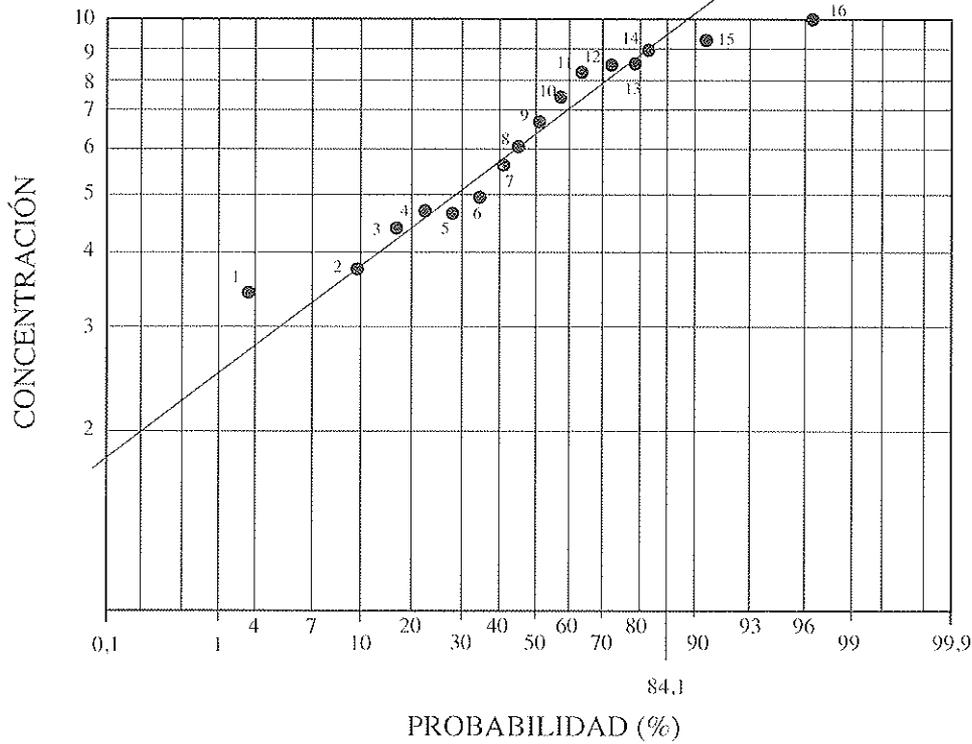


Gráfico de probabilidad dos escalas logarítmicas

GEH-OPERADORES DE PLANTA

BUTANO  
VAPORES ORGÁNICOS







**ANEXO XIV**  
**CÁLCULOS PARA ESTIMAR LA PROBABILIDAD**  
**DE EXCEDER EL VALOR LÍMITE**



### CÁLCULOS PARA ESTIMAR LA PROBABILIDAD DE EXCEDER EL VALOR LÍMITE (TLV-TWA)

AGENTE QUÍMICO: AMONIACO			
GEH-JEFES			
$X_i$	$x_i = X_i/VL$	$Y_i = \log x_i$	$(Y_i - \bar{y})^2$
0,21	0,012352941	-1,90822962664	0,0102007219
0,192	0,011294117	-1,94714769267	0,0195766799
0,186	0,010941176	-1,96093597716	0,023625219
0,215	0,012647058	-1,89801046146	0,0000824
0,254	0,014941176	-1,82561520476	0,00033798
0,521	0,030647058	-1,51361119808	0,0862125901
0,32	0,018823529	-1,72529894306	0,006712863
0,356	0,020941176	-1,67899892341	0,0164434663
0,28175	0,0165735289	-1,80723100341	0,17135042859
$s = \sqrt{\sum(Y_i - \bar{y})^2 / n - 1}$		$s = 0,1564568806$	
$t = Y - 0/s$		$t = 11,5510134852$	
PROBABILIDAD $p < 0,001$			

AGENTE QUÍMICO: AMONIACO			
GEH-Operadores de Planta			
$X_i$	$x_i = X_i/VL$	$Y_i = \log x_i$	$(Y_i - \bar{y})^2$
0,476	0,028	-1,55284196866	0,041364716
0,632	0,0371764706	-1,4297318431	0,006443763
0,64	0,0376470588	-1,42426894739	0,005596559
0,585	0,0344117647	-1,4632930553	0,0129582392
0,845	0,0497058824	-1,30359221243	0,002103743
0,77	0,0452941176	-1,34395819621	0,00003
1,325	0,0779411765	-1,10823304311	0,0581898626
1,15	0,0676470588	-1,16975108102	0,0322948619
0,802875	0,0472279412	-1,3494587934	0,15898200112
$s = \sqrt{\sum(Y_i - \bar{y})^2 / n - 1}$		$s = 0,150704045$	
$t = Y - 0/s$		$t = 8,954364201$	
PROBABILIDAD $p < 0,001$			

### CÁLCULOS PARA ESTIMAR LA PROBABILIDAD DE EXCEDER EL VALOR LÍMITE (TLV-TWA)

Agente Químico: MONÓXIDO DE CARBONO			
GEH-JEFES		TLV-TWA = 25 ppm	
$X_i$	$x_i = X_i/VL$	$Y_i = \log x_i$	$(Y_i / y)^2$
0,167	0,00668	-2,1752235375	0,004673111
0,135	0,0054	-2,2676062402	0,0258382662
0,124	0,00496	-2,3045183235	0,0390674756
0,149	0,00596	-2,2247537403	0,0138981364
0,175	0,007	-2,15490196	0,002307705
0,415	0,0166	-1,779891912	0,1069103427
0,296	0,01184	-1,9266482976	0,0324774769
0,238	0,00952	-2,0213630516	0,007310307
0,212375	0,008495	-2,106863383	0,2324828201
$s = \sqrt{\sum(Y_i - \bar{y})^2 / n - 1}$		$s = 0,1822411$	
$t = \bar{y} - 0/s$		$t = 11,560855$	
PROBABILIDAD $p < 0,001$			

Agente Químico: MONÓXIDO DE CARBONO			
GEH-OPERADORES		TLV-TWA = 25 ppm	
$X_i$	$x_i = X_i/VL$	$Y_i = \log x_i$	$(Y_i / y)^2$
0,95	0,03801	-1,4202164034	0,0000501
1,282	0,05128	-1,2900519835	0,01883383
1,124	0,04496	-1,3471736974	0,006418365
2,025	0,08102	-1,0915149811	0,112743786
0,626	0,02504	-1,6013656755	0,030302892
0,778	0,03112	-1,5069604117	0,006347631
0,817	0,03268	-1,4857179521	0,003414013
0,528	0,02112	-1,6753060861	0,061512773
1,01625	0,04065	-1,427288399	0,239623314
$s = \sqrt{\sum(Y_i - \bar{y})^2 / n - 1}$		$s = 0,1850187$	
$t = \bar{y} - 0/s$		$t = 7,7142946$	
PROBABILIDAD $p < 0,001$			

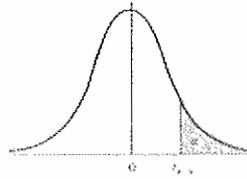
### CÁLCULOS PARA ESTIMAR LA PROBABILIDAD DE EXCEDER EL VALOR LÍMITE (TLV-TWA)

Agente Químico: ÁCIDO SULFÚDRICO			
GEH-JEFES		TLV-TWA = 10 ppm	
$X_i$	$x_i = X_i/VL$	$Y_i = \log x_i$	$(Y_i / y)^2$
0,168	0,0168	-1,774691	0,059845521
0,225	0,0225	-1,647817	0,013867466
0,217	0,0217	-1,66354	0,017817709
0,184	0,0184	-1,735182	0,042076225
0,458	0,0458	-1,339135	0,036451498
0,645	0,0645	-1,19044	0,1153397001
0,408	0,0408	-1,38934	0,019801398
0,316	0,0316	-1,500313	0,0008847
0,327625	0,0327625	-1,530057	0,3060842437
$s = \sqrt{\sum(Y_i - y)^2 / n - 1}$		$s = 0,2091084$	
$t = y - 0/s$		$t = 7,3170533$	
PROBABILIDAD $p < 0,05\%$			

Agente Químico: ÁCIDO SULFÚDRICO			
GEH-OPERADORES		TLV-TWA = 10 ppm	
$X_i$	$x_i = X_i/VL$	$Y_i = \log x_i$	$(Y_i / y)^2$
0,785	0,0785	-1,105130343	0,0509118
0,75	0,075	-1,124938737	0,0602432
1,35	0,135	-0,869666232	0,0001
1,43	0,143	-0,844663963	0,001213
3,125	0,3125	-0,505149978	0,1401333
2,535	0,2535	-0,596022036	0,0803562
1,065	0,1065	-0,972650392	0,008678
0,96	0,096	-1,017728767	0,0191089
1,5	0,15	-0,87949381	0,3607414
$s = \sqrt{\sum(Y_i - y)^2 / n - 1}$		$s = 0,2270121$	
$t = y - 0/s$		$t = 3,8742161$	
PROBABILIDAD $p = 0,41\%$			

## PUNTOS DE SIGNIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN *t* DE STUDENT:

*Abscisas  $t_{\alpha, v}$  que dejan a su derecha un área  $\alpha$  en una  $t$  con  $v$  grados de libertad*



$\alpha \backslash v$	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001	0,0005
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,33	31,60
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,22	12,94
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,859
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,405
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	0,258	0,535	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,611	3,922
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	0,257	0,533	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	0,257	0,532	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	0,256	0,532	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	0,256	0,532	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,767
24	0,256	0,531	0,857	1,318	1,711	2,064	2,192	2,797	3,467	3,745
25	0,256	0,531	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725
26	0,256	0,531	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,437	3,707
27	0,256	0,531	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,690
28	0,256	0,530	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	0,256	0,530	0,854	1,311	1,699	2,045	2,464	2,756	3,396	3,659
30	0,256	0,530	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385	3,646
40	0,255	0,529	0,851	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
50	0,255	0,528	0,849	1,298	1,676	2,009	2,403	2,678	3,362	3,495
60	0,254	0,527	0,848	1,296	1,6741	2,000	2,390	2,660	3,232	3,460
80	0,254	0,527	0,846	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639	3,195	3,415
100	0,254	0,526	0,845	1,290	1,660	1,984	2,365	2,626	3,174	3,389
200	0,254	0,525	0,843	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601	3,131	3,339
500	0,253	0,525	0,842	1,283	1,648	1,965	2,334	2,586	3,106	3,310
$\infty$	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291



**ANEXO XV**  
**EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO QUÍMICO**  
**DE LA EMPRESA ERTORIL S.A.**



### *EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO DE LA EMPRESA ERTOIL*

<i>EQUIPO TÉCNICA ANALÍTICA</i>	<i>OBSERVACIONES</i>	<i>DISPONIBILIDAD</i>	
		<i>SI</i>	<i>NO</i>
<i>BALANZA DE PRECISIÓN</i>			
<i>MICROSCOPIO ÓPTICO</i>			
<i>MICROSCOPIO ELECTRÓNICO</i>			
<i>DIFRACCIÓN DE RAYOS-X</i>			
<i>FLUORESCENCIA DE RAYOS-X</i>			
<i>POLARÓGRAFO, (T. electroq.)</i>			
<i>VOLTAMPERÓMETRO</i>			
<i>POTENCIÓMETRO PARA ELECTRODOS ESPECÍFICOS</i>			
<i>ESPECTRÓMETRO DE MASAS</i>			
<i>ESPECTROSCOPIO INFRARROJO</i>			
<i>ESPECTROFOTÓMETRO DE U.V.-VISIBLE</i>			
<i>ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA, (E.A.A.)</i>			
<i>ESPECTROFOTÓMETRO DE EMISIÓN DE PLASMA, (I.C.P.)</i>			
<i>CROMATOGRAFÍA IÓNICA (CI.)</i>			
<i>CROMATÓGRAFO DE GASES.</i>			
<i>CROMATOGRAFÍA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN, (CLAR).</i>			
<i>RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR, (R.M.N.)</i>			

- OBSERVACIONES:

### EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO DE LA EMPRESA ERTOIL

EQUIPO TÉCNICA ANALÍTICA	OBSERVACIONES	DISPONIBILIDAD	
		SI	NO
BALANZA DE PRECISIÓN		X	
MICROSCOPIO ÓPTICO		X	
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO			X
DIFRACCIÓN DE RAYOS-X			X
FLUORESCENCIA DE RAYOS-X	Sólo para azufre	X	
POLARÓGRAFO, (T. electroq.)			X
VOLTAMPERÓMETRO		X	
POTENCIÓMETRO PARA ELECTRODOS ESPECÍFICOS		X	
ESPECTRÓMETRO DE MASAS	Sólo productos ligeros	X	
ESPECTROSCOPIO INFRARROJO		X	
ESPECTROFOTÓMETRO DE U.V.-VISIBLE		X	
ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA, (E.A.A.)		X	
ESPECTROFOTÓMETRO DE EMISIÓN DE PLASMA, (I.C.P.)		X	
CROMATOGRAFÍA IÓNICA (CI)			X
CROMATÓGRAFO DE GASES		X	
CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN, (CLAR).			X
RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR, (R.M.N.)	Baja resolución	X	

#### - OBSERVACIONES

Esta información ha sido facilitada por:

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| - D. Pablo García Álvarez  | - Jefe de Laboratorio    |
| - D. Antonio Barrón Martín | - Jefe de Análisis       |
| - D. Domingo Márquez Ch.   | - Técnico de Laboratorio |



