

2. INTRODUCCIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

Para el establecimiento de una estrategia y metodología de muestreo de los principales contaminantes químicos generados de las actividades propias de la industria Petroquímica, se tomó como referencia una Refinería del Área Andina: la Refinería Esmeraldas en Ecuador, en la cual se investigó las principales unidades de proceso en el área operativa, las mismas que se detallan a continuación:

CUADRO N° 1

PRINCIPALES UNIDADES DE PROCESO EN REFINERÍA

UNIDAD	CAPACIDAD (Bls/día)
<i>UNIDADES NO CATALITICAS 1</i>	
Destilación Atmosférica 1	55.000
Destilación al Vacío 1	29.400
Reductora de Viscosidad 1	15.750
<i>UNIDADES NO CATALITICAS 2</i>	
Destilación Atmosférica 2	55.000
Destilación al Vacío 2	15.900
Reductora de Viscosidad 2	15.750
<i>UNIDAD CATALITICA 1</i>	
Cracking Catalítico Fluido (FCC)	18.000
Concentración de Gases (GASCON)	
Merox LPG	5.522
Merox Gasolina	12.080
<i>UNIDAD CATALITICA 2</i>	
Merox Jet-Fuel	15.000
Reformadora 1 (UOP)	2.780
Hidrodesulfuradora de Naftas (HDT)	13.000
Reformadora Reg. Continua de Catalizador (CCR)	10.000
<i>UNIDAD CATALITICA 3</i>	
Hidrodesulfurizadora de Diesel (HDS)	24.500
Tratamiento de Gas Combustible 1 y 2	10.3 y 18.3 ton/hora
Tratamiento de Aguas Amargas 1 y 2	23,7 y 8 ton/hora
Recuperación de Azufre 1 y 2	11.9 y 50 ton/día
<i>UNIDAD TERMINALES</i>	
Almacenamiento de Transferencias	

SETRÍA-Llenaderas	
<i>UNIDAD DE UTILIDADES</i>	
Generación de vapor	
Generación Eléctrica	
Sistema de Aire	
Distribución de Combustible	
<i>UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS</i>	
Tratamiento de aguas amargas	
Tratamiento de aguas industriales - efluentes	
<i>CONTROL DE CALIDAD</i>	

Fuente: Auditoría Ambiental a la Refinería Esmeraldas. Centros de Estudios de Medio Ambiente, ESPOL, 2008

Elaborado por: Katherine Castro

La Refinería opera todos los días del año. Los turnos del personal que sustenta este trabajo son de 8.00 a 12.00 y 13.30 a 17.00 para el área administrativa, tres turnos de 8 horas para el personal técnico y operativo en planta y un cronograma laboral de 6 días en Refinería y 4 de descanso. Actualmente dicha Refinería se encuentra procesando un petróleo de entre 24 y 25 grados API, calidad que puede ir variando de acuerdo a la producción y mezcla de crudos, desde los campos petroleros de la Región.

La producción en la refinería está orientada a satisfacer la demanda de combustibles del país y la exportación de ciertos productos. Los principales productos de la refinería son: gas licuado de Petróleo, gasolinas, diesel, jet fuel, fuel oil, asfaltos y azufre peletizado.

A continuación se plantea un diagrama general del refinado de petróleo

concentración de sales, es eliminada, el crudo es alimentado a las Unidades de Destilación Atmosférica para su refinación.

Unidad de Destilación Atmosférica 1 y Unidad Estabilizadora de Naftas

La destilación es un proceso de separación físico, que se fundamenta en los diferentes puntos de ebullición de los componentes del crudo, por lo tanto no existen cambios en la estructura molecular de estos. El proceso de destilación atmosférica cuenta con dos unidades de destilación inicial o topping que tienen por objeto separar el petróleo crudo en un cierto número de cortes o fracciones clasificadas en función de las temperaturas de ebullición de los hidrocarburos. En este proceso se originan los siguientes subproductos: gas combustible, gas licuado de petróleo o LPG, kerosene o diesel, jet fuel, diesel 2 y naftas desestabilizadas.

Las naftas desestabilizadas de la unidad de crudo, sirven de carga para la unidad de estabilización de naftas. Esta unidad tiene como función eliminar butanos y hexanos presentes en las gasolinas y estabilizarlas ante la presencia de compuestos livianos.

Unidad de Destilación al Vacío 1

La destilación al vacío se utiliza con la finalidad de recuperar destilados de residuo de la destilación atmosférica para ser alimentados a otros procesos, tales como descomposición catalítica, desulfurización, plantas lubricantes, etc. El residuo de vacío tiene tres usos: reductoras de viscosidad, preparación de fuel oil o bunker y asfaltos. Esta unidad cuenta con una fuente fija de combustión en el horno V-H1.

Unidad Viscorreductora 1

Este proceso se basa en la desintegración térmica que consiste en la ruptura de moléculas largas de hidrocarburos en moléculas menores, las cuales tienen propiedades diferentes del material original. La viscorreducción no es un proceso catalítico, es una descomposición térmica de un solo paso, cuyos objetivos son: reducir la viscosidad o el punto de escurrimiento del residuo de vacío. Cuando las moléculas largas de hidrocarburos presentes en el residuo de vacío se craquean (rompimiento de la estructura) en componentes más pequeños, se obtendrá el rendimiento predecible de destilados y de productos residuales remanentes.

La materia prima consumida en estos procesos constituyen los fondos de vacío, que luego de procesado permite obtener un producto cuatro veces más liviano, con lo que se reduce la cantidad de diesel necesario para preparar el fuel oil.

Además, de esta unidad se obtiene como subproductos de este proceso, pequeñas cantidades de gases, gasolina y destilados.

2.1.2 Unidad No Catalítica 2

Los procesos que conforman la Unidad No-Catalíticas 2, son los mismos que en la Unidad No-Catalíticas 1, con la única diferencia que la capacidad de la Unidad 2, es menor. Los principios físicos, la operación y los productos obtenidos son similares, sin embargo, pueden operar en forma independiente para el procesamiento del crudo.

2.1.3 Unidad Catalítica 1

Craqueo Catalítico Fluido y Concentración de Gases Gascon

La Unidad de Craqueo Catalítico Fluido (FCC) es una de las más importantes de la Refinería Estatal Esmeraldas, pues en ésta, el gasóleo obtenido en las Unidades de Destilación al Vacío, por efecto de la temperatura y en presencia de un catalizador, es convertido en productos valiosos como el LPG y gasolina de alto octano. La unidad de Fraccionamiento Fluídico Catalítico utiliza un proceso de desintegración a alta temperatura, para convertir los hidrocarburos pesados en productos más livianos de mayor valor. Esto puede conseguirse ya sea por medio de un catalizador o por calor.

La unidad Concentradora de Gases, GASCON, se alimenta con los gasóleos obtenidos en los procesos precedentes, a partir de los cuales se obtienen los siguientes productos: lodo clarificado, gas oil pesado, gas oil liviano, gasolina no estabilizada y gas húmedo. El proceso de concentración de gases realiza este tratamiento operando en tres etapas sucesivas:

- a) Recolección de gases para condensarlos, selectivamente al máximo.
- b) Recolección del líquido para eliminar incondensables que van a constituir el gas combustible.
- c) Fraccionamiento de líquido obtenido para producir LPG, Butano y Gasolina estabilizada.

Merox LPG

En esta Unidad el LPG obtenido en la Unidad de Concentración de Gases, es tratado a fin de que cumpla las especificaciones de corrosividad vigentes en el país. Primero entra a una torre de absorción en donde el H₂S es capturado por la dietanol amina, DEA, que tiene la característica de absorber a este gas. El LPG saliente es sometido a un lavado cáustico, en donde se captura el ácido sulfhídrico. El LPG tratado de esta forma tiene una especificación de corrosión a la lámina de cobre de 1, que indica que no es corrosivo, entonces es enviado a las esferas de almacenamiento para su posterior despacho y comercialización.

Merox Gasolina

En esta Unidad se trata la gasolina de alto octanaje obtenida en la Unidad de FCC y de las Unidades Reductoras de Viscosidad, a fin de tratar el efecto corrosivo de los mercaptanos de mayor peso molecular. Este proceso es un lavado cáustico de la gasolina y posterior ingreso a un reactor, en el cual se producen las reacciones de transformación de mercaptanos a disulfuros, los que no son corrosivos.

2.1.4 Unidad Catalítica 2

Merox Jet-Fuel

Es la Unidad en donde se trata al Jet-Fuel, obtenido en las Unidades de Destilación atmosférica. Este combustible es utilizado en los aviones, y por lo tanto debe cumplir especificaciones muy rigurosas. Este proceso consiste en un lavado cáustico, principalmente para la neutralización de los ácidos nafténicos, en el lavado con agua para remoción de la sosa cáustica, luego de lo cual pasa por filtros de sal y arcilla para eliminación de trazas de agua e impurezas. El producto que sale, es enviado a los tanques de almacenamiento para su comercialización.

Reformadora UOP

En esta Planta, en presencia de hidrógeno, un catalizador en base de platino y por acción de la temperatura y presión, la nafta pesada, formada por compuesto

entre C6 y C11 de la destilación atmosférica, es transformada en nafta reformada que tiene alto octanaje. Los compuestos nafténicos y parafínicos son convertidos en aromáticos, con el benceno, tolueno y xileno.

Unidad Hidrotratadora de Naftas Pesadas, HDT

Este proceso está destinado a eliminar el azufre (que es una impureza contaminante) que se encuentra en el combustible al finalizar todos los tratamientos anteriores, tales como destilación fraccionada, destilación al vacío.

Para eliminar estas impurezas, el combustible es sometido a un proceso conocido como Hidrodesulfuración, que trata el combustible en forma combinada con hidrógeno, alta temperatura y catalizadores. De esta manera se obtiene el combustible limpio de impurezas (sin azufre) y un gas llamado ácido sulfhídrico (SH_2). Esta unidad se encarga de eliminar los contaminantes de la nafta pesada, tales como olefinas, azufre, agua compuestos halogenados, nitritos, etc.

La nafta pesada que se procesa aquí proviene de la estabilizadora de naftas, y luego de este tratamiento se obtiene como producto una nafta pesada hidrotratada libre de contaminantes que representa la carga a la unidad de Reformado Catalítico. Este proceso genera efluentes ricos en contenido de azufre que son enviados al tratamiento de gases amargos.

Unidad de Reformado Catalítico, CCR

Este proceso consta de 3 reactores donde se produce el cracking térmico. Esencialmente, el cracking térmico acciona la ruptura de las moléculas de hidrocarburos, bajo la única influencia de la temperatura, seguida de otras rupturas o recombinaciones parciales de los grupos formados inicialmente. Este cracking es modificado por la presencia de un catalizador que varía profundamente el mecanismo de ruptura de los enlaces entre átomos de carbono y aumenta la velocidad de transformación, además permite reducir la severidad de la reacción y en consecuencia eliminar la mayor parte de las reacciones secundarias productoras de gas, coke y residuos pesados, con detrimento de gasolina.

Se obtiene como producto la nafta reformada de alto octano, fuel gas, LPG y emisiones de livianos que son quemados en la tea.

2.1.5 Unidad Catalítica 3

Unidad Hidrodesulfurizadora de Diesel, HDS

Este proceso elimina el azufre presente en el diesel al finalizar todos los tratamientos anteriores. Para esto, el diesel es sometido al proceso de Hidrodesulfuración, que consiste en tratar el combustible en forma combinada con hidrógeno, alta temperatura y catalizadores. De esta manera se obtiene el

combustible limpio de impurezas (sin azufre), ácido sulfhídrico gaseoso (H_2S) y agua contaminada. El ácido sulfhídrico gaseoso (H_2S) es enviado a la Unidad de Tratamiento de Gases Amargos y el agua a la Unidad de Tratamiento de aguas Amargas.

Unidad de Gases Amargos, U / U1

La Refinería Esmeraldas cuenta con esta unidad donde los gases utilizados en los procesos son tratados para eliminar compuestos de nitrógeno y azufre que contaminan estas corrientes. Los caudales de ingreso a esta unidad corresponden a: la viscorreductora, la unidad HDT de nafta y gas de reciclo que ha sido usado en el diseño.

Se trata de un desulfurador tipo amina, con un proceso continuo para eliminar materiales ácidos tal como sulfuro de hidrógeno de los hidrocarburos.

Unidad de Aguas Amargas, Z1 / Z2

Las aguas de desecho que se producen en la refinería son tratadas antes de ser eliminadas al ambiente, esta agua proviene esencialmente de la unidad de crudo, hidrotratadores, viscorreductoras, FCC y otras. Esta agua contiene amoníaco (NH_3) y ácido sulfhídrico (H_2S) como sus mayores contaminantes, algunos fenoles, cloruros, CO_2 e hidrocarburos en mucha menor concentración. El

tratamiento del agua de desecho es muy importante pues los contaminantes que contienen son extremadamente tóxicos y dañinos para la vida de organismos.

La unidad de tratamiento de aguas de la Refinería Esmeraldas trata aguas provenientes de: FCC, unidad de crudo, viscorreductoras e hidrotreatmento de naftas. El tratamiento básico que se da en esta unidad al agua de desecho es: (1) una desgasificación en el tanque de almacenamiento de gases de hidrocarburos presentes en el agua; y, (2) la eliminación tanto del H_2S y NH_3 en la columna despojadora en presencia de calor y vapor de agua. Los gases ricos en H_2S y NH_3 son enviados a la unidad de recuperación de azufre. La mayor parte de esta agua tratada, será retornada a los desaladores de la unidad de crudo donde los fenoles en el agua serán removidos por el crudo.

Unidad de Recuperación de Azufre

La recuperación de azufre se basa en el proceso tipo Clauss. Un tercio del total de suministro de sulfuro de hidrógeno (H_2S) se quema transformándose en bióxido de azufre (SO_2) y el H_2S restante reacciona con SO_2 produciendo el azufre elemental, cuya reacción tiene lugar tanto en zonas térmicas como catalíticas.

El gas ácido amoniacal (NH_3) procedente de la unidad de extracción de aguas residuales contiene NH_3 así como N_2S . La sección de recuperación de azufre está diseñada para elaborar este gas ácido que contiene NH_3 , obteniéndose la

descomposición completa del NH_3 y la recuperación del azufre elemental a partir de H_2S . El NH_3 se descompone en la zona de alta temperatura del horno de reacción en condiciones óptimas.

2.1.6 Unidad De Terminales

Sistema de Almacenamiento y Transferencias

Está conformado por todos los tanques utilizados para el almacenamiento del crudo, productos intermedios, slop y productos terminados y esferas en las cuales se almacena el LPG. Debido a que se hallan productos con diferente volatilidad, existen tanques de almacenamiento apropiados para cada producto. Así por ejemplo, el crudo y las gasolinas son almacenadas en tanques con techo flotantes, que minimizan la evaporación de los productos livianos. Para los productos más pesados como el diesel y fuel oil, asfaltos, se utilizan tanques con techo fijo.

Llenaderas

Los productos terminados y cumpliendo las especificaciones de calidad para la comercialización, son despachados desde estas instalaciones, que consisten en sistemas de medición y brazos de llenado para autotanques. Por esta vía se despachan los combustibles para consumo interno en el área de influencia de la

Refinería Estatal Esmeraldas, tal como LPG en cilindros, gasolinas extra y súper, fuel oil y asfaltos.

2.1.7 Unidad De Utilidades

Unidad de Generación de Vapor

El proceso de generación de vapor consiste en alimentar a los calderos, agua desmineralizada, la misma que es calentada en el interior de tubos que conforman la zona de transferencia de la caldera, hasta la obtención del vapor. El agua utilizada para este propósito es rigurosamente tratada para eliminar impurezas como la sílice, sales de calcio y magnesio y oxígeno, que provocan corrosión e incrustaciones.

El calor necesario para el calentamiento del agua es suministrado por la combustión de gas y/o fuel oil, en quemadores instalados en el interior de los calderos.

Generación Eléctrica

El sistema de generación eléctrica, está conformado por cuatro turbogeneradores; que tienen en total una capacidad instalada de generación de 30,6 MW/hora. Estos turbogeneradores son accionados por vapor de 600 PSI.

Además, la Refinería dispone de una conexión desde el Sistema Nacional Interconectado, SNI., que es utilizada como seguridad en caso de deficiencia de generación o para el caso de arranques iniciales.

Sistema de Aire

Para el accionamiento de mecanismos de control, como válvulas, para uso en procesos, la Refinería Estatal Esmeraldas utiliza aire de instrumentos y planta, el mismo que es obtenido mediante cuatro compresores centrífugos, que captan del medio ambiente. El aire de instrumentos, previa a la distribución, es secado en lechos de alúmina activada que retiene la humedad.

Distribución de Combustibles

Los combustibles utilizados por los hornos y calderas de la Refinería son el fuel oil y el gas combustible. El Fuel Oil es calentado y mantenido a una temperatura alrededor de los 120° C, a la cual es bombeado y distribuido mediante cabezales que llegan a todas las Plantas de Proceso.

El gas combustible recibido de las Unidades de Tratamiento de Gases es mantenido a una presión de alrededor de 3,5 kg/cm.

2.1.8 Unidad De Tratamiento De Agua

Agua de Enfriamiento

Todos los procesos de refinación utilizan agua de enfriamiento para el control de las condiciones de operación, siendo los principales usos en intercambiadores de calor para enfriamiento de productos y refrigeración de cojinetes de bombas.

Este sistema es un circuito, que se inicia con el envío mediante bombas de alta capacidad, desde la piscina de succión en las torres de enfriamiento hacia las unidades de procesos en donde intercambia calor, y vuelve a una temperatura mayor. El enfriamiento de esta agua, para mantener una temperatura constante en los procesos, es conseguido provocando la evaporación de una cierta cantidad de la misma agua, proceso para el cual absorbe calor de la masa de agua contigua.

Tratamiento de Efluentes

Las corrientes hídricas que se generan en la Refinería son: las aguas lluvias, las aguas aceitosas o reciclables, las denominadas aguas saladas o no reciclables y las aguas sanitarias.

- **Lazo de Agua Reciclada**

Tratamiento Primario.- Separación mecánica del agua y aceite (hidrocarburos) con la entrada de los efluentes a los separadores por gravedad API, que pasan al separador de placas corrugadas CPS y luego a las unidades de flotación por aire UFA. Con excepción del separador de placas corrugadas, el resto del equipamiento es parte de la Antigua Unidad de Efluentes. Con este tratamiento primario se busca disminuir la cantidad de hidrocarburos a menos de 20 ppm y la de sólidos en suspensión a menos de 50 ppm.

Tratamiento Secundario.- Luego de las unidades de flotación por aire, el efluente resultante del tratamiento primario sería bombeado a la Piscina de Homogenización, para pasar a las Piscinas de Fangos Activados, que contienen un relleno para la proliferación bacteriana, a fin de degradar los hidrocarburos remanentes.

Tratamiento Terciario.- El efluente resultante del tratamiento secundario pasaría a los clarificadores circulares y luego a un bioreactor o filtro biológico de flujo invertido (2 grupos de filtros), para la degradación de las trazas de hidrocarburos remanentes, por último pasaría por una batería de filtros de arena.

Parte del agua obtenida mediante este sistema de tratamiento sería reciclada a la planta como reposición del agua de enfriamiento y agua a las desaladoras, en tanto que la diferencia se destinaría a la Piscina de Estabilización antes de su descarga final al cuerpo receptor.

2.2 PROBLEMÁTICA A ABORDAR

El presente estudio pretende establecer una estrategia y metodología de muestreo para los principales contaminantes químicos generados de las actividades propias de la industria Petroquímica; para ello se partirá de una identificación de unidades de proceso de una refinería del Área Andina (Refinería Esmeraldas de Ecuador), seguido de un screening, utilizando equipos técnicos de medición que estarán debidamente certificados y calibrados por una Entidad Acreditada para el efecto, con el fin de identificar las principales fuentes de contaminantes químicos generados en los diferentes procesos de la industria petroquímica, los mismos que se abordarán en este estudio y son enlistados a continuación:

CUADRO N° 2

CONTAMINANTES QUÍMICOS A ESTUDIAR

ESTUDIO DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS EN UNA REFINERÍA DEL ÁREA ANDINA
1.- Dióxido de azufre (SO ₂)
2.- Sulfuro de Hidrógeno (SH ₂)
3.- Monóxido de Carbono (CO)
4.- Compuestos aromáticos BTX (Benceno, Tolueno, Xileno)
5.- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP'S)

Elaborado por: Katherine Castro

El estudio se regirá a la metodología establecida en la Norma UNE-EN 689. “Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la Evaluación de la Exposición por Inhalación de Agentes Químicos para la Comparación con los Valores Límites y Estrategia de Medición”, a partir del cual, se definirán Grupos homogéneos de exposición, a los mismos que se les aplicará una metodología analítica específica para cada contaminante químico seleccionado en este estudio (SO₂, SH₂, CO, BTX, HAP's), para el muestreo higiénico en la zona de respiración del trabajador. Finalmente, el presente estudio especificará los criterios a adoptarse, cuando se obtenga datos de la aplicación de la propuesta metodológica analítica para un contaminante, tales como: aceptable, tolerable o inaceptable, teniendo en cuenta a su vez, los Valores límites ambientales (VLA).

2.3 JUSTIFICACIÓN

El planteamiento de una estrategia y metodología de muestreo analítica para representar la evaluación de la exposición del trabajador a los distintos contaminantes identificados, a partir de un screening ambiental inicial en una refinería del Área Andina, es fundamental para la gestión y evaluación en la

industria petroquímica de los riesgos higiénicos por exposición a los principales contaminantes químicos propios de esta industria, como son los compuestos aromáticos policíclicos (HAP's), benceno, tolueno, xileno, etc., teniendo en cuenta los adelantos técnicos existentes, los diferentes principios metodológicos planteados por organizaciones especializadas en Higiene Industrial en los diferentes países y la factibilidad económica de implantarlos; aplicando criterios de muestreo que garanticen la representatividad y fiabilidad de las mediciones.

3. ANTECEDENTES

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, petróleo y gasolina, basuras y otras sustancias orgánicas como tabaco y carne preparada en la parrilla. Los HAP's se encuentran generalmente como una mezcla de dos o más de estos compuestos, tal como el hollín¹.

Los HAP's se forman por pirólisis o combustión incompleta de materia orgánica que contiene carbono e hidrógeno. A elevadas temperaturas, la pirólisis de compuestos orgánicos produce fragmentos de moléculas y radicales que se combinan para dar lugar a los HAP's. La composición de los productos de la pirosíntesis depende del combustible, la temperatura y el tiempo de permanencia a altas temperaturas. Los combustibles que forman HAP's son metano, otros hidrocarburos, hidratos de carbono, ligninas, péptidos, etc. Sin embargo, los compuestos insaturados y las estructuras cíclicas suelen favorecer la formación de las HAP's. Evidentemente, los HAP's se liberan de la zona de combustión en forma de vapores. Debido a sus bajas presiones de vapor, la mayoría de los HAP's se condensan en el acto sobre partículas de hollín o forman ellos mismos partículas muy pequeñas². Los HAP's liberados a la atmósfera en forma de vapor son adsorbidos por las partículas presentes en ella, por ello, se producirá una diseminación de aerosoles que contiene HAP's, que pueden ser transportados a grandes distancias por los vientos.

3.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS

¹ **Stellman JM, McCan M.** Hidrocarburos poliaromáticos. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 3ª edición. Madrid: Organización Internacional del Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones. 1998.

² **Ellenhorn MJ.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Ellenhorn's Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. Second edition. Baltimore: Williams & Williams. 1997.

Durante la segunda parte del siglo XIX y hasta los años 40 del siglo XX, la industria carboquímica, asociada siempre a la siderúrgica, de donde obtenía fundamentalmente sus materias primas, experimentó en Europa y EE.UU. un desarrollo espectacular. Hacia finales de los años 40, tiene lugar en EE.UU. la primera obtención de hidrocarburos aromáticos procedentes del petróleo al inventarse el reformado catalítico de naftas; con esta tecnología se buscaba elevar el número de octano que exigían las gasolinas de aviación. Había nacido la moderna petroquímica basada en naftas del petróleo y procesos catalíticos³.

La progresión de la petroquímica es tan rápida que ya en los años 60 se asiste a la práctica desaparición, por conversión de materias primas, de la antes poderosa industria carboquímica. Actualmente, la petroquímica basada en naftas de petróleo aporta más del 96% de la producción mundial de B.T.X. y permite soportar una muy diversificada y en constante crecimiento industria petroquímica. Por lo general, los HAP son utilizados como monómero o las materias primas para la producción de monómero. Olefinas como alfa-olefina y diene se utilizan con frecuencia como monómeros, aunque también pueden ser utilizados como precursores de los monómeros. Los monómeros son entonces polimerizados de diversas maneras para formar polímero. Materiales de polímero puede utilizarse como plástico, elastómero, o fibra, o bien algún tipo de estos tipos de materiales intermedios. Algunos polímeros son también utilizados como geles o lubricantes. Los Petroquímicos se puede utilizar también como disolventes, o como materia

³ **Stellman JM, McCan M.** Hidrocarburos poliaromáticos. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 3ª edición. Madrid: Organización Internacional del Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones. 1998.

prima para la producción de disolventes, también se pueden utilizar como precursores de una gran variedad de sustancias químicas tales como los líquidos limpiadores de los vehículos, surfactante de la limpieza, etc.

Los principales usos de los hidrocarburos aromáticos como productos puros son: la síntesis química de plásticos, caucho sintético, pinturas, pigmentos, explosivos, pesticidas, detergentes, perfumes y fármacos. También se utilizan, principalmente en forma de mezclas, como disolventes y como constituyentes, en proporción variable, de la gasolina⁴.

El benceno debido a su efecto cancerígeno fue prohibido para uso como disolvente industrial en varios países, entre ellos Colombia, por recomendación de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). También en otros países, se ha prohibido su uso como componente de productos destinados al uso doméstico y de los líquidos de limpieza en seco. El benceno se ha utilizado ampliamente en la fabricación de estireno, fenoles, anhídrido maléico, detergentes, explosivos, productos farmacéuticos y colorantes. Se ha empleado además como combustible, reactivo químico y agente de extracción para semillas y frutos secos. Aunque la utilización del benceno como disolvente ha disminuido considerablemente, en la actualidad aún se usa en pequeñas cantidades como disolvente y reactivo en los laboratorios de control de calidad. El benceno se encuentra como impureza en combustibles como la gasolina, disolventes, pegantes y otros productos químicos. La gasolina para automóviles puede contener de 0-7% de benceno, comúnmente de 2 a 3 %. En derivados del petróleo el contenido de benceno generalmente es menor a 1% en solventes no

⁴ OIT, 2001

hidrogenados con rangos de ebullición especiales; en otros solventes es menor al 0.1 %⁵.

Internacionalmente, desde la década de los años 80 existen regulaciones relativas al uso del benceno. Como parte de las regulaciones para el transporte de materiales peligrosos del Departamento de Transporte de Estados Unidos (1980), los embarques de benceno están sujetos a restricciones consistentes con la categoría de material peligros (rotulado, empaque, cantidad). La Comisión de la comunidad europea (1980) prohibió el uso del benceno en productos para uso como juguetes (balones de uso infantiles) (IARC, 1986).

El tolueno es un disolvente de aceites, resinas, caucho natural (mezclado con ciclohexano) y sintético, alquitrán de hulla, asfalto, brea y acetilcelulosas (en caliente, mezclado con etanol). Se utiliza como disolvente y diluyente de pinturas y barnices de celulosa y como diluyente de tintas de fotograbado. El tolueno está presente en mezclas utilizadas como productos de limpieza en distintas industrias y en artesanía. También se emplea en la fabricación de detergentes y cuero artificial y es una importante materia prima para síntesis orgánicas, como las de cloruro de benzoilo y bencilideno, sacarina, cloramina T, trinitrotolueno y un gran número de colorantes. El tolueno en mezcla con benceno y xileno (BTX) es un componente del combustible para aviones y de la gasolina para automóviles. El Reglamento 594/91/CE del Consejo de la Unión Europea ha prohibido el uso de esta sustancia en la Unión Europea. El xileno se utiliza como diluyente de pinturas y barnices, en productos farmacéuticos, como aditivo de alto octanaje en combustibles de aviones; en la síntesis de colorantes y en la producción de ácidos

⁵ IARC 1989, Vol 47

tálicos. El xileno se utiliza en técnicas histológicas de laboratorio por ser un buen disolvente de la parafina, el bálsamo de Canadá y el poliestireno⁶.

En los umbrales del siglo XXI, las principales fuentes de producción de hidrocarburos BTX en la industria petroquímica son:

- Crackers de etileno/ propileno alimentados con nafta o gases del petróleo-nafta pirolítica.
- El reformado catalítico de naftas en refinerías.
- La desproporción y desalquilación del tolueno.

3.2 FUENTES DE EXPOSICIÓN

Los HAP's pueden hallarse casi en todas partes, en el aire, la tierra y el agua, procedentes de fuentes naturales o antropogénicas. La contribución de las fuentes naturales, como los incendios forestales y los volcanes, es mínima comparada con las emisiones causadas por el ser humano. La combustión de combustibles fósiles es la principal fuente de emisión de HAP's.

Otras emisiones proceden de la combustión de residuos y madera, así como de los vertidos de petróleo crudo o refinado que en sí mismo contiene HAP's. Estos compuestos también están presentes en el humo del tabaco y en los alimentos a la parrilla, ahumados y fritos⁷.

⁶ OIT, 2001

⁷ Mastandrea C., Chichizola C., Ludueña B., Sánchez H., Álvarez H., Gutiérrez A. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Riesgos para la Salud y Marcadores Biológicos. Acta Bioquím Clín Latinoam. 2005.

Como principal fuente de HAP's es el aire de las atmósferas de trabajo de alquitrán de hulla, que se forman por pirólisis de la hulla en fábricas de gas y coque, donde se producen emisiones de humos de la brea calentada. Generalmente, el contenido de BaP (Benzo-*alfa*-Pireno) es máximo en el aire situado en la parte superior de los hornos. El aire situado en la parte superior de los canales de humos y del precipitador de alquitrán es extremadamente rico en este compuesto, habiéndose medido concentraciones de hasta 500 mg/m₃ de BaP⁸.

El benceno interviene en la composición de los supercarburantes; se añade benceno a la gasolina para automóviles. Existe el riesgo de benzolismo en los garajes y en quienes cuidan del llenado de los camiones y vagones cisterna (Sherwood). La gasolina contiene en general de 1 a 5 % de benceno. Los empleados de las estaciones de servicio estarían moderadamente expuestos « 4 ppm de benceno en el aire ambiental según Parkinson). En las refinerías y en los puestos de llenado de los camiones y vagones cisterna, la concentración atmosférica en benceno está, en general, por debajo de 10 ppm (Buchet y cols., 1984; Irving y Grumbles).

El asfalto de petróleo contiene pocos HAP's superiores. No obstante, en algunos casos este asfalto se mezcla con alquitrán de hulla, lo que aumenta el riesgo de exposición cuando se trabaja con el asfalto caliente. En otros trabajos donde se utiliza el alquitrán derretido como recubrimientos de grandes superficies (aislamiento de paredes, oleoductos, etc.), los trabajadores pueden sufrir una

⁸ Kaserouni N, Sinha R, Hsu CH, Greemberg, Rothman N. Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. Food Chem Toxicol 2001

intensa exposición. Las fuentes de HAP's en el trabajo, además del alquitrán de hulla y el asfalto, son el negro de humo, la creosota, los aceites minerales (aceites lubricantes y aceites de corte), los humos y hollines procedentes de diferentes combustiones y los gases de escape de los vehículos⁹

3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

En 1775, un médico inglés, Sir Percival Pott, describió por primera vez un cáncer de origen profesional. Asoció el cáncer de escroto de los deshollinadores con su prolongada exposición a alquitrán y hollín, en condiciones deficientes de higiene personal¹⁰. En el decenio de 1930 se describió el cáncer de pulmón en los trabajadores de la industria del acero y del coque y en 1933 se demostró que el Benzo-alfapireno, presente en el alquitrán de hulla era cancerígeno. Los estudios epidemiológicos indican una mayor frecuencia de cáncer de pulmón en los trabajadores de las industrias de coque, aluminio y acero. ¹¹

Sin embargo, no todos los HAP's han mostrado poseer efectos carcinogénicos, genotóxicos o mutágenos y muchas veces el efecto se atribuye a la presencia conjunta de más de un compuesto de la familia y de algunos de sus derivados, principalmente los nitroderivados.

CUADRO N° 3

⁹ World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental Criteria 202. Selected non-heterocyclic PAHs. Geneva. WHO. 1998

¹⁰ Ruiz-Frutos C, García A, Delclós J, Benavides FG. Salud Laboral. 3ª edición. Barcelona: Masson. 2006

¹¹ Lawerys RR. Cánceres de Origen Profesional. En: Toxicología Industrial e Intoxicaciones Profesionales. Barcelona, Madrid: Masson S.A.; 1994

DATOS RELATIVOS A LOS EFECTOS CARCINOGENÉTICOS, GENOTÓXICOS MUTAGÉNICOS DE ALGUNOS HAP´S

<i>PAHs</i>	<i>Carcinogenicidad</i>	<i>Genotoxicidad</i>	<i>Mutagenicidad</i>
Fenantreno	I	L	+
Antraceno	N	N	-
Pireno	N	L	+
Benzofluorenos	I	I	?
Benzo[a]antraceno	S	S	+
Benzo [e]pireno	I	L	+
Benzo[a]pireno	S	S	+
Dibenz[a]antraceno	S	S	+
Benzo[ghi]perileno	I	I	+
Dibenzopirenos	S	I	+
2-Nitronaftaleno	N	L	-
1-Nitropireno	I	S	+

(S= suficiente; I= insuficiente; N= no carcinogénico; L= limitados.)
Mutagenicidad (Test de Ames): + (positivo); - (negativo); ? (inconcluso).

Fuente: Manstandrea y Col. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Riesgos para la Salud y Marcadores Biológicos. Acta Bioquím Clín Latinoam. 2005.

Elaborado por: Katherine Castro

3.3.1 Efectos Agudos

En cuanto a los efectos agudos los hidrocarburos aromáticos son generalmente grandes irritantes y anestésicos, pero la sustitución del benceno por tolueno y xileno hacen esos efectos más ligeros, encontrando dentro de los más frecuentes euforia, mareo, vértigo, cefalea, somnolencia, debilidad, temblor, incoordinación, delirio, pérdida de la conciencia. Si la cantidad absorbida ha sido elevada, en un ambiente demasiado saturado se puede presentar confusión mental, alteración psicomotora, coma, edema pulmonar, paro respiratorio, muerte. Además de los mencionados previamente, los efectos agudos pueden causar un síndrome de encefalopatía tóxica¹². Clínicamente se distinguen dos fases de este síndrome que aparecen a las pocas horas de exposición. La primera fase se caracteriza por

¹² Orbaeck, P. Effects of Long-Term Exposure To Organic Solvents On The Nervous System. Chronic toxic encephalopathy and the prognosis following cessation to exposure thesis, Lund 1987.

una reacción de sobreestimulación que provoca un cuadro neuropsiquiátrico de euforia, reducción del nivel de inhibición del comportamiento motor y emocional, impulsividad, inestabilidad motora y alteraciones del lenguaje en asociación con cefalea, y mareo. La segunda fase se distingue por un período donde se impone la somnolencia generalizada, la alteración de las funciones motoras e intelectuales, particularmente de la memoria. La descripción de este síndrome que se basa fundamentalmente en la evaluación clínica (neurológica y psiquiátrica) ha mostrado sustanciales correlaciones con medidas electrofisiológicas del Sistema Nervioso Central¹³.

3.3.2 Efectos neurotóxicos por exposición crónica

En los expuestos crónicamente se ha descrito también una constelación de signos clínicos conocidos como “síndrome orgánico cerebral” que afecta básicamente las funciones de la memoria operativa y reciente, la capacidad general de atención (vigilia), la capacidad intelectual y la coordinación motora¹⁴. Algunas de estas manifestaciones y el cuadro general concomitante de fatiga, disforia, depresión, trastornos del sueño, cefaleas y mareos. Muestran correlaciones sensibles con los datos electrofisiológicos descritos para el EEG. En estos pacientes se observan, con frecuencia, neuropatías periféricas (desmielinización axonal y segmentaria) y

¹³ **White RF, Proctor SP.** Solvents and neurotoxicity. Lancet 1997

¹⁴ **Deschamps D, Geraud C, Dally S.** Cognitive functions in workers exposed to toluene- Int. Arch. Occup Environ Health. 2001; 74:285-288. Deschamps D, Geraud C, Dally S. Cognitive functions in workers exposed to toluene- Int. Arch. Occup Environ Health. 2001

neuritis de los nervios craneales, trastornos de la sensibilidad y de las funciones motoras¹⁵.

Estudios recientes, bien diseñados, sugieren que en trabajadores altamente expuestos los disolventes pueden tener efectos más sutiles en la función cognoscitiva. Los dominios cognoscitivos afectados por exposición a disolventes incluyen atención, memoria verbal y habilidades visoespaciales. Trabajadores expuestos a benceno en combinación con otros químicos presentaron polineuritis, algunas veces asociada con progresión neuronal¹⁶.

En la Intoxicación crónica por xileno se han señalado como síntomas, la cefalea, irritabilidad, fatiga, laxitud, somnolencia diurna e insomnio nocturno, trastornos dispépticos. Los efectos por inhalación pueden causar depresión del SNC, caracterizado por parestesias, pérdida de memoria, debilidad, vértigo, jaqueca, anorexia, náusea. (LaDou J, 2006, NIOSH, 1987, ATSDR, 1995)

Para el tolueno, los trastornos crónicos más importantes están ligados a su acción narcótica en los que figuran, cefalea, pérdida de apetito, falta de coordinación y de memoria, somnolencia y náuseas (LaDou J, 2006).

En abusadores de solventes, se ha observado alteraciones renales y neuronales pero especialmente distrofia cerebelosa. Se ha observado disfunción de los test psicométricos y de función muscular. También se ha demostrado que el tolueno puede producir cambios sutiles en el sistema auditivo (LaDou J, 2006, ATSDR, 2000).

¹⁵ **Montoya, M.A.** Neurotoxicology in México and its relations to the general and work. Environment Ins Advances in Neurobehav. Toxicol. 1990.

¹⁶ ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Benzene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1999.

3.3.3 Efectos de los disolventes orgánicos sobre el sistema nervioso

Es posible que la exposición repetida a vapores de hidrocarburos alifáticos, así como a algunos disolventes volátiles favorezca el desarrollo de alteraciones del comportamiento que pueden evolucionar en tres fases:

- Primera fase. Síndrome neurasténico (organic effective syndrome), caracterizado por astenia física, fatiga psíquica, tendencia depresiva, reacciones afectivas exageradas y retardo del tiempo de reacción.
- Segunda fase. Síndrome disfórico (mild chronic toxic encephalopathy), caracterizado por depresión e irritabilidad alternantes, manifestaciones psicósomáticas, activación de los rasgos neuróticos o psicóticos de la personalidad de base y alteración del rendimiento psicomotor (memoria a corto plazo, atención, destreza). Los exámenes electrofisiológicos del sistema nervioso central (EEG, potenciales evocados) pueden revelar diversas anomalías.
- Tercera fase. Instauración de un síndrome demencial o psicoorgánico (severe chronic toxic encephalopathy) que afecta la personalidad, la afectividad, la función amnésica o las funciones intelectuales. Los exámenes neuromorfográficos y la tomografía axial computadorizada muestran una atrofia cortical difusa¹⁷.

La gran mayoría de los disolventes orgánicos tienen la característica de causar trastornos no específicos del sistema nervioso, debido a: su liposolubilidad que los hace afín a todos los tejidos con alta cantidad de grasa como son cerebro o

¹⁷ Orbaeck, P. Effects of long - term exposure to organic solvents on the nervous system. Chronic toxic encephalopathy and the prognosis following cessation to exposure thesis, Lund 1987

médula espinal, es posible deprimir al tejido nervioso en cualquier nivel. Lo descrito anteriormente es posible porque el sistema nervioso presenta una gran complejidad de reacciones de control que ha de llevar a cabo sobre la mayoría de las funciones del organismo correspondientes a los diferentes órganos sensoriales de los cuales recibe estímulos innumerables, que integra y devuelve una respuesta, y entre los que se cuenta la contracción muscular esquelética, la contracción de las fibras lisas de los órganos internos y la secreción de las glándulas endocrinas y exocrinas¹⁸.

En la intoxicación aguda aparece un cuadro clínico patológico, dramático, tras la absorción de la sustancia y que usualmente se presenta antes de las 24 horas. Con la exposición a los disolventes, la aparición de los síntomas es precoz, debido a la rapidez con que la mayoría de estos elementos atraviesan las barreras orgánicas¹⁹. Según variados estudios incluidos los de la NIOSH se ha concluido que la exposición prolongada a mezcla de disolventes induce cambios demenciales moderados no progresivos, con o sin disfunción del sistema nervioso periférico.

3.4 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICA DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS

3.4.1 Dióxido de Azúfre

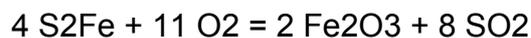
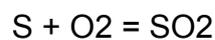
El dióxido de azufre, conocido ya por los primitivos griegos y romanos, se ha venido usando durante siglos como desinfectantes y decolorante. PRIESTLEY, en

¹⁸ **Bello J, López A**, Fundamentos de Ciencia Toxicológica, Editorial Díaz de Santos, Madrid España 2001

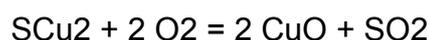
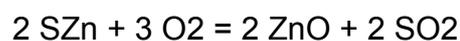
¹⁹ **Repetto M**, Toxicología fundamental, Tercera Edición, Editorial Díaz de Santos, Madrid España 1997

1775, fue el primero en reconocerlo como un compuesto definitivo. El gas se encuentra en los vapores volcánicos, y también en el aire de las cercanías de centros industriales, donde se forma en la combustión de la hulla que contiene compuestos de azufre.

El dióxido de azufre puede prepararse principalmente por *combustión del azufre o del sulfuro*. Cuando se quema al aire azufre o piritita de hierro, S₂Fe, se forma dióxido de azufre:



Algunos sulfuros requieren el empleo de aire precalentado para mantener la combustión. El primer paso de la metalurgia del cinc, del cobre y de otros metales es la combustión de los sulfuros respectivos, *esfalerita* o *blenda* (SZn); *calcosina* (SCu₂); etc... , con aire precalentado. En esta operación que se conoce como *tostación* (calentar la substancia finamente dividida en una corriente de aire o de gases de horno enriquecidos con aire), se forma el óxido superior del metal y se desprende dióxido de azufre:



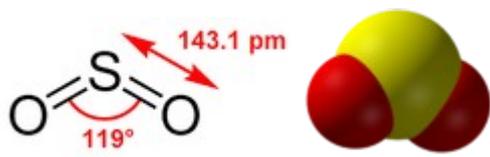
También se produce durante el proceso una pequeña cantidad de trióxido de azufre, SO₃, debido a la oxidación del SO₂:



El dióxido de azufre obtenido como subproducto en estos procesos metalúrgicos, se recupera lavando los gases con disoluciones alcalinas.²⁰

CUADRO N° 4

PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL DIÓXIDO DE AZÚFRE

 <p>Óxido de azufre</p>	
Nombre (IUPAC) sistemático	
Óxido de azufre	
General	
Otros nombres	Dióxido de azufre Anhídrido sulfuroso
Fórmula semidesarrollada	SO₂
Identificadores	
Número CAS	n/d
Propiedades físicas	
Estado de agregación	Gas
Apariencia	Incoloro
Densidad	1400 kg/m ³ ; 1,4 g/cm ³
Masa molar	64,1 g/mol
Punto de fusión	198 K (-75 °C)
Punto de ebullición	263 K (-10 °C)
Propiedades químicas	
Solubilidad en agua	9,4 g en 100 g de agua

Fuente: MORCILLO RUBIO, JESÚS y otros, Química, Editorial Anaya, 1995

²⁰ MORCILLO RUBIO, JESÚS y otros, Química, Editorial Anaya, 1995

El Dióxido de azufre no figura en el IARC, NTP o por OSHA como carcinógeno o potencial carcinógeno.

3.4.2 SULFURO DE HIDRÓGENO

Es soluble en agua, sin embargo estas disoluciones no son estables pues absorben oxígeno, con lo que se forma azufre elemental y las disoluciones se enturbian. Esto puede prevenirse con el uso de disoluciones 50/50 (V/V) de glicerol y agua, retardándose, de esta manera, la formación de azufre.

Es muy tóxico por lo que una exposición prolongada a este gas puede generar efectos adversos a la salud. Es considerado tan tóxico como el HCN, sin embargo su olor tan desagradable permite que sea percibido a muy bajas concentraciones.

El sulfuro de hidrógeno anhidro es poco corrosivo de acero al carbón, aluminio y aceros inoxidable, sin embargo, los aceros duros si están altamente tensionados, se vuelven frágiles por la acción de este producto, lo cual puede evitarse con cubiertas, por ejemplo de teflón.

El sulfuro de hidrógeno se obtiene por su separación de gas amargo, que es el gas natural con alto contenido de H_2S . Puede ser producido por reacción de hidrógeno con el azufre elemental fundido a $450^\circ C$. Puede sustituir a los hidrocarburos de hidrógeno en este proceso²¹.

²¹ Pradyot Patnaik. *Manual de productos químicos inorgánicos*. McGraw-Hill. 2002

CUADRO N°5

PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL SULFURO DE HIDRÓGENO

Otros nombres	De hidrógeno Sulfuretted; sulfane, sulfuro de hidrógeno, hidruro de azufre, hidrógeno sulfurado, ácido sulfhídrico, gas alcantarillado; olor húmedo; gases de huevo podrido, azufre,
Identificadores	
Número CAS	7783-06-4
Número CE	231-977-3
Propiedades	
Fórmula molecular	H ₂ S
Masa molar	34,082 g / mol
Apariencia	Gas incoloro.
Densidad	1,363 g / L, gas.
Punto de fusión	-82.30 ° C (190.85 K)
Punto de ebullición	-60.28 ° C (212.87 K)
Solubilidad en el agua	0,4 g/100 ml (20 ° C) 0,25 g/100 ml (40 ° C)
Solubilidad	soluble en CS ₂ , metanol, acetona; muy soluble en alcanolamina
Acidez (p K_a)	6,89
Índice de refracción (n_D)	1.000644

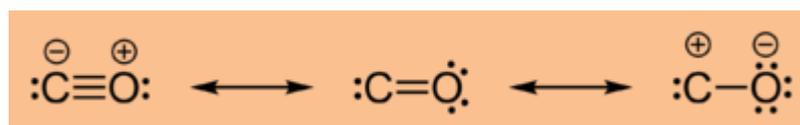
Fuente: Pradyot Patnaik. *Manual de productos químicos inorgánicos*. McGraw-Hill. 2002

Elaborado por: Katherine Castro

3.4.3 Monóxido de Carbono

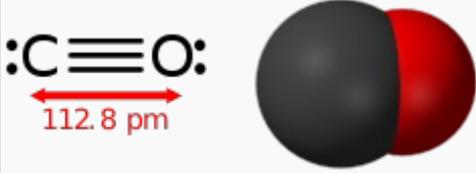
El monóxido de carbono es un gas que resulta de la combinación de un átomo de carbono con otro de oxígeno. Es un gas inflamable y muy peligroso, a la vez que muy tóxico e inodoro. No es esencial y se desprende en toda combustión defectuosa realizada en condiciones de falta de oxígeno. En el plano industrial, se produce a gran escala y asociado al hidrógeno en el refinado de hidrocarburos, normalmente del gas natural. Se utiliza en grandes cantidades para la fabricación de ciertos intermediarios orgánicos como los ácidos acéticos, isocianatos, ácido fórmico, y ciertos polímeros (policarbonatos, policetonas).

La longitud del enlace de CO es consistente con un triple enlace parcial, y la molécula puede ser representada por tres estructuras de resonancia:



CUADRO N° 6

PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL MONÓXIDO DE CARBONO

	
Otros nombres	Óxido de carbono
Identificadores	
Número CAS	630-08-0 ✓
Número CE	211-128-3
Propiedades físicas de identificación	275
Propiedades	
Fórmula molecular	CO
Masa molar	28,010 g mol ⁻¹
Apariencia	Incoloro, inodoro y de gas
Densidad	0,789 g mL ⁻¹ líquido 1,250 g L ⁻¹ a 0 ° C, 1 atm 1,145 g L ⁻¹ a 25 ° C, 1 atm
Punto de fusión	-205 ° C, 68 K, -337 ° F
Punto de ebullición	-191,5 ° C, 82 K, -313 ° F
Solubilidad en el agua	0,0026 g/100 ml (20 ° C)
Solubilidad	Soluble en cloroformo, ácido acético, hidróxido de, acetato de etilo, etanol, y de amonio

Momento dipolar 0,112 D

Fuente: Pradyot Patnaik. *Manual de productos químicos inorgánicos*. McGraw-Hill. 2002
Elaborado por: Katherine Castro

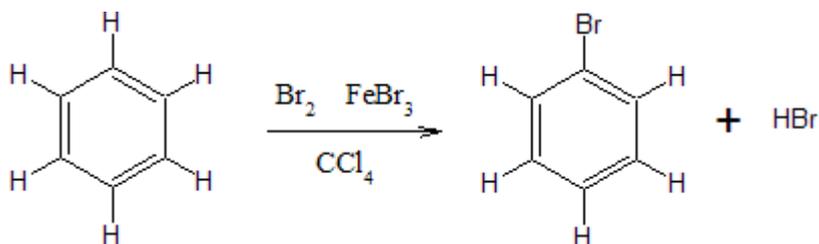
3.4.4 Benceno

Aunque el benceno se conoce desde 1825, y sus propiedades físicas y químicas son mejor conocidas que la de cualquier otro compuesto orgánico, su estructura no pudo ser determinada de forma satisfactoria hasta 1931. El principal problema era debido no a la complejidad de la molécula en sí, sino que era consecuencia del limitado desarrollo de la teoría estructural alcanzado en aquella época.

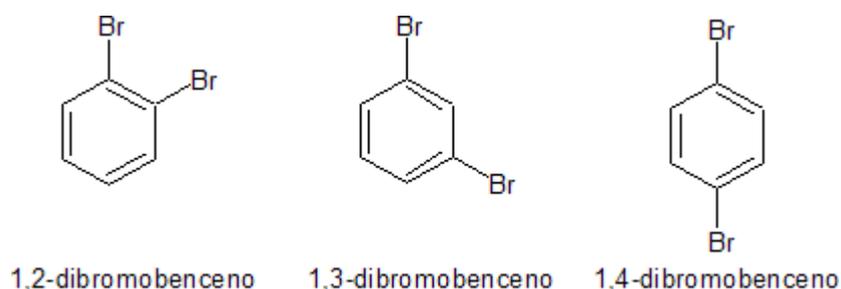
Se conocía su fórmula molecular (C_6H_6), pero el problema estaba en conocer como se disponían los átomos en la estructura.

Todos estos intentos de representar la estructura del benceno representaban las distintas formas en que se trataba de reflejar la inercia química del benceno. Recientemente Van Temelen sintetizó el benceno de Dewar "biciclo (2,2,0) hexadieno", sustancia que sufre una rápida isomerización de enlace de valencia para dar benceno.

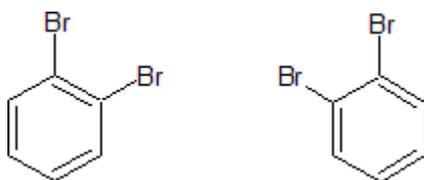
Un análisis de las características químicas del benceno permite ir descartando estas posibles estructuras. Así, el benceno sólo da un producto monobromado:



Asimismo el benceno reacciona nuevamente con el halógeno para dar tres derivados disustituídos isómeros de fórmula molecular $C_6H_4X_2$ ó C_6H_4XZ . Este comportamiento está de acuerdo con la estructura III.



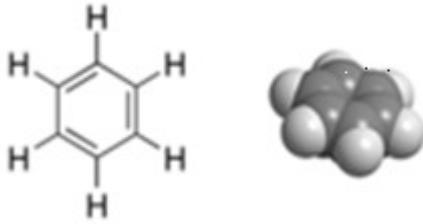
Esta estructura III a su vez permitiría dos isómeros 1,2-dihalogenado, que serían:



El benceno está clasificado como carcinógeno de primera categoría por la Unión Europea; es decir, es una sustancia que, por datos epidemiológicos, es capaz de causar cáncer en el hombre. Debido a la reducción en el uso de benceno es muy rara la intoxicación aguda por inhalación de gran cantidad de vapores pero, en tal caso, se produce una afectación del sistema nervioso central con depresión, cefaleas y vértigos. La intoxicación crónica produce una alteración de la hematopoyesis, admitiéndose la existencia de una relación causal entre altas exposiciones al agente químico y el desarrollo de pancitopenia, anemia aplásica y leucemia.

CUADRO N°7

PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL BENCENO

	
Nombre (IUPAC) sistemático	
1,3,5-Ciclohexatrieno	
General	
Otros nombres	Benzol, Bencina
Fórmula semidesarrollada	C ₆ H ₆
Identificadores	
Número CAS	[71-43-2 [71-43-2]]
Propiedades físicas	
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	878,6 kg/m ³ ; 0.8786 g/cm ³
Masa	78.1121 u
Punto de fusión	278.6 K (5,45 °C)
Punto de ebullición	353.2 K (80,05 °C)
Punto de descomposición	K (-273,15 °C)
Temperatura crítica	K (-273,15 °C)
Viscosidad	0.652
Propiedades químicas	
Solubilidad en agua	1.79
KPS	n/d
Momento dipolar	0 D
Compuestos relacionados	
Hidrocarburos	Ciclohexano Naftaleno

Fuente: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). Benceno. Atlanta 2007. Versión electrónica: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>

Elaborado por: Katherine Castro

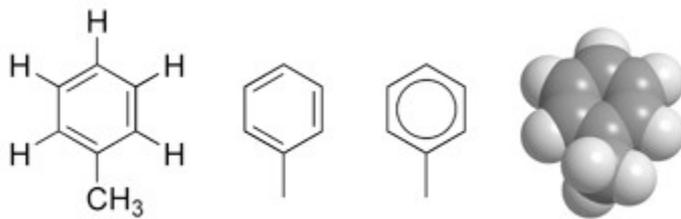
3.4.5 Tolueno

El tolueno o metilbenceno, ($C_6H_5CH_3$) es la materia prima a partir de la cual se obtienen derivados del benceno, el ácido benzoico, el fenol, la caprolactama, la sacarina, el TDI (diisocianato de tolueno) materia prima para la elaboración de poliuretano, medicamentos, colorantes, perfumes, TNT y detergentes.

Su nombre deriva del bálsamo del árbol *Myroxylon balsamum* (Bálsamo Tolu o bálsamo de Colombia) del cual Henri Etienne Sainte-Claire Deville lo obtuvo por primera vez en 1844 mediante destilación seca.

Existe en forma natural en el petróleo crudo. También se produce durante la manufactura de gasolina y de otros combustibles a partir de petróleo crudo y en la manufactura de coque a partir de carbón, también está presente en el humo de los cigarrillos.

El tolueno es una sustancia nociva aunque su toxicidad es muy inferior a la del benceno. La razón radica en que la además, el tolueno puede producir cáncer a las personas que estén expuestas por un largo tiempo a sus efectos citocromo P450, responsable de la metabolización del benceno y del tolueno, oxida preferentemente el grupo metilo. Los epóxidos generados en la oxidación del anillo aromático (y al que se atribuye el poder cancerígeno del benceno) sólo se forman en una proporción inferior al 5 %.

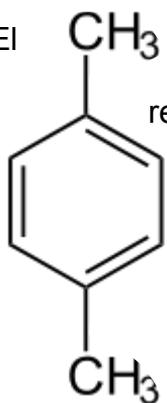


General Fórmula semidesarrollada $C_6H_5CH_3$ Fórmula molecular C_7H_8 Identificadores Número CAS 108-88-3 **Propiedades físicas** Densidad 866,9 (a 20°C) kg/m^3 ; 0,8669 (a 20°C) g/cm^3 Masa 92,14 u Punto de fusión 178 K (-95°C °C) Punto de ebullición 383,8 K (110,8 °C) Punto de descomposición K (-273,15 °C) Temperatura crítica 591,64 K (318,46 °C) **Propiedades químicas** Solubilidad en agua 0,05 g/mL **Compuestos relacionados** Alcanos Benceno Otros Ácido benzoico, Fenol **Peligrosidad** Punto de inflamabilidad 277 K (4 °C) Temperatura de autoignición 873 K (600 °C)

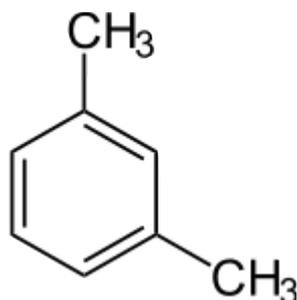
Metilbenceno
Nombre (IUPAC) sistemático

Fuente: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). Tolueno. Atlanta 2007. Versión electrónica: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>
Elaborado por: Katherine Castro

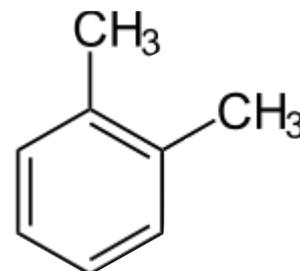
3.4.6 Xileno

El  xileno es el nombre de los dimetilbencenos. Según la posición relativa de los grupos metilo en el anillo de benceno. Se diferencia entre orto-, meta-, y para- xileno (o con sus nombres sistemáticos

1,2-; 1,3-; y 1,4-dimetilbenceno). Se trata de líquidos incoloros e inflamables con un característico olor parecido al tolueno.



m-xileno



o-xileno

p-xileno

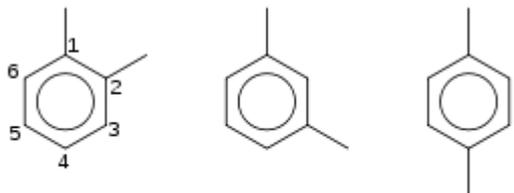
Los xilenos se encuentran en los gases de coque, en los gases obtenidos en la destilación seca de la madera (de allí su nombre: *xilon* significa madera en griego) y en algunos petróleos. Tienen muy buen comportamiento a la hora de su combustión en un motor de gasolina y por esto se intenta aumentar su contenido en procesos de reforming.

Los xilenos son buenos disolventes y se usan como tales. Además forman parte de muchas formulaciones de combustibles de gasolina donde destacan por su elevado índice octano. Un inconveniente es la dificultad de separación de los isómeros que tienen puntos de ebullición casi idénticos (o-xileno: 144 °C; m-xileno: 139 °C; p-xileno: 138 °C).

Los xilenos son nocivos. Sus vapores pueden provocar dolor de cabeza, náuseas y malestar general.

CUADRO N°9

PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL XILENO

	
<p>1,2-dimethylbenzene (xylene) <i>ortho</i>- 1,3-dimethylbenzene (xylene) <i>meta</i>- 1,4-dimethylbenzene (xylene) <i>para</i>-</p>	
Nombre (IUPAC) sistemático	
Xilol, Dimetilbenceno	
General	
Fórmula semidesarrollada	$C_6H_4(CH_3)_2$
Fórmula molecular	C_8H_{10}
Identificadores	
Número CAS	1330-20-7
Propiedades físicas	
Apariencia	Incoloro
Densidad	3,65-3,70(a 20°C) kg/m^3 ; 0,365-0,370(a 20°C) g/cm^3
Masa molar	106,16 g/mol
Punto de fusión	248,15 K (-25°C °C)
Punto de ebullición	411,15-417,15 K (138-144 °C)
Viscosidad	0.620-0.810 (20°C)
Propiedades químicas	
Solubilidad en agua	Insoluble en agua, soluble en alcohol, éter, etc.
Peligrosidad	
Punto de inflamabilidad	300 K (27 °C)
Temperatura de autoignición	736,9 K (463,9 °C)

Fuente: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). Xileno. Atlanta 2007. Versión electrónica: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>
Elaborado por: Katherine Castro

3.5 EVALUACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO

No existe una metodología única para abordar el tema de prevención y evaluación del riesgo químico. En el nivel preventivo se conocen estrategias como la de SOBANE propuesta por el profesor Malchaire de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica; el método descrito por James C. Rock del Instituto de Seguridad y Salud Ocupacional de la Universidad de Texas, basado en la aplicación de matrices de calificación cualitativa²²; el método de la AIHA (American Industrial Hygiene Association) , que desarrolla la metodología de evaluación y manejo de la exposición ocupacional, bajo un enfoque de gestión con la identificación de grupos de exposición similar (GES), y el método “International Chemical Control Toolkit” o “Caja de herramientas de control químico” de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) también conocida como “Control Banding”²³.

Por otra parte, el empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Si así fuera, se deberán evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, originados por dichos agentes, de conformidad con:

1) Normativa Ecuatoriana

- Artículo. 64. SUSTANCIAS CORROSIVAS, IRRITANTES Y TÓXICAS.- EXPOSICIONES PERMITIDAS.- En aquellos lugares de trabajo donde se manipulen estas sustancias no deberán sobrepasar los valores máximos permisibles, que se fijaren por el Comité Interinstitucional, y

²² Beverly S. Cohen and Susanne V. Hering (Editors). Air Sampling Instruments. Chapter 2: Occupational Air Sampling Strategies by Rock James C., 8th Edition, ACGIH, USA. 1995.

²³ International labor office (ILO). International Chemical Control Tool Kit. Ginebra. Suiza, 2004. Versión electrónica: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf.

- Artículo. 65. SUSTANCIAS CORROSIVAS, IRRITANTES Y TÓXICAS.-
NORMAS DE CONTROL. 36:

Normas Generales.

Cuando las concentraciones de uno o varios contaminantes en la atmósfera laboral superen los límites establecidos por el Comité Interinstitucional, se aplicarán los métodos generales de control que se especifican, actuando preferentemente sobre la fuente de emisión. Si ello no fuere posible o eficaz se modificarán las condiciones ambientales; y cuando los anteriores métodos no sean viables se procederá a la protección personal del trabajador.

Cambio de sustancias

En aquellos procesos industriales en que se empleen sustancias con una reconocida peligrosidad o toxicidad, se procurará sustituirlas por otras de menor riesgo, siempre que el proceso industrial lo permita).²⁴

2) Normativa Internacional

- Artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (España) y la Sección 1ª del Capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, considerando y analizando conjuntamente:
 - a) Sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil

²⁴ DECRETO EJECUTIVO 2393. Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Ambiente de trabajo. Ecuador, 1986.

acceso. Esta información debe incluir la ficha de datos de seguridad y, cuando proceda, la evaluación de los riesgos para los usuarios, contempladas en la normativa sobre comercialización de agentes químicos peligrosos.

b) Los Valores Límite Ambientales y Biológicos.

c) Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.

d) El tipo, nivel y duración de la exposición de los trabajadores a los agentes y cualquier otro factor que condicione la magnitud de los riesgos derivados de dicha exposición, así como las exposiciones accidentales.

e) Cualquier otra condición de trabajo que influya sobre otros riesgos relacionados con la presencia de los agentes en el lugar de trabajo y, específicamente, con los peligros de incendio o explosión.

f) El efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.

g) Las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de los trabajadores que, en su caso, se haya realizado y los accidentes o incidentes causados o potenciados por la presencia de los agentes en el lugar de trabajo.

Es importante tener en cuenta que cuando los resultados de la evaluación revelen un riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores, serán de aplicación las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud. El criterio se presenta en función del tipo de agente químico peligroso:

1) Agentes sensibilizantes, cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción: Deben tomarse siempre todas las medidas

preventivas específicas razonablemente factibles con objeto de reducir el riesgo al mínimo posible, ya que para estos agentes no existen exposiciones "seguras" (aunque exista un Valor Límite Ambiental orientativo). Debe efectuarse también una vigilancia de la salud de los trabajadores, específica en relación con los posibles efectos del agente en cuestión²⁵.

- 2) **Agentes cuyo Valor Límite Ambiental ha sido establecido para evitar irritaciones leves, molestias o cualquier otro efecto de carácter leve que, de ocurrir, es directamente percibido por el trabajador:** No es necesario tomar medidas preventivas específicas si no se producen los citados efectos. En caso contrario debe revisarse la evaluación y deben adoptarse las medidas preventivas necesarias para evitar la repetición de los mismos.

- 3) **Resto de agentes:** Salvo que la exposición representativa (obtenida con las mediciones realizadas en una jornada cualquiera) y teniendo en cuenta los posibles efectos aditivos, sea inferior o igual al 10% del Valor Límite Ambiental aplicable, se deberían adoptar las siguientes medidas:
 - Las medidas o soluciones preventivas "reconocidas" de uso extendido y habitual en el tipo de operaciones o situaciones de que se trate (caso de que existan y no se hayan adoptado).

²⁵ Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Real Decreto, 374/2001, de 6 de abril BOE nº 104. Artículo 6.

- Cualquier otra medida preventiva que sea razonable, a criterio del "profesional responsable"

La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el Valor Límite Ambiental que corresponda según lo dispuesto en el apartado anterior. El procedimiento de medición utilizado deberá adaptarse, por tanto, a la naturaleza de dicho Valor Límite.

La medición de la concentración ambiental del agente químico deberá ser representativa de la exposición por inhalación y para ello tendrá que cumplir los requisitos siguientes:

- Las condiciones de trabajo al efectuar la medición deberán ser las habituales.
- El resultado debe corresponder a muestras de tipo personal, obtenidas en la zona de respiración del trabajador.
- El resultado debe corresponder al periodo de tiempo de referencia para el que está definido el valor límite con el que se vaya a comparar.
- La forma de expresión del resultado debe ser la misma que la utilizada por el valor límite con el que se vaya a comparar.
- Se utilizará una estrategia de medición (número de muestras, duración de cada muestra, momento de muestreo, etc.) que ofrezca una fiabilidad de las conclusiones.

- Si existe normativa específica para el agente en cuestión, la estrategia de medición y el procedimiento de medida deberán cumplir los requisitos establecidos en ella.
- Los métodos de medición utilizados deberán garantizar la fiabilidad de los resultados.
- El laboratorio que realice las determinaciones debería tener establecido un sistema de gestión de la calidad cubriendo todas sus actividades.

3.5.1 Vías de exposición y valores límite

Históricamente, en la evaluación de la exposición a los agentes químicos se ha dado mayor atención a la vía aérea que a la vía dérmica. Específicamente en la valoración por exposición a vapores orgánicos, la inhalación se ha considerado como la principal ruta de ingreso de dichos contaminantes al organismo. Sin embargo, es reconocido que los riesgos por exposición a los agentes del grupo Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en el ambiente de trabajo pueden darse por inhalación del agente y por absorción a través de la piel. Puede darse también ingreso de contaminante en el organismo, por ingestión, bien accidental o falta de higiene a la hora de comer con las manos, pero esta vía de exposición debemos considerarla accidental, o bien fácilmente controlable con medidas de higiene apropiadas.

La importancia de la vía dérmica es reconocida por OSHA, NIOSH y ACGIH y otras organizaciones responsables del establecimiento de los valores límites de

exposición. Las publicaciones de dichos organismos incluyen lo que se conoce como notación “piel”, identificando la vía dérmica como ruta importante de exposición para los agentes a los cuales se les ha asignado esta notación. La notación “piel” permite identificar los compuestos específicos que después de ser absorbidos a través de la piel pueden causar toxicidad sistémica. Cuando no se dispone de esta notación, para valorar la posible absorción dérmica de la sustancia involucrada se deben evaluar sus características fisicoquímicas para saber si se trata de una sustancia corrosiva (pH alto o bajo), sensibilizante (reactividad) o que realmente puede absorberse a través de la piel (buena solubilidad en lípidos y en agua).

De acuerdo con la AIHA (2006) para la evaluación de la exposición dérmica se puede aplicar la estrategia utilizada en la evaluación de la exposición ambiental (vía aérea), haciendo uso de herramientas tales como: categorización cualitativa, monitoreo (cualitativo, semi-cuantitativo y cuantitativo) y empleo de modelos.

De acuerdo con la ACGIH 2007, los TLV se refieren a las concentraciones de agentes químicos en el aire y representan las condiciones bajo las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos diariamente sin efecto adverso y se determinan con base en la información obtenida de la experiencia en la industria, estudios experimentales con seres humanos y animales o de una combinación de estas tres fuentes de datos, cuando es posible.

En España los L.E.P. son valores de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación, a los

agentes químicos presentes en los puestos de trabajo y, por lo tanto, para proteger la salud de los trabajadores y a su descendencia.

Estos valores se han desarrollado como límites que no se deben sobrepasar, para ayudar en el control de riesgos para la salud, no se deben tomar como estándares con fines legales sino como valores recomendados para los programas de higiene y seguridad en el trabajo. Esta información debe ser utilizada, interpretada y aplicada únicamente por profesionales especialistas en higiene

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en ml/m³ (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo también expresarse en mg/m³ para una temperatura de 20°C y una presión de 101,3 kPa, valor que depende de las citadas variables. La conversión de ppm a mg/m³ se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$VLA \text{ en } mg / m^3 = \frac{(VLA \text{ en } ppm) \cdot (\text{peso molecular del agente químico en gramos})}{24,04}$$

Debido a que existe amplia variación en la susceptibilidad individual, un pequeño porcentaje de trabajadores puede experimentar molestias por algunas sustancias químicas aún a concentraciones menores al VLA's o TLVs; un porcentaje más pequeño puede ser afectado más seriamente porque se agrava una condición pre-existente o porque desarrolla una enfermedad ocupacional. Pueden existir individuos hiper-susceptibles que presentan reacciones no usuales ante algunas

sustancias químicas, debido a factores genéticos, edad, hábitos personales (tabaquismo, alcohol, o uso de drogas), medicación o exposiciones previas.

Para los límites de exposición profesional (L.P.E.), existe dos categorías el Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED) y Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC), también una tercera categoría complementaria el Límites de Desviación (LD) (las definiciones están dadas en el glosario del presente documento).

3.5.2 Métodos Cuantitativos para la Evaluación Ambiental a Contaminantes Químicos

Para la evaluación de la exposición a productos químicos, existen diferentes metodologías y criterios normalizados por autoridades internacionales del campo de la higiene ocupacional, especializados en la vigilancia y el control de los riesgos de enfermedades profesionales. Entre las publicaciones más prestigiosas están el Manual de Métodos de Análisis, el cual incluye específicamente el método 1501 que aplica para hidrocarburos aromáticos del grupo BTX de NIOSH 2003, los Métodos de Análisis de la OSHA, la Serie de Guías Analíticas de la AIHA, los Métodos de Toma de Muestra y Análisis del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT 2003). Los métodos utilizados en España, Alemania y Francia son similares a los referidos por la NIOSH y se pueden consultar a través de la base de datos GESTIS 2007.

Existen dos tipos de métodos para la evaluación de contaminantes químicos: los métodos de lectura directa en donde el resultado de la concentración en el aire

puede ser conocido de manera inmediata y los métodos de lectura indirecta, en cuyo caso la muestra se recolecta en el sitio de trabajo y debe ser enviada al laboratorio para su análisis posterior.

Existen equipos portátiles que permiten realizar el análisis durante el trabajo de campo conocidos como instrumentos de lectura directa. Estos equipos se utilizan para conocer el grado de contaminación de un área de trabajo en particular. El uso de cromatógrafos de lectura directa tiene algunas ventajas en comparación con los sistemas de etapas separadas de toma de muestra y análisis, ya que permite obtener resultados puntuales y realizar estudios de su variación con el tiempo. Además son rápidos y económicos. Los métodos de lectura directa tienen la desventaja de ser menos precisos y con frecuencia presentan interferencias impredecibles, por lo cual no son confiables para la evaluación de la exposición ocupacional de los trabajadores.

Los métodos de lectura indirecta, por el contrario, permiten conocer la composición química de la muestra y son el mejor descriptor de la exposición ocupacional ya que el muestreo puede ser personal. Estos métodos aplican técnicas instrumentales de análisis de alta sensibilidad y especificidad.

Para determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos en muestras ambientales por monitoreo personal, es necesario en primer lugar realizar la toma de la muestra de aire en el ambiente de trabajo, asegurar su conservación durante el transporte y el almacenamiento y posteriormente efectuar el análisis en el laboratorio.

La muestra se recoge, utilizando una bomba de muestreo personal calibrada (muestreo activo), haciendo pasar una cantidad conocida de aire a través de un elemento captador, que es un tubo relleno con material adsorbente generalmente de carbón activado. Posteriormente los vapores se desorben utilizando disolventes, solos o en mezclas de sulfuro de carbono, metanol o diclorometano. La disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases (GC por sus siglas en inglés) equipado con detector de ionización de llama (FID por sus siglas en inglés). Del cromatograma resultante se obtienen las áreas de los picos de los analitos de interés y del patrón interno, determinando la cantidad de hidrocarburo presente en la muestra y a partir de la masa de los analitos presentes en la muestra se obtienen las concentraciones ambientales.

La calidad y confiabilidad de los resultados finales depende de la adecuada ejecución de los procedimientos mencionados previamente.

El uso de los tubos colorimétricos está indicado para estimar la concentración puntual del contaminante en el aire, detectar fugas, estimar la concentración del contaminante en áreas cercanas a la fuente, espacios cerrados o para realizar un tamizaje de las condiciones ambientales. Los procedimientos de tamizaje no se deben utilizar para determinar conformidad con los valores límite. Los tubos de lectura directa presentan limitaciones por falta de especificidad y sensibilidad. La interpretación de los resultados puede ser afectada por el tiempo la temperatura y presión. Tales limitaciones fueron evaluadas en la revisión de D.K. Verma²⁶

²⁶ **Verma D. K; Karen des Tombe** Measurement of benzene in the workplace and its evolution process, part 1 American Industrial Hygiene Association Journal; Jan/Feb 1999

3.5.3 Medida y valoración del riesgo

Como es sabido, la evaluación de la exposición a un agente químico sólo nos proporciona una estimación de la probabilidad (o, más exactamente, un juicio sobre ella) de que ese agente químico llegue a producir su efecto característico, pero nada nos dice acerca de la gravedad de ese efecto. Puesto que ésta ha de ser tomada en cuenta para medir el riesgo, y es en esta medida en la que ha de basarse la priorización preventiva, objetivo irrenunciable de la evaluación de riesgos, es evidente que no puede darse por terminada ésta en la fase anterior. Para la valoración del riesgo por exposición a agentes químicos, se seguirá el criterio de la Norma UNE-EN 689, que dependiendo de los valores obtenidos en el monitoreo personalizado, clasifica al riesgo como: Tolerable, Aceptable ó Intolerable.

La operación que acabamos de describir no tendría la menor dificultad si no fuera por el hecho de que el marco de referencia de la evaluación de la exposición es conceptualmente distinto del de la evaluación del riesgo: el primero es el grupo de exposición homogénea (GEH), definido como la asociación entre un puesto de trabajo y un agente químico (o varios que producen el mismo efecto), y el segundo, la tarea, normalmente constituida en situación de riesgo.

Esta diferencia conceptual acarrea algunas complicaciones cuando ambos marcos no coinciden en la práctica. Los casos de disparidad pueden agruparse en dos clases:

- a) Cuando una tarea comprende varios grupos de exposición homogénea. En tal caso se valorará el riesgo de cada GEH y se tomará como riesgo de la tarea el mayor de ellos.
- b) Cuando un GEH comprende varias tareas sucesivas. En este caso, la propuesta es proceder como sigue: a la tarea de máxima exposición se le asigna el valor de riesgo que resulte para el GEH y los valores de las restantes tareas se irán determinando, por riguroso orden de magnitud, tras descontar la contribución a la exposición global de las tareas ya valoradas.

3.5.4 Medidas específicas de prevención y protección

La necesidad de adopción de medidas preventivas específicas vendrá determinada por la evaluación de los riesgos, de la que se deducirán así mismo las medidas concretas a implantar.

En el cuadro 10 se presenta una enumeración no exhaustiva de las medidas preventivas posibles, clasificadas de acuerdo con el elemento sobre el que actúa y según el objetivo que se puede conseguir con su implantación. El objetivo (filas de la tabla) determina el nivel de prioridad y atendiendo a la eficacia del control de

riesgos, son preferentes las medidas preventivas citadas en las columnas situadas más a la izquierda en la tabla.

CUADRO N°10

PRIORIDAD EN LA ELECCIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS PARA AGENTES QUÍMICOS

Nivel de prioridad	Objetivo de la medida preventiva	La medida preventiva se aplica al			
		Agente químico	Proceso o Instalación	Local de trabajo	Método de trabajo
1°	Eliminación del riesgo	Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso	Sustitución del proceso Utilización de equipos intrínsecamente seguros		Automatización Robotización Control remoto
2°	Reducción-Control del riesgo	Sustitución parcial del agente Cambio de forma o estado físico	Proceso cerrado Cabinas de guantes Aumento de la distancia Mantenimiento preventivo Extracción localizada Equipos con extracción local incorporada Cubetos de retención	Orden y limpieza Segregación de departamentos sucios Ventilación por dilución Duchas de aire Cortinas de aire Cabinas para los trabajadores Drenajes Control de focos de ignición	Buenas prácticas de trabajo Supervisión Horarios reducidos
3°	Protección del trabajador				EPI de protección respiratoria, dérmica u ocular. Ropa de trabajo

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos presentes en los Lugares de Trabajo relacionados con Agentes Químicos. REAL DECRETO 374/2001, Madrid, España, 2001.

Elaborado por: Katherine Castro

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente estudio es establecer una estrategia y metodología de muestreo personalizado a fin de representar lo más fielmente posible la exposición laboral de los distintos puestos de trabajo a los Agentes Químicos identificados, tales como: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), Compuestos aromáticos BTX (Benceno, Tolueno, Xileno) y Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's), en una Refinería del Área Andina, a partir de un screening ambiental inicial, para que identificar fuentes de emisión puntuales y/o emisiones de sobreexposición.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos a cubrir en el presente estudio son:

- Identificar en una Refinería del Área Andina, los puntos de muestreo para agentes químicos, a través de las concentraciones de los contaminantes

químicos emitidos al ambiente en cada unidad de proceso operativo en base a la materia prima, productos intermedios y productos finales del proceso de refinación de petróleo.

- Identificar la presencia de agentes químicos en las atmósferas de los lugares de trabajo de una Refinería del Área Andina, mediante mediciones puntuales de screening ambiental de agentes químicos.
- Levantar en una Refinería del Área Andina, los diferentes puestos de trabajo por: Unidades de proceso, área de Influencia, actividad, tiempo de exposición y número de trabajadores, para definir Grupos Homogéneos de Exposición (GHE).
- Establecer, en una Refinería del Área Andina, una metodología de muestreo para cada agente químico en estudio (CO, SO₂, H₂S, BTX, HAP's), a partir de una comparación inicial de metodologías y criterios normalizados por autoridades internacionales del campo de la higiene ocupacional, especializados en la vigilancia y el control de los riesgos de enfermedades profesionales.
- Proponer un cronograma de monitoreo continuo, en función de los resultados que se pudiesen obtener y de su mayor o menor proximidad al valor límite establecido.

4.3 OBJETIVOS COLATERALES

- Establecer un plan de monitoreo para agentes químicos en la Refinería en estudio.
- A partir de los datos obtenidos en el presente estudio, se podrá establecer un plan de Higiene Industrial en refinerías del área andina, la misma que contemple la evaluación, medición y control de la exposición a los principales contaminantes químicos de refinería, con el fin de aplicar medidas correctivas y preventivas según cada caso, preservando así la salud de los trabajadores.
- Equiparar laboratorios de Higiene Industrial Analítica a mediano plazo en nuestro país, con el fin de concatenar al Plan de Higiene Industrial en refinerías, para el estudio de los principales contaminantes químicos.

5. MATERIALES Y METODOS

Para el establecimiento de una estrategia y metodología de muestreo ambiental, de los contaminantes químicos en Refinería que se abordarán en este estudio, son:

CUADRO N°11

PRINCIPALES CONTAMINANTES QUÍMICOS EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

Listado de Contaminantes
1.- Dióxido de azufre (SO ₂)
2.- Sulfuro de Hidrógeno (SH ₂)
3.- Monóxido de Carbono (CO)
4.- Compuestos aromáticos BTX (Benceno, Tolueno, Xileno)
5.- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP'S)

Elaborado por: Katherine Castro

La metodología utilizada es la norma UNE EN 689: Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites y estrategia de muestreo

Normalmente el proceso de evaluación de la exposición a agente químicos en la zona de respiración del trabajador, se iniciará con la recopilación de los datos necesarios sobre los principales procesos productivos de una Refinería del Área

Andina (Refinería Esmeraldas en Ecuador), para definir tiempos de exposición, número de trabajadores y actividades para poder realizar el screening ambiental de los principales contaminantes químicos en refinería, como también, hacer la selección de grupos homogéneos de exposición (GHE).

A partir de una comparación inicial de metodologías analíticas para el monitoreo higiénico personalizado, se definirá una metodología de muestreo en la Refinería objeto de estudio, para cada uno de los agentes químicos (CO, SO₂, H₂S, BTX, HAP's).

Así mismo, se indicará los Valores límites emitidos por las diferentes organizaciones responsables del establecimiento de los valores límites de exposición, para que se tenga como referencia el momento de emitir la conclusión sobre la exposición (dependiendo de la legislación aplicable para cada país), después de aplicar el método de muestreo analítico personalizado para cada trabajador, el mismo que siguiendo los criterios de la UNE-EN 689, lo conducirá al Higienista a tomar decisiones sobre la actividad preventiva a desarrollar en el futuro inmediato.

5.1 SCREENING DE AGENTES QUÍMICOS

El screening inicial tiene por objeto identificar situaciones de sobreexposición y fuentes de emisión. Para establecer una estrategia de muestreo, se debe partir con un screening ambiental inicial de los contaminantes químicos existentes en cada proceso productivo, previo al conocimiento de la operación de las unidades

de proceso, la materia prima, productos intermedios y productos de desecho, puestos de trabajo, actividad, tiempos de exposición y número de trabajadores.

Para el screening, se utilizó un monitor Multigas IBRID MX6, instrumento 08111ME-001, con los sensores de:

- Detector de Fotoionización (PID), el mismo que permite un monitoreo sensible de amplio espectro de los contaminantes orgánicos volátiles, que incluye sustancias como: solventes, benceno, butadieno, hexano, tolueno, así como vapores asociados con combustibles de gasolina, diesel, querosene, entre otros.
- Dióxido de Azufre (SO₂),
- Sulfuro de Hidrógeno (H₂S),
- Monóxido de Carbono (CO),

Los valores referenciales del equipo, son tomados de acuerdo a la NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health). En la medición, se realizó un monitoreo ambiental en los puestos de trabajo de mayor exposición a contaminantes químicos, de acuerdo a la tarea que realiza el trabajador y tiempo de exposición, con el fin de identificar las fuentes y los contaminantes químicos a muestrear, luego de que se establezca la metodología específica para cada agente químico, el mismo que se planteará en este estudio. El screening se lo realizó en las siguientes unidades de proceso:

CUADRO N°12

SCREENING DE AGENTES QUÍMICO EN UNIDADES DE PROCESO

UNIDADES DE PROCESO	SENSORES UTILIZADOS
<u>UNIDADES NO CATALITICAS 1</u> Destilación Atmosférica 1 Destilación al Vacío 1 Reductora de Viscosidad 1	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>UNIDADES NO CATALITICAS 2</u> Destilación Atmosférica 2 Destilación al Vacío 2 Reductora de Viscosidad 2	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>UNIDAD CATALITICA 1</u> Cracking Catalítico Fluido (FCC) Concentración de Gases (GASCON) Merox LPG y Gasolina	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>UNIDAD CATALITICA 2</u> Merox Jet-Fuel Reformadora 1 (UOP) Hidrodesulfuradora de Naftas (HDT) Reformadora Reg. Continua de Catalizador (CCR)	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>UNIDAD CATALITICA 3</u> HIDRODESULFURIZADORA DE DIESEL (HDS) TRATAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE 1 Y 2 TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS 1 Y 2 RECUPERACIÓN DE AZUFRE 1 Y 2	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>UNIDAD TERMINALES</u> Almacenamiento de Transferencias SETRÍA-Llenaderas	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>UNIDAD DE UTILIDADES</u> Generación de vapor Generación Eléctrica Sistema de Aire Distribución de Combustible	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>Unidad De Tratamiento De Aguas</u> Tratamiento de aguas amargas Tratamiento de aguas industriales - efluentes	PID SO ₂ H ₂ S CO
<u>CONTROL DE CALIDAD</u>	PID

	SO ₂ H ₂ S CO
--	---

Elaborado por: Katherine Castro

5.2 NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA

Vendrá fijado por el tiempo de duración de las muestras y el tipo de muestreo según los modelos que se recogen más adelante. Como criterio orientativo, se puede utilizar el que propone la norma UNE-EN 689, válido cuando el periodo de exposición es uniforme (no se esperan fluctuaciones importantes de concentración). Se basa en obtener un número de muestras que representen como mínimo el 25% del tiempo de la exposición. Aplicando criterios estadísticos, se puede reducir el número de muestras de forma que los resultados ofrezcan fiabilidad suficiente. El número mínimo de ellas es función del tipo de muestra (medición). El cuadro N°13 recoge la recomendación UNE-EN 689.

CUADRO N°13

NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA

T duración de la muestra	Ejemplo de tipo de medición	Nº de muestras necesario para abarcar el 25% o de la exposición (supuestas 8 horas)	Nº mínimo de muestras recomendado por la UNE 689
10 segundos	Sistemas de lectura directa Medición puntual	720	30
1 minuto	Tubos colorimétricos de detección	120	20
5 minutos	Tubos colorimétricos de detección	24	12
15 minutos	Tubos Carbón activo, silicagel, Impingrers, etc.	8	4
30 minutos	Tubos Carbón activo, silicagel, Impingrers, etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles	2	2

2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles	1	1
---------	------------------------------------	---	---

Fuente: UNE-EN 689, ANEXO A

Elaborado por: Katherine Castro

5.3 NÚMERO DE TRABAJADORES A MUESTREAR POR PUESTO DE TRABAJO. GRUPOS HOMOGÉNEOS DE EXPOSICIÓN (GHE)

La existencia de varias personas que realizan tareas similares en condiciones ambientales parecidas, plantea la posibilidad de realizar mediciones de la exposición a una parte de ellos y ahorrar medios, considerando que la exposición es común a todos.

Los resultados son considerados entonces como correspondientes a una única exposición y se tratan como tales. El grupo de trabajadores se denomina entonces Grupo Homogéneo de Exposición (GHE). La experiencia muestra que es frecuente que la variación entre las exposiciones de varios individuos que aparentemente forman un GHE es grande y, por tanto, deberían evaluarse de forma individual. La hipótesis de que un grupo de trabajadores constituye un GHE debe confirmarse experimentalmente.

La norma UNE-EN 689 recomienda descartar del GHE aquellos individuos cuya concentración hallada no está comprendida entre la mitad y el doble de la media aritmética del grupo (se entiende que se refiere a datos individuales dentro del grupo).

Considerando una distribución logarítmico-normal de los resultados, esta regla supone aceptar una dispersión máxima de los valores expresada como GSD

(desviación estándar geométrica) ≤ 2 aproximadamente. *Dicha norma recomienda elegir un mínimo de 1 trabajador por cada 10 que constituyan un GHE.*

Leidel y col (1977) razonan la elección del número de trabajadores a muestrear, entre un GHE, bajo la hipótesis de que, en el grupo muestreado al azar, se encuentre al menos uno de los trabajadores de exposición más alta. Para ello utiliza los principios de la distribución hipergeométrica

$$P = \frac{\binom{N_0}{x} \binom{N-N_0}{n-x}}{\binom{N}{n}} ; \text{ donde } \binom{N}{n} = \frac{N!}{n!(N-n)!}$$

y n es el número de trabajadores que se muestrean, N0 el número de trabajadores de mayor exposición dentro del GHE, N es el total del GHE y p es la probabilidad de que, entre los n muestreados, se incluyan x de los N0 de mayor exposición. En el cuadro 14 se indican los trabajadores a muestrear (n) en un grupo de N trabajadores, para que al menos incluya a uno de los N0 de máxima exposición.

CUADRO N°14

Número de trabajadores a muestrear pertenecientes a un GHE

N	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-29	30-37	38-49	50	>50	$N_0 = 0,11N$
n	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22	$P = 0,1$
N	12	13-14	15-16	17-18	19-21	22-24	25-27	28-31	32-35	36-41	42-50	>50		$N_0 = 0,1N$
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	29		$P = 0,05$
N	6	7-9	10-14	15-26	27-50	>50								$N_0 = 0,2N$
n	5	6	7	8	9	11								$P = 0,1$
N	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	>50						$N_0 = 0,2N$
n	6	7	8	9	10	11	12	14						$P = 0,05$

Fuente: Leidel, Busch y Lynch. UNE-EN 689

Elaborado: Katherine Castro

5.4 CLASIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES

La conclusión del proceso de evaluación detallada será la clasificación de la exposición de cualquier GEH en una de las tres categorías siguientes:

- **Exposición aceptable:** No requiere seguimiento mediante mediciones periódicas.
- **Exposición tolerable:** Presenta riesgos de deriva y, por tanto, es tributaria de seguimiento mediante mediciones periódicas.
- **Exposición inaceptable:** Necesita corrección para reducir la exposición y, posteriormente, una nueva evaluación.

5.4.1 Evaluación de la Exposición Diaria (ED)

La ED es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real, y referida a una jornada estándar de 8 horas. Referir la

concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de 8 horas.

Es evidente que sólo procederá la evaluación de la ED a un agente químico cuando éste tenga establecido un valor límite para ella. En tal caso, el procedimiento habrá de comenzar por la determinación de uno o más valores de ED en el GEH, por lo que, lo primero que se ha de establecer es cómo se determina la ED de una jornada.

5.4.2 Determinación de la ED de una jornada

Esta determinación se lleva a cabo mediante un proceso de tres etapas sucesivas.

1. División de la jornada en periodos de exposición uniforme.

Consiste, como se indica, en dividir la jornada de trabajo del GEH en tareas bien definidas en las que la intensidad de la exposición pueda considerarse uniforme¹⁸. De este modo, la concentración estaría sujeta a variaciones sistemáticas entre periodos y a variaciones únicamente aleatorias dentro de cada uno.

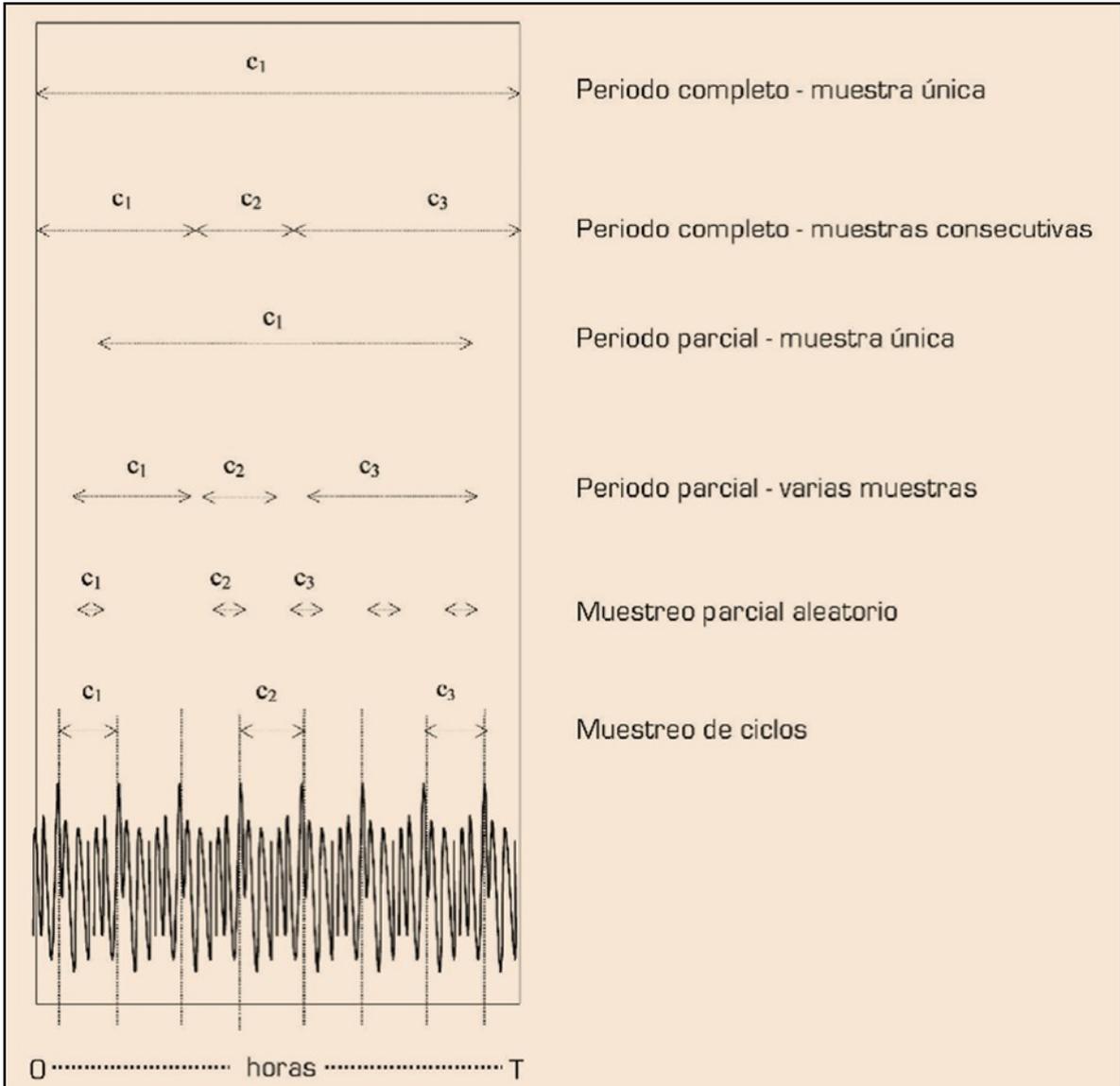
2. Muestreo y cálculo de la concentración media de cada periodo de exposición uniforme.

El siguiente paso es decidir el tipo de muestreo que va a utilizarse para medir la concentración en cada periodo de exposición uniforme. Las estrategias posibles, que aparecen representadas gráficamente en el gráfico 2, son:

- a. Periodo completo – muestra única
- b. Periodo completo – muestras consecutivas
- c. Periodo parcial – muestra única
- d. Periodo parcial – varias muestras
- e. Muestreo puntual aleatorio
- f. Muestreo de ciclos

GRÁFICO N° 2

**ESTRATEGIAS DE MUESTREO EN UN PERIODO DE EXPOSICIÓN
UNIFORME**



5.4.3 Valoración de la ED a largo plazo

Como es sabido, la ED de un GEH no es una constante a lo largo del tiempo, sino que varía de una jornada a otra aun cuando no puedan apreciarse diferencias sistemáticas entre ellas en lo que se refiere a las condiciones de trabajo. Con carácter general, en base a consideraciones teóricas y a la evidencia empírica, se

acepta que la ED se comporta como una variable aleatoria de distribución logarítmica normal.

Así pues, la valoración de la ED de una jornada sólo tiene interés desde la perspectiva de una Administración inspectora que se planteara la comprobación puntual del cumplimiento de una disposición reglamentaria. Para el empresario, que ha de deducir de la evaluación del riesgo la planificación de su actividad preventiva, únicamente la valoración a largo plazo puede fundamentar una predicción fiable y, por tanto, tiene interés y sentido.

A continuación se exponen los dos procedimientos de valoración de la ED a largo plazo que recogen los anexos de UNE-EN 689. Ambos establecen como requisito para su aplicación que no haya diferencias sistemáticas en las condiciones de trabajo entre jornadas. No obstante, si las hubiera, aún sería posible aplicarlas al conjunto de jornadas más desfavorables, en una estrategia de evaluación de la exposición por exceso.

- **Basada, inicialmente, en un solo valor de ED**

La principal ventaja de este método es que minimiza el número de mediciones de partida y va ampliándolo, a la medida de las necesidades, en función de los resultados anteriores. Su mayor inconveniente es que no permite caracterizar

la distribución de ED estimando sus parámetros y, por tanto, tampoco garantiza que se alcance una conclusión.

Si, de acuerdo con la composición del GEH, fuera preciso medir la exposición de más de un trabajador, el procedimiento debería aplicarse a cada uno por separado, y decidir para el conjunto en base al caso más desfavorable.

La sistemática es como sigue:

- 1) Obtener un valor de ED
- 2) Calcular la ED relativa (EDr) dividiendo ED por el valor límite aplicable (VLA-ED)
$$EDr = ED / VLA-ED$$
- 3) Si $EDr < 0.1$, **exposición aceptable**
Si $EDr > 1$, **exposición inaceptable**
Si $0.1 < EDr < 1$, determinar, al menos, dos nuevos valores de EDr
- 4) Si EDr_1 y EDr_2 y ... $EDr_n < 0.25$, **exposición aceptable**
- 5) Si EDr_1 o EDr_2 o ... $EDr_n > 1$, **exposición inaceptable**
- 6) Si alguna $EDr > 0.25$ pero todas < 1 y $MG_{23} < 0.5$, **exposición tolerable**
- 7) Si $MG > 0.5$, caben las siguientes opciones:
 - Mejorar el control de la exposición y repetir el procedimiento de evaluación
 - Obtener nuevos valores de EDr y seguir el procedimiento a partir del punto 4, hasta alcanzar una conclusión.

- **Basada en 6 o más valores de ED**

El anexo G de UNE-EN 689 recoge el procedimiento gráfico de esta valoración. Aquí sólo se reflejará la versión analítica, que no está desarrollada en la norma, utilizando algunas aproximaciones del Manual NIOSH de estrategia de muestreo. El proceso es el siguiente:

1. Obtener al menos 6 ED, aleatoriamente, en el GEH.
2. Comprobar la homogeneidad de la exposición en el GEH.
3. Transformar las ED en ED_r, dividiéndolas por el valor límite correspondiente (VLA-ED).

$$ED_r = ED / VLA-ED$$

4. Calcular los logaritmos neperianos de las ED_r

$$y_i = \ln ED_{ri}$$

5. Calcular la media muestral (Y) y la cuasidesviación típica muestral (S_{n-1, y}), según las siguientes fórmulas:

$$Y = \sum y_i / n$$

$$S_{n-1, y} = \sqrt{\sum (y_i - Y)^2 / n - 1}$$

6. Tipificar la transformada del valor límite, $\ln (VLA-ED / VLA-ED) = 0$, calculando el estadístico:

$$Z_{27} = (O - Y) / S_{n-1, y}$$

7. Buscar en la tabla de la distribución normal tipificada, la probabilidad (p) de superar el valor de Z calculado. Esa será la probabilidad de que la ED de una jornada cualquiera supere el valor límite.

8. Si $p < 0,1\%$, **exposición aceptable**. Situación verde

Si $p > 5\%$, **exposición inaceptable**. Situación roja.

Si $0,1\% < p < 5\%$, **exposición tolerable**. Situación naranja.

5.4.4 Evaluación de la Exposición de Corta Duración (EC)

Por EC ha de entenderse la concentración media de cualquier período de 15 minutos de la jornada de trabajo. Así, a diferencia de la ED, de la que no puede haber más que un valor por jornada y trabajador, de EC puede haber tantos como períodos de 15 minutos quepan en ella, que, si admitimos solapes, serán prácticamente infinitos.

Si el agente químico en cuestión tiene asignado un valor límite para la EC (VLA-EC), que será cuando haya que hacer esta evaluación, el objetivo será asegurarse de que ninguna exposición de corta duración lo supera; por tanto, el primer paso consistirá en determinar la máxima EC de la jornada.

5.4.5 Determinación de la máxima EC

La selección del periodo o periodos de 15 minutos sospechosos de la máxima exposición ha de hacerse de modo sistemático, es decir, mediante un análisis de las tareas y sus circunstancias, que ponga de manifiesto las más desfavorables.

Si el número de periodos seleccionado de esta forma fuera razonable, se mediría la EC de cada uno y el valor más alto obtenido sería la máxima EC buscada.

Si, por el contrario, el número fuera muy elevado, habría que proceder a extraer aleatoriamente de entre ellos una muestra de periodos a medir. Sería, también ahora, la EC más alta obtenida la que utilizaríamos para la valoración en primera instancia, pero, a diferencia del caso anterior, sin la seguridad de que hubiéramos determinado la máxima EC.

5.4.6 Valoración de la EC

El procedimiento se resume en los siguientes pasos:

1. Se compara el máximo valor de EC medido con el VLA-EC.
 - Si lo supera, acaba la valoración con la conclusión de que la exposición es **inaceptable**.
 - Si no lo supera y la selección de los períodos de medida ha sido puramente sistemática, también hay que dar por terminado el proceso con la conclusión de que la exposición es **tolerable** (máx EC > 0,5 VLA-EC) **aceptable** (máx EC < 0,5 VLA-EC).
 - Si no lo supera, pero la selección de los períodos ha comportado una fase

aleatoria, hay que continuar el procedimiento de valoración hasta estimar la probabilidad de superación del valor límite en el conjunto de los períodos sospechosos no medidos.

Para ello se parte, al igual que se hizo en la valoración a largo plazo de la ED, de la suposición, ampliamente admitida, de que la EC, cuando no hay

Diferencias sistemáticas entre períodos, se comporta como una variable aleatoria de distribución logaritmo-normal. Así, si se dispone de una muestra al azar de valores de EC, como es el caso, es posible estimar los parámetros de la distribución y, en base a ellos, llegar a conocer la probabilidad buscada. El procedimiento, en buena parte análogo al del punto 3.1.2.2., continúa como sigue:

2. Transformar las EC medidas en ECr , dividiéndolas por $VLA-EC$.

3. Calcular los logaritmos neperianos de las ECr

$$y_i = \ln ECr_i$$

4. Calcular la media muestral (Y) y la cuasidesviación típica muestral (S_{n-1} , y), que son los mejores estimadores de la media y la desviación típica poblacionales, mediante las siguientes fórmulas:

$$Y = \sum y_i / n$$

$$S_{n-1}, y = \sqrt{\sum (y_i - Y)^2 / n - 1}$$

5. Tipificar la transformada del valor límite, $\ln (VLA-EC / VLA-EC) = 0$, calculando

el estadístico

$$Z = (0 - Y) / S_{n-1}, y$$

6. Buscar, en la tabla de la distribución normal tipificada, la probabilidad (p) de superación del valor Z obtenido. Como p es la probabilidad de que uno cualquiera de los periodos no medidos supere el valor límite, $1 - p$ será la probabilidad

de que no lo supere y $p' = (1 - p)^{k - i}$, siendo k el total de periodos sospechosos e i el de medidos, será la probabilidad de que no se supere en ninguno de los periodos no medidos.

7. Si $p' > 0.9$ (90%), la exposición será **aceptable**.

Si $p' < 0.1$ (10%), la exposición será **inaceptable**.

Si $0.1 < p' < 0.9$, la exposición se considerará sólo **tolerable**.

5.5 MATERIALES

- Un monitor Multigas IBRID MX6, Instrumento 08111ME-001, con Detector de Fotoionización (PID), que permite un monitoreo sensible de amplio espectro de los contaminantes orgánicos volátiles; así como los detectores de Dióxido de Azufre, Sulfuro de Hidrógeno y Monóxido de Carbono.
- Un ordenador con conexión de banda ancha a internet.
- Material de oficina: papel, borrador, esferográficos.
- Material bibliográfico de los diferentes procesos, que intervienen en el refinamiento de petróleo, así como de la materia prima, productos intermedios y productos de desecho en el área de producción.
- Material bibliográfico de libros y publicaciones de Higiene Industrial, sobre contaminantes químicos en la Industria Petroquímica.

5.6 FASES DEL ESTUDIO

Etapa I

- Revisión de la literatura científica publicada sobre estrategias y metodologías la determinación de la exposición laboral a contaminantes químicos de la Industria Petroquímica.
- Recopilación de información de los diferentes procesos de una Refinería del Área Andina.
- Recopilación de los contaminantes químicos emitidos al ambiente, a través de la materia prima usada en cada proceso operativo (carga), así como productos intermedios, finales y residuales.
- Recopilación de registros de personal y turnos de trabajo en el área operativa de refinería.
- Entrevista y reuniones de trabajo con los responsables técnicos de cada unidad de proceso para el levantamiento de puestos de trabajo por proceso, actividad, tiempo de exposición y número de trabajadores expuestos.

Etapa II

- Screening ambiental de los principales agentes químicos en cada una de las unidades de proceso, generados en refinería: H₂S, SO₂, CO y Compuestos Orgánicos Volátiles: BTX
- Selección de Grupos Homogéneos en cada unidad de proceso de la refinería objeto de estudio.

- Investigación y comparación de metodologías analíticas para el monitoreo de agentes químicos en la zona de respiración del trabajador, emitidos por los diferentes organismos internacionales acreditados para el caso, como: NIOSH, DFG (Agencia Federal Alemana), OSHA, etc. A partir de la cual, se definirá una metodología de muestreo para una Refinería del Área Andina, considerando los contaminantes químicos en estudio (CO, SO₂, H₂S, BTX, HAP's).
- Elaboración de un cuadro comparativo de los Valores Límites Internacionales, emitidos por las diferentes organizaciones responsables del establecimiento de los mismos, para que se tenga como referencia al momento de emitir la conclusión sobre los datos higiénicos obtenidos en la aplicación de la metodología específica para cada contaminante químico, así como también, el establecimiento de las mediciones periódicas que deben contemplarse para el monitoreo de agentes químicos, según criterio de la UNE 689.

Etapas III

- Análisis de resultados.
- Elaboración de conclusiones
- Elaboración de recomendaciones

6. RESULTADOS

- De los resultados obtenidos, se levantó por cada unidad de proceso los puestos de trabajo, actividades, tiempo de exposición al mes y número de trabajadores. Con esta información, se monitoreó en los puestos de mayor exposición a agentes químicos, obteniendo los datos más relevantes del monitoreo ambiental, los que se indica en la Cuadro N°15. Se determinó elevada concentración de compuestos orgánicos volátiles, con el equipo MX6 a través del sensor PID, que mide más de 15 compuestos, incluyendo los BTX. En el screening ambiental realizado para determinar fuentes de exposición, se constató que existe elevada concentración de Compuestos Orgánicos volátiles en la Unidad de Vacío 1, Cracking Catalítico Fluido (FCC), Reformadora Continua de Catalizador (CCR), Recuperadora de Azufre, Tratamiento de Aguas Amargas, Efluentes y Llenaderas, obteniendo los mayores valores en el momento de muestreo de productos de refinamiento en campo.
- Las mayores concentraciones de los Compuestos Orgánicos Volátiles, Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), se obtienen en la unidad de Cracking Catalítico Fluido (CCF), ya que se produce la desgasificación de Hidrocarburos de las aguas de proceso eliminadas al exterior, así como la eliminación de H₂S y NH₃, como productos de desecho. En la unidad Recuperadora de Azufre es elevada también la concentración de todos los agentes químicos en

estudio, debido a la presencia de corrientes de H₂S que se mezclan con SO₂ para la producción de Azufre elemental. Finalmente en la unidad de Reformadora Continua Catalizada (CCR) se obtienen elevadas concentraciones de CO, SO₂, H₂S y Compuestos Orgánicos Volátiles, debido a que en esta unidad se produce la ruptura de moléculas de hidrocarburos a través de elevadas temperaturas, produciendo como productos intermedios, Gas, coke y como productos finales GLP y gasolinas de alto octano.

CUADRO N°15

SCREENING AMBIENTAL DE AGENTES QUÍMICOS EN REFINERÍA ESMERALDAS

UNIDAD DE PROCESO	ÁREA DE INFLUENCIA	PUESTO DE TRABAJO	ACTIVIDADES	TIEMPO EXP. (H/ MES)	NÚMERO DE TRABAJADORES	TOTAL DE TRABAJADORES	SCREENING DE QUÍMICOS (PPM)				
							PID	SO2	H2S	CO	
NO CATALÍTICAS 1	VACÍO	OPERADOR	REVISIÓN DE AEROENFRIADORES	108	5	35					
			TOMA DE MUESTRAS Y REVISIÓN DE SISTEMAS	18			223.1	0.1	17.9	11	
	DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA	OPERADOR	REVISIÓN DE BOMBAS	108	5						
			TOMA DE MUESTRAS Y REVISIÓN DE SISTEMAS EYECTORES	18							
	CRUDO	OPERADOR DE HORNO	CONTROL Y MANEJO OPERACIONAL DE HORNO	126	5			1.5	0.1	0	12
	BUNKER	TABLERISTA	CONTROL DE UNIDADES DESDE EL BUNKER	126	10						
	CRUDO, VISCORREDUCTORA Y VACÍO	SUPERVISOR	SUPERVISIÓN DE UNIDADES	72	5						
	VISCOREDUCTORA	OPERADOR DE VISCOREDUCTORA	CONTROL DE UNIDAD	108	5		21.2	0.2	0.5	4	
DRENAJE DE TAMBOR A TEA			18								
NO CATALÍTICAS 2	BUNKER	JEFATURA CATALICA I Y II	CONTROL DE UNIDADES DE PROCESO	144	1	36					
	CRUDO, VACÍO Y VISCOREDUCTORA	SUPERVISOR	INSPECCIÓN DE ÁREAS	144	5						
			LIMPIEZA DE BAYONETAS	36	5						
	HORNO	OPERADOR DE HORNO	OPERACIÓN HORNO	108							
			DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA	OPERADOR	TOMA DE MUESTRAS		9	5	2.1	0	3.9
	TOMA DE DATOS	72									
REVISIÓN DE EQUIPOS E INSPECCIÓN	63										

	DESTILACIÓN AL VACÍO	OPERADOR	TOMA DE MUESTRAS	9	5	37	179.9	0	0.3	0.2
			TOMA DE DATOS	72						
			REVISIÓN DE EQUIPOS	63						
	VISCOREDUCTORA	OPERADOR DE VISCOREDUCCIÓN	TOMA DE DATOS	72	5					
			REVISIÓN E INSEPECCIÓN DE EQUIPOS	63						
			TOMA DE MUESTRA	9			80.26	0.14	4.56	3.22
BUNKER	TABLERISTA	CONTROL DE UNIDADES DESDE EL BUNKER	144	10						
UNIDAD CATALÍTICA 1	FCC	JEFATURA DE TURNO	EVALUACIÓN DE LA PLANTA	126	5					
	FCC	OPERADOR DE CRAKING	VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN	54	5	7.5	0.3	1.7	23	
			MEDICIÓN DE LAS TOLVAS	36						
			VALORIZADO DE BAYONETAS	18						
			TOMA DE MUESTRAS DE CATALIZADOR DEL REACTOR	18						
			OPERACIÓN DE EQUIPOS ROTATIVOS	18						
	BUNKER	TABLERISTA	AJUSTE DE VARIABLE DE OPERACIÓN EN TABLERO DE COTROL	144	10					
	FCC	OPERADOR GAS - COM	MANEJO DE EQUIPOS	72	5					
			TOMA DE MUESTRA	72		1023	98.7	445.1	676	
			VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN	54						
	FCC	OPERADOR MEROX 200/300	OPERACIÓN DE EQUIPO	18	5	845	4.1	0.9	263	
			CAMBIO DE TANQUE DE INHIBIDORES	18						
			PREPARACIÓN DE SOSA	108						
	FCC	OPERADOR DE FRACCIONAMIENTO	DRENADO DE EQUIPO	18	5					
LIMPIEZA Y LAVADO DE EQUIPO			18							

			<u>CONTROL DE EQUIPOS Y PARÁMETROS OPERACIONALES</u>	108							
	BUNKER	SUPERVISOR	<u>SUPERVISIÓN Y CONTROL DE UNIDADES</u>	126	1						
	BUNKER	JEFE DE ÁREA	<u>COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS UNIDADES</u>	126	1						
UNIDAD CATALÍTICA 2	UNIDAD (CCR)	OPERADOR EQUIPOS ROTATIVOS	<u>TOMA Y REVISIÓN DE DATOS</u>	72	4	32	653.6	4.5	0.3	609	
			<u>CONTR. Y SUPERVISIÓN DE EQUIPOS ROTATIVOS</u>	54							
	UNIDAD ISOMERIZACIÓN	OPERADOR EQUIPOS ROTATIVOS	<u>CONTR. Y SUPERVISIÓN DE EQUIPOS ROTATIVOS</u>	54	4		425	3	12	150	
			<u>TOMA Y REVISIÓN DE DATOS</u>	72							
	UNIDAD (CCR)	OPERADOR DE EQUIPOS ESPECIALES	<u>PREPARACIÓN DE QUÍMICOS</u>	45	3						
			<u>TOMA MUESTRA DE PRODUCTOS</u>	27			1020	8.3	114.7	650	
			<u>CONTROL DE EQUIPOS ESPECIALES</u>	36							
			<u>DRENADO DE RECIPIENTES</u>	18							
	UNIDAD (CCR)	OPERADOR DE EQUIPOS ESTÁTICOS	<u>CONTROL DE NIVEL DE RECIPIENTES</u>	18	10						
			<u>OPERACIÓN DE HORNOS</u>	18							
			<u>DESHOLLINADO DE HORNOS</u>	36							
			<u>TOMA Y REVISIÓN DE DATOS</u>	54							
	UNIDAD (CCR) E ISOMERIZACIÓN	SUPERVISOR	<u>SUPERVISIÓN DE OPERACIÓN EN PLANTA</u>	90	5						
<u>COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</u>			36								
BUNKER	JEFE DE ÁREA	<u>SUPERVISIÓN, PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN DE UNIDADES</u>	126	1							
BUNKER	TABLERISTA	<u>CONTROL DEL SISTEMA DISTRIBUIDO EN BUNKER</u>	126	5							
UNIDAD	HIDRODESULFURADORA	OPERADOR DE	<u>LIMPIEZA DE BAYONETA</u>	2	5	36					

	TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS Y GASES	OPERADOR DE UNIDAD	LAVADO DE BANDEJA DE BOMBAS	3	5					
			TOMA DE DATOS DE LAS UNIDADES	36						
			REVISIÓN DE EQUIPOS Y RECIPIENTES	58						
			RETROLAVADO DE FILTROS	2						
			DRENADO DE AMINA GASTADA	1						
			CONTROL DE TAMBORES DE TEA Y TOMA DE MUESTRA DE LOS NIVELES	27					214.4	11.2
UTILIDADES	TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	OPERADOR DE DESPACHO	PREPARACIÓN DE QUÍMICOS	18	5	72				
			REVI. NIV. POZO DE CAPT. Y COLOCACIÓN DE BACTERIAS	108						
	DESMINERALIZACIÓN DEL AGUA	OPERADOR INDUSTRIAL 4	REGENERACIÓN DE LA RESINA ANIÓNICA Y CATIONICA	72	5					
			ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA	36						
			CONTROL DE BOMBAS Y TANQUES	36						
	EFLUENTES	AUXILIAR OPERADOR DE DESPACHO	CONTROL OPERACIONAL	63	10					
			CONTROL DE PISCINAS Y MANTENIMIENTO DE EXCLUSAS	63						
	EFLUENTES	OPERADOR DE RECICLADO	OPER. Y CONTR. EQ DE LAZOS RECICLADOS	63	5		289.6	0	0.5	0
			DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS	63						
	EFLUENTES	OPERACIÓN DE LAZOS RECICLADOS Y AGUAS LLUVIA	INYECCIÓN DE QUÍMICOS AL RECICLADO	63	5					
			OPERACIÓN Y CONTROL DE EQUIPOS LAZOS RECICLADOS	63						
	EFLUENTES	OPERADOR DE LAZOS SALADOS	INYECCIÓN DE QUÍMICOS AL AGUA	63	5					
			OPERACIÓN Y CONTROL DE EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTÁTICOS	63						

	TRATAMIENTO DE AGUA	JEFATURA DE TURNO	CONTR. OPERACIONAL DE VAR. PROCESO DE CALDERO	63	5					
			CONTROL Y PLANIFICACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA	63						
	TRATAMIENTO DE AGUA	SUPERVISOR DE TURNO	CONTROL OPERACIONAL DE TRATAMIENTO DE AGUA Y GENERACIÓN DE VAPOR	126	5					
	TRATAMIENTO DE AGUA	OPERADOR DE TOMA DE AGUA	CONTROLAR NIVELES DE FLUJO Y PRESIÓN DE BOMBA	126	5					
	TRATAMIENTO DE AGUA	OPERADOR TORRE DE ENFRIAMIENTO	CONTROL OPERACIONAL DE TORRES DE ENFRIAMIENTO	63	5		1	0	7.8	0
			CONTROL Y ENVÍO DE AGUA TRATADA Y LAVADO DE FILTROS	63						
	BUNKER	JEFATURA TRATAMIENTO DE AGUA	SUPERVISIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS UNIDADES	126	1					
	GENERACIÓN DE VAPOR Y ELÉCTRICA	OPERADOR DE AIRE Y COMBUSTIBLE	TOMA DE DATOS DE CAMPO	63	5					
			DRENAJE Y LIMPIEZA DE FILTRO Y FUEL OIL	6						
			OPERACIÓN Y CONTROL DE EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTÁTICOS	57						
	BUNKER	TABLERISTA TURBO GENERADOR	CONTROL OPERACIONAL DE EQUIPOS EN PLANTA	63	5					
			CONTROL DE SISTEMA DE GENERACIÓN EN TABLERO DE CONTROL	63						
	GENERACIÓN DE VAPOR Y ELÉCTRICA	OPERADOR DE CALDERO	PREPARACIÓN DE QUÍMICO	18	5					
			CONTROL OPERACIONAL DE CALDERA	63			0.8	67.2	6	5
CAMBIO DE BAYONETA			18							
BUNKER	JEFE GENERACIÓN DE VAPOR Y ELÉCTRICA	SUPERVISIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS UNIDADES	126	1						

SETRIA- LLENADERA	TRANSFERENCIA Y DESPACHO	OPERADOR DE CAMPO	CONTR. TQ. ACEITE DE BOMBA. CONTR. NIVEL DE ESFERAS DE GLP	18	10	49				
			TOMA MUESTRA ASFALTO	36			273	0.2	28.9	2
			ALINEACIÓN DE SISTEMA PARA DESPACHO Y TRANSFERENCIA	18						
			CONTROL DE ACEITE Y NIVEL EN ÁREA DE BOMBAS PARA BOMBEO DE ASFALTO	18						
			TOMA DE MUESTRA DE GLP	36						
	INYECCIÓN DE COLORANTES PARA GASOLINA EXTRA	OPERADOR DE CAMPO	UBICAC. TQ. SOBRE BALANZA/ ACTIVACIÓN DE SISTEMA EDUCTOR	36	5					
			ALINEACIÓN DEL SISTEMA BLENDING	54						
			FISCALIZACIÓN DE TANQUES	36						
	TRANSFERENCIA Y DESPACHO PRODUCTO TERMINADO	OPERADOR DE CAMPO	CONTROL EN BOMBAS Y DESPACHO	54	5					
			FISCALIZACIÓN DE TANQUES	36			139	0.2	0.7	0
			COMUNICACIÓN/APERTURA DE VÁLVULAS/RECEPCIÓN Y DESPACHO	36						
	SETRIA	SUPERVISOR	CONTROL DE TRANSFERENCIAS DEL ÁREA	126	5					
	BUNKER	JEFE DE ÁREA	DIRIGIR Y ADMINISTRAR EL ÁREA	144	1					
	SETRIA	OPERADOR DE CAMPO	ALINEACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO	36	5					
			TRATAMIENTO DE CRUDO	54						
			FISCALIZACIÓN DE TANQUES	36						
LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO	DESPACHO DE NAFTA ARTESANAL	180	1						
LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO	DESPACHO DE GASOLINA	180	1						

	LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO	PESAJE DE VEHÍCULOS	180	1						
	LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO	DESPACHO DE FUEL - OIL	180	1						
	LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO	DESPACHO JET - FUEL	40	1						
	LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO	DESPACHO DE ASFALTO	180	1	106.89	0.2	0.9	0		
	LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO	DESPACHO DE DIESEL	180	1						
	LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO DE NAFTA	COLOCACION Y LLENADO DEL AUTOTANQUE	36	10						
			COLOCACION Y LLENADO DEL AUTOTANQUE	126							
	LLENADERAS	SUPERVISOR	ELABORACIÓN DE BALANCES DE PRODUCTO TERMINADO	144	1						
CONTROL DE CALIDAD	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA	ANÁLISIS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICO Y QUÍMICO DE PRODUCTOS DE REFINACIÓN DE PETRÓLEO PARA CONTROL DEL PROCESO	108	15	48	28	0.2	0	0	
			INGRESO DE DATOS OBTENIDOS AL SISTEMA	18							
	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA	ANÁL. CORROS. DERIV. PETR. AGUA DE PROC.Y SOSA GAST.	108	5						
			INGRESO DE DATOS OBTENIDOS AL SISTEMA	18							
	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA	MUESTREO Y ANÁLISIS DE AGUAS DE PROCESO	108	10						
			INGRESO DE DATOS OBTENIDOS AL SISTEMA	18							
	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA	ANÁLISIS DE GASES	108	5		9	0	0.2	0	
			INGRESO DE DATOS OBTENIDOS AL SISTEMA	18							
	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA	MUESTREO DE PRODUCTO, ASFALTO	126	2		17	0.2	0.1	0	
	CONTROL AMBIENTAL	TÉCNICO LABORATORISTA	MUESTREO DE EFLUENTES	126	2						

	LABORATORIO	AUXILIAR DE LABORATORIO	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y LAVADO DE ENVASES	126	5					
	LABORATORIO	ANALISTA DE LABORATORIO	COORDINACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES INHERENTES AL CONTROL DE CALIDAD	50	3					
			EJECUCIÓN DE ANÁLISIS ESPECIALES DE LABORATORIO	76						
	LABORATORIO	BACTERIÓLOGO	INGRESO DE DATOS AL SISTEMA Y ESTERILIZACIONES	18	1					
			ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	108						

Elaborado: Katherine Castro

- Para el estudio de contaminantes químicos en una Refinería del Área Andina, aplicando el criterio de la UNE 689 para la selección de Grupos Homogéneos de Exposición (GHE) y entendiéndose como tal, a personas que realizan tareas similares en condiciones ambientales parecidas, permitiéndonos plantear la posibilidad de realizar mediciones de la exposición a parte de ellos y ahorrar medios, ya que se considera una sola exposición común a todos. En el Cuadro N°16 se indica la selección de los grupos homogéneos de exposición de las unidades de proceso de la Refinería Esmeraldas en Ecuador, obteniendo 13 grupos homogéneos (GHE-A hasta GHE-N) y como se puede apreciar, mientras mayor es el número de trabajadores, menor será el número de trabajadores a muestrear; no así cuando menor es el número de trabajadores, mayor será el número de trabajadores a muestrear, siendo los resultados considerados entonces como correspondientes a una única exposición y se trataran como tales.

CUADRO N°16

GRUPOS HOMOGÉNEOS DE EXPOSICIÓN LABORAL

UNIDAD DE PROCESO	ÁREA DE INFLUENCIA	PUESTO DE TRABAJO	NÚMERO DE TRABAJADORES	TOTAL DE TRABAJADORES	GRUPOS HOMOGÉNEOS DE EXPOSICIÓN (GHE)	N° DE TRABAJADORES A MUESTREAR
NO CATALÍTICAS 1	VACÍO	OPERADOR	5	25	GHE-A	15
	DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA	OPERADOR	5			
	VISCOREDUCTORA	OPERADOR DE VISCOREDUCTORA SEVIA	5			
	CRUDO	OPERADOR DE HORNO	5			
	CRUDO, VISCORREDUCTORA Y VACÍO	SUPERVISOR	5			
NO CATALÍTICA 1	BUNKER	TABLERISTA	10	45	GHE-B	17
NO CATALÍTICA 2		TABLERISTA	10			
CATALÍTICA 1		TABLERISTA	10			
CATALÍTICA 2		TABLERISTA	5			
CATALÍTICA 3		TABLERISTA	5			
UTILIDADES		TABLERISTA	5			
NO CATALÍTICAS 2		CRUDO, VACÍO Y VISCOREDUCTORA	SUPERVISOR			
	HORNOS	OPERADOR DE HORNO	5			
	DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA	OPERADOR	5			

	DESTILACIÓN AL VACÍO	OPERADOR	5			
	VISCOREDUCTORA	OPERADOR DE VISCOREDUCCIÓN	5			
UNIDAD CATALÍTICA 1	FCC	JEFATURA DE TURNO	5	25	GHE-D	15
		OPERADOR DE CRAKING	5			
		OPERADOR GAS - COM	5			
		OPERADOR MEROX 200/300	5			
		OPERADOR DE FRACCIONAMIENTO	5			
UNIDAD CATALÍTICA 2	UNIDAD (CCR)	OPERADOR EQUIPOS ROTATIVOS	4	26	GHE-E	15
	UNIDAD ISOMERIZACIÓN	OPERADOR EQUIPOS ROTATIVOS	4			
	UNIDAD (CCR)	OPERADOR DE EQUIPOS ESPECIALES	3			

	UNIDAD (CCR)	OPERADOR DE EQUIPOS ESTÁTICOS	10			
	UNIDAD (CCR) E ISOMERIZACIÓN	SUPERVISOR	5			
UNIDAD CATALÍTICA 3	HIDRODESULFURADORA DE DIESEL	OPERADOR DE EQUIPOS ESTÁTICOS	5	30	GHE-F	16
	HIDRODESULFURADORA DE DIESEL	OPERADOR DE EQUIPOS ROTATIVOS	5			
	RECUPERADORA DE AZUFRE	OPERADOR DE UNIDAD DE AZUFRE	5			
	HIDRODESULFURADORA DE DIESEL, RECUPERADORA AZUFRE, TRATAMIENTO AGUAS AMARGAS Y GASES	SUPERVISOR	5			
	HIDRODESULFURADORA DE DIESEL, RECUPERADORA AZUFRE, TRATAMIENTO AGUAS AMARGAS Y GASES	JEFE DE TURNO	5			
	TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS Y GASES	OPERADOR DE UNIDAD	5			

UTILIDADES	TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	OPERADOR DE DESPACHO	5	30	GHE-G	16
	EFLUENTES	AUXILIAR OPERADOR DE DESPACHO	10			
	EFLUENTES	OPERADOR DE RECICLADO	5			
	EFLUENTES	OPERACIÓN DE LAZOS RECICLADOS Y AGUAS LLUVIA	5			
	EFLUENTES	OPERADOR DE LAZOS SALADOS	5			
	DESMINERALIZACIÓN DEL AGUA	OPERADOR INDUSTRIAL 4	5	35	GHE-H	16
	TRATAMIENTO DE AGUA	JEFATURA DE TURNO	5			
	TRATAMIENTO DE AGUA	SUPERVISOR DE TURNO	5			
	TRATAMIENTO DE AGUA	OPERADOR DE TOMA DE AGUA	5			
	TRATAMIENTO DE AGUA	OPERADOR TORRE DE ENFRIAMIENTO	5			

	GENERACIÓN DE VAPOR Y ELÉCTRICA	OPERADOR DE AIRE Y COMBUSTIBLE	5			
	GENERACIÓN DE VAPOR Y ELÉCTRICA	OPERADOR DE CALDERO	5			
SETRIA-LLENADERA	TRANSFERENCIA Y DESPACHO	OPERADOR DE CAMPO	10	30	GHE-I	16
	INYECCIÓN DE COLORANTES PARA GASOLINA EXTRA	OPERADOR DE CAMPO	5			
	TRANSFERENCIA Y DESPACHO PRODUCTO TERMINADO	OPERADOR DE CAMPO	5			
	SETRIA	SUPERVISOR	5			
	SETRIA	OPERADOR DE CAMPO	5			
	LLENADERAS	OPERADOR DE DESPACHO. NAFTA ARTESANAL	1	18	GHE-J	13
		OPERADOR DE DESPACHO. GASOLINA	1			
OPERADOR DE DESPACHO. BÁSCULA		1				
OPERADOR DE DESPACHO. FUEL OIL		1				

		OPERADOR DE DESPACHO. JET FUEL	1			
		OPERADOR DE DESPACHO. ASFALTO	1			
		OPERADOR DE DESPACHO. DIESEL	1			
		OPERADOR DE DESPACHO DE NAFTA	10			
		SUPERVISOR	1			
CONTROL DE CALIDAD	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA (ANÁL. FÍSICO- QUÍMICOS, PRODUCTOS DE REFINACIÓN)	15	25	GHE-K	15
		TÉCNICO LABORATORISTA (ANÁL. CORROS. DERIV. PETRÓLEO)	5			
		TÉCNICO LABORATORISTA (ANÁLISIS DE GASES)	5			
	CONTROL AMBIENTAL	TÉCNICO LABORATORISTA (MUESTREO EFLUENTES)	2	9	GHE-L	8
	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA (MUESTREO ASFALTO)	2			
	LABORATORIO	AUXILIAR DE LABORATORIO (RECOLECCIÓN MUESTRAS)	5			
	LABORATORIO	TÉCNICO LABORATORISTA (ANÁLISIS DE AGUAS)	10			
			14	GHE-M	11	

		ANALISTA DE LABORATORIO (COORDINACIÓN Y ANÁLISIS ESPECIALES)	3			
		BACTERIÓLOGO	1			
UNIDAD CATALITICA 1 Y 2	BUNKER	JEFATURA CATALICA I Y II	1	8	GHE-N	7
UNIDAD CATALÍTICA 1		SUPERVISOR	1			
UNIDAD CATALÍTICA 2		JEFE DE ÁREA	1			
UNIDAD CATALÍTICA 3		JEFE DE ÁREA	1			
UTILIDADES		JEFATURA TRATAMIENTO DE AGUA	1			
UTILIDADES		JEFE GENERACIÓN VAPOR Y ELÉCTRICA	1			
SETRIALLENADERAS		JEFE DE ÁREA	1			

Elaborado: Katherine Castro

- De las metodologías investigadas para el monitoreo de Dióxido de Azufre, las mismas que han sido publicadas por distintos organismos internacionales de reconocido prestigio y están detalladas en el cuadro N° 17, se puede apreciar que el principio metodológico es similar en todos los métodos enunciados, con algunas variación en el volumen de aire recomendado, sin embargo, existe una relevante diferencia en el rango de trabajo. De acuerdo a los datos tomados en el screening ambiental en la Refinería del Área Andina, el nivel de Dióxido de Azufre es elevado en las Unidades Catalíticas 1 y 2, por ende, la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado, es la enunciada por la **NIOSH 6004**, porque su rango de trabajo también es el más amplio (0.5 a 20 mg/m³) en comparación con las otras metodologías, y a su vez, los valores obtenidos de esta metodología, nos permitirá comparar con los Valores límites de las diferentes agencias internacionales. Finalmente la metodología de **NIOSH 6004**, nos especifica el tiempo de muestreo, lo que es muy importante, para decidir el número de muestras que se van a muestrear en los diferentes turnos de trabajo.

CUADRO N°17

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA MONITOREO HIGIÉNICO DE DIÓXIDO DE AZUFRE

SUSTANCIA: Dióxido de Azufre CAS N°: 7446-09-5 EINECS- N°: 231-195-2							
N°	Fuente y Nombre del Método	Idioma	Año de publicación	Principio del Método	Velocidad de Flujo/Volumen Aire Recomendado	Rango de Trabajo (WR) Validado	Observaciones
1	DFG (Agencia Federal Alemana) Schwefeldioxid (Dióxido de Azufre) DFG (E), Vol. 8 Dióxido de Azufre	Alemán Ingles	2002	Se utiliza un filtro QF (fibra de cuarzo) e KOH impregnado en un tubo de carbón. Las partículas son atrapadas en el filtro QF. El dióxido de azufre es colectado en la sección frontal del tubo absorbente. Descartar el filtro. Disolver en una solución de NaOH (0.015M), para oxidar SO ₄ ²⁻ con una solución H ₂ O ₂ (30%). Análisis con Cromatografía Iónica con detector de conductividad	0.2 l/min 24 l	0.07 mg/m ³ 24 l WR: 0.16–2.6 mg/m ³ 24 l	Método similar al descrito en BIA 8570 y OSHA ID-200 Incluye la toma de muestra
2	BIA 8570 Schwefeldioxid (Dióxido de Azufre)	Alemán	2001	Se utiliza un filtro QF (fibra de cuarzo) e KOH impregnado en un tubo de carbón. Las partículas son atrapadas en el filtro QF. El dióxido de azufre es colectado en la sección frontal del tubo absorbente. Descartar el filtro. Disolver en una solución de NaOH (0.015M), para oxidar SO ₄ ²⁻ con una solución H ₂ O ₂ (30%). Analizar con Cromatografía Iónica con detector de conductividad	0.2 l/min 24 l	0.07 mg/m ³ 24 l WR: 0.16–2.6 mg/m ³ 24 l	Breve descripción del método Método similar al descrito en el método DFG y OSHA ID-200 Incluye la toma de muestra
3	OSHA ID-108 Dióxido de Azufre en atmósferas de lugares	Ingles	1988	Prefiltrar e impregnar en poca cantidad con 15 ml de solución acuosa que contiene H ₂ O ₂ .	1 l/min 15-60 l	0.04 ppm 15 l	Método antiguo

	de trabajo			<p>El SO₂ es oxidado a SO₄²⁻</p> <p>Descartar el filtro y analizar la fase acuosa.</p> <p>Analizar con Cromatografía Iónica con detector de conductividad</p>		0.1 ppm 60 l	
4	OSHA ID-200 Dióxido de Azufre en atmósferas de lugares de trabajo (impregnado en carbón activado)	Ingles	1992	<p>Se utiliza un filtro QF (Fibra de cuarzo) e KOH impregnado en un tubo de carbón. Las partículas son atrapadas en el filtro QF. El dióxido de azufre es colectado en la sección frontal del tubo absorbente.</p> <p>Descartar el filtro. Disolver 15mM de NaOH en contenido 0.3M H₂O₂ y analizar como SO₄²⁻</p> <p>Analizar con Cromatografía Iónica con detector de conductividad</p>	0.1 l/min 1.5-12 l	0.104 ppm 1.5 l 0.013 ppm 12 l	De masa dependiente de la eficiencia de la desorción. Método similar al descrito en BIA 8570 y el método DFG
5	NIOSH 6004 Dióxido de Azufre	Ingles	1994	<p>Combinación de doble filtro con MCE prefiltrado y papel filtro impregnado Na₂CO₃.</p> <p>Extraer el prefiltrado para H₂SO₄ y partículas SO₄²⁻, si desea.</p> <p>Analizar con Cromatografía Iónica con detector de conductividad</p>	0.5-1.5 l/min 15-400 min	0.44 mg/m ³ 22.5 l 0.5 mg/m ³ 200 l WR: 0.5-20 mg/m ³ 100 l	Algunos datos interpretados buscan y agregan incertidumbre en datos de SO ₂ debido a la suma de los resultados HSO ₃ y SO ₄ ²⁻

Elaborado: Katherine Castro

- De las metodologías investigadas para el monitoreo de Monóxido de Carbono, las mismas que han sido publicadas por distintos organismos internacionales de reconocido prestigio y están detalladas en el cuadro N° 18, se puede apreciar que el principio metodológico es similar en todos los métodos enunciados donde se utiliza un sensor electroquímico de lectura directa, a excepción del método **OSHA ID-210**, en donde se realiza el análisis por cromatografía de gases. Existe también algunas variaciones en el volumen de aire recomendado, sin embargo, existe una relevante diferencia en el rango de trabajo. De acuerdo a los datos tomados en el screening ambiental en la Refinería del Área Andina, el nivel de Monóxido de Carbono, hay fuentes elevadas de este contaminante en las Unidades Catalíticas 1, 2 y 3; por ende, la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado, es la enunciada por la **OSHA OSA 5**, porque su rango de trabajo también es el más amplio (28.5 a 288.2 ppm), y a su vez, los valores obtenidos de esta metodología, nos permitirá comparar con los Valores límites de las diferentes agencias internacionales, valores que fluctúan para este contaminante en un periodo de 8 horas de 25 a 50 ppm. Finalmente la metodología de **OSHA OSA 5**, nos especifica también el tiempo de muestreo, que es muy importante, para decidir el número de muestras que se van a muestrear en los diferentes turnos de trabajo.

CUADRO N°18

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA MONITOREO HIGIÉNICO DE MONÓXIDO DE CARBONO

SUSTANCIA: Monóxido de Carbono CAS N°: 630-08-0 EINECS- N°: 211-128-3							
N°	Fuente y Nombre del Método	Idioma	Año de publicación	Principio del Método	Velocidad de Flujo/ Volumen Aire Recomendado	Rango de Trabajo Validado	Observaciones
1	NIOSH 6604 Monóxido de Carbono	Inglés	1996	Sensor Electroquímico. La muestra de aire es desplegada dentro de un instrumento de sensor electroquímico por difusión o/y una única muestra, los datos son directamente expuestos y transferidos a una base de datos	Monitor portátil de CO de lectura directa Sobre 8 h	3.3 ppm WR: 0–200 ppm	Instrumento específico, pero no de sensor específico Método similar al descrito en OSHA ID-209, OSA 4,5 y 6
2	OSHA ID-209 Monóxido de carbono en atmósferas de lugares de trabajo (Monitor de lectura directa)	Inglés	1993	Sensor Electroquímico. La muestra de aire es desplegada dentro de un instrumento de sensor electroquímico por difusión o/y una única muestra, los datos son directamente expuestos y transferidos a una base de datos	Monitor portátil de CO de lectura directa Sobre 8 h	4.1 ppm WR: 16.1–70.2 ppm	Instrumento específico, pero no de sensor específico Método similar al descrito en NIOSH 6604, OSA 4,5 y 6
3	OSHA ID-210 Monóxido de carbono en atmósferas de lugares de trabajo	Inglés	1991	El aire es desplegado dentro cinco capas de gas aluminizado muestreado en bolsas. Análisis con Cromatografía de gases con detector de ionización	1 l/min por 5 min (5l) 0.001-0.05 l/min (24 l)	0.1 ppm WR 17.2-63.6 ppm 24 l	Método no practicable

4	OSHA OSA 4 Monóxido de carbono en aire de lugares de trabajo por monitor de gas simple Dräger Pac III	Inglés	2002	Sensor Electroquímico. La muestra de aire es desplegada dentro de un instrumento de sensor electroquímico por difusión en una única muestra, los datos son directamente expuestos y transferidos a una base de datos	Monitor portátil de CO de lectura directa Sobre 8 h	5 ppm WR 28.5-288.2 ppm	Instrumento específico, pero no de sensor específico Método similar al descrito en OSHA OSA-5 y OSHA OSA-6 No aceptable para tubos de escape a diesel
5	OSHA OSA 5 Monóxido de carbono en aire de lugares de trabajo por monitor Quest Safe Log 100	Inglés	2002	Sensor Electroquímico. Muestra de aire es desplegada dentro de un instrumento de sensor electroquímico por difusión en una única muestra, los datos son directamente expuestos y transferidos a una base de datos	Monitor de lectura directa con sensor CO Sobre 8 h	4.2 ppm WR 28.5-288.2 ppm	Instrumento específico, pero no de sensor específico Método similar al descrito en OSHA OSA-4 y OSHA OSA-6
6	OSHA OSA 6 Monóxido de carbono en aire de lugares de trabajo por detectores de gas con sensores simples (Biosistema Toxi Ultra)	Inglés	2002	Sensor Electroquímico. La muestra de aire es desplegada dentro de un instrumento de sensor electroquímico por difusión o/y una única muestra, los datos son directamente expuestos y transferidos a una base de datos	Monitor portátil de CO de lectura directa Sobre 8 h	2.3 ppm	Instrumento específico, pero no de sensor específico Método similar al descrito en OSHA OSA-4 y OSA-5

Elaborado: Katherine Castro

- De las metodologías investigadas para el monitoreo de Benceno, las mismas que han sido publicadas por distintos organismos internacionales de reconocido prestigio y están detalladas en el cuadro N° 19, se puede apreciar que el principio metodológico es similar en todos los métodos enunciados ya éstos utilizan para su determinación la Cromatografía de Gases con detector de ionización por llama, con variación en el volumen de aire recomendado y rango de trabajo. De acuerdo a los datos tomados en el screening ambiental en la Refinería del Área Andina, mediante el detector PID del equipo MX6 utilizado, que incluye a los BTX (Benceno, Tolueno y Xileno), la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado, es la enunciada por la **INSHT MTA/MA-030/92**, porque su rango de trabajo varía (3.5 a 66 mg/m³) y si comparamos con los Valores Límites de las diferentes agencias internacionales, específicamente de la ACGIH, es de 0.5 ppm para una exposición de 8 horas de trabajo, ó si se toma como referencia los Valores Límites Ambientales de la INSHT es cero, por lo que el rango de trabajo es el adecuado. Además, como dato adicional de esta metodología, es que presenta una estabilidad de la muestra a 4°C hasta veintiún días después de la captación, lo que nos hace posible el envío de muestra a otros países que tengan implementados laboratorios de Higiene Analítica para el estudio de la muestra, ya que en nuestro país, no contamos con ello.

CUADRO N°19

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA MONITOREO HIGIÉNICO DE BENCENO

SUSTANCIA: BENCENO CAS N°: 71-43-2 EINECS- N°: 200-753-7							
N°	Fuente y Nombre del Método	Idioma	Año de publicación	Principio del Método	Velocidad de Flujo/ Volumen Aire Recomendado	Rango de Trabajo Validado	Observaciones
1	INSHT MTA/MA-030/A92 Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno, 1,2,4-trimetilbenceno) en aire – método del tubo con carbón activado/ Cromatografía de Gases	Español Inglés	1992	Tubo Absorbente con carbón activado (100/50 mg) Desorción con 1 ml de CS ₂ , añadido en cada sección del tubo. Analizar con Cromatografía de Gases / FID	0.2 l/min 5 l	WR: 3.5–66 mg/m ³	Validado de acuerdo al protocolo de la INSHT La toma de muestras está incluida en la validación del método
2	MétrPol Fiche 012 Hidrocarburos Aromáticos	Francés	2004	Tubo Absorbente con carbón activado (900/300 mg ó 100/50 mg) Desorción con CS ₂ . Analizar con Cromatografía de gases/ con detector de ionización por llama (FID)	1 l/min 45.90 0.01–0.2 l/min 3-30 l	WR: 1–1000 mg/m ³ 1-1000 mg/m ³	Breve descripción del método La toma de muestras está incluida en la validación del método Método similar al descrito en MTA/MA-030 y DFG
3	MétrPol Fiche 055 Mezcla de vapores de hidrocarburos C6 a C12	Francés	2004	Tubo Absorbente con carbón activado (900/300 mg ó 100/50 mg) Desorción con CS ₂ . Análizar con	0.2 - 1 l/min 100 l 0.05– 0.2 l/min 12 l	WR: 5–2000 mg/m ³	Breve descripción del método El método ha sido desarrollado para el benceno presente en mezcla de hidrocarburos

				Cromatografía de gases/FID			(C6 a C12)
4	MétroPol Fiche 012 y Método del archivo C Hidrocarburos Aromáticos Muestreo pasivo en placa GABBIE®	Francés	2000	Muestreador difuso en carbón activado (muestreador GABBIE®) Desorción con 2 a 5 ml de CS ₂ . Análisis por Cromatografía de gases/FID	Velocidad admitida: 43.9 ml/min Tiempo de muestreo: 120-480 min	WR: 1.6-16.2 mg/m ³	Breve descripción del método Ver el archivo del método C para técnicas y validación de datos para la marca GABBIE®
5	DFG (Agencia Federal Alemana) Benzol DFG (E) Benceno	Alemán Inglés	1996 2002	Tubo Absorbente con carbón activo (300/700 mg) Desorción con 10 ml de CS ₂ Analizar con Cromatografía de Gases /FID	0.4 l/min 192 l	0.03 mg/m ³	La toma de muestras está incluida en la validación del método Método similar al descrito en MTA/MA-030 y MétroPol 055
6	MDHS50 Benceno en aire – Método de laboratorio usando muestreadores de difusión de polímero poroso, desorción térmica y cromatografía de gases	Inglés	1985	Muestreador difuso tipo tubo con Tenax Desorción térmica Analizar con Cromatografía de Gases /FID	Velocidad admitida: 1.78 ppm/min (7h de exposición); 1.23 ppm/min (15 min de exposición) Tiempo de muestreo: 10 min-8h	WR: 3-300 mg/m ³	La Velocidad admitida varía con la exposición al tiempo

Elaborado: Katherine Castro

- De las metodologías investigadas para el monitoreo de Tolueno, las mismas que han sido publicadas por distintos organismos internacionales de reconocido prestigio y están detalladas en el cuadro N°20, se puede apreciar que el principio metodológico es similar en todos los métodos enunciados ya éstos utilizan para su determinación la Cromatografía de Gases con detector de ionización por llama, con variación en el volumen de aire recomendado y rango de trabajo. De acuerdo a los datos tomados en el screening ambiental en la Refinería objeto de estudio, mediante el detector PID del equipo MX6 utilizado, que incluye a los BTX (Benceno, Tolueno y Xileno), la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado, es la enunciada por la **INSHT MTA/MA-030/92**, porque su rango de trabajo que varía 3.5 a 66 mg/m³, es suficiente para la comparación con los Valores límites de las diferentes agencias internacionales, además que como lo especificamos para el benceno, la estabilidad de la es mucho mayor que otros métodos, lo cual, nos hace posible el envío de la muestra a laboratorios especializados para el caso.

CUADRO N°20

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA MONITOREO HIGIÉNICO DE TOLUENO

SUSTANCIA: TOLUENO CAS N°: 108-88-3 EINECS- N°: 203-625-9							
N°	Fuente y Nombre del Método	Idioma	Año de publicación	Principio del Método	Velocidad de Flujo/Volumen Aire Recomendado	Rango de Trabajo Validado	Observaciones
1	INSHT MTA/MA-030/A92 Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno, 1,2,4-trimetilbenceno) en aire – método del tubo con carbón activado/ Cromatografía de Gases	Español Inglés	1992	Tubo Absorbente con carbón activado (100/50 mg) Desorción con 1 ml de CS ₂ , añadido en cada sección del tubo. Análisis por Cromatografía de Gases / FID	0.2 l/min 5 l	WR: 3.5–66 mg/m ³	Validado de acuerdo al protocolo de la INSHT La toma de muestras está incluida en la validación del método
2	MTA/MA-015/R88 Determinación de n-hexano y tolueno en aire – método de muestreo difuso / Cromatografía de Gases	Español	1988	Muestreador de placa difusa con carbón activado (3M-3500) Desorción con 1.5 ml de CS ₂ . Análisis por Cromatografía de Gases / FID	Velocidad admitida: 30.59 ml/min Tiempo de muestreo: 30-360 min	WR: 29–660 mg/m ³	Validado de acuerdo al protocolo de la INSHT La toma de muestras está incluida en la validación del método
3	MétroPol Fiche 012 Hidrocarburos Aromáticos	Francés	2004	Tubo Absorbente con carbón activado (900/300 mg ó 100/50 mg) Desorción con CS ₂ . Análisis por Cromatografía de gases/FID	1 l/min 45-90 l 0.1 – 0.2 l/min 3-30 l	3 mg/m ³ 30 l de muestra de aire WR: 96–963 mg/m ³	Breve descripción del método La toma de muestras está incluida en la validación del método Método similar al descrito en MTA/MA-030

						1-1000 mg/m ³	
4	MétoPol Fiche 055 Mezcla de vapores de hidrocarburos C6 a C12	Francés	2004	Tubo Absorbente con carbón activado (900/300 mg ó 100/50 mg) Desorción con CS ₂ . Análisis por Cromatografía de gases/FID	0.2 - 1 l/min 100 l 0.05– 0.2 l/min 12 l	WR: 5–2000 mg/m ³	Validado parcialmente Método ha sido desarrollado para el tolueno presente en mezcla de hidrocarburos (C6 a C12)
5	MétoPol Fiche 012 y Método del archivo C Hidrocarburos Aromáticos. Muestreo pasivo en placa GABBIE®	Francés	2000	Muestreador difuso en carbón activado (muestreador GABBIE®) Desorción con 2 a 5 ml de CS ₂ . Análisis por Cromatografía de gases/FID	Velocidad admitida:: 36.6 ml/min Tiempo de muestreo: 120-480 min	WR: 38-1149 mg/m ³	Breve descripción del método Ver el archivo del método C para técnicas y validación de datos para la marca GABBIE® Método similar al descrito en MTA/MA 15
6	BIA 7732 Hidrocarburos Aromáticos	Alemán	2005	Tubo Absorbente con carbón activado (300/700 mg) Desorción con 10ml de una mezcla ternaria que contiene: CH ₃ OH/CS ₂ /CH ₂ Cl (5/35/60) Análisis por Cromatografía de gases/FID	0.33 l/min 40 l	1mg/m ³ 40 l WR: 1–380 mg/ m ³	La toma de muestras está incluida en la validación del método

Elaborado: Katherine Castro

- De las metodologías investigadas para el monitoreo de Xileno, las mismas que han sido publicadas por distintos organismos internacionales de reconocido prestigio y están detalladas en el cuadro N°21, se puede apreciar que el principio metodológico también es similar en todos los métodos enunciados ya que éstos utilizan para su determinación la Cromatografía de Gases con detector de ionización por llama, con variación en el volumen de aire recomendado y rango de trabajo. De acuerdo a los datos tomados en el screening ambiental en la Refinería del Área Andina, mediante el detector PID del equipo MX6 utilizado, que incluye a los BTX (Benceno, Tolueno y Xileno), la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado, es la enunciada por la **INSHT MTA/MA-030/92**, porque su rango de trabajo ya varía de 50 a 950 mg/m³, el mismo que es suficiente para la comparación con los Valores Límites de las diferentes agencias internacionales, como por ejemplo la ACGIH que presenta valores límites por debajo de otros organismos y para el caso del Xileno es 100 ppm. Además como lo especificamos para el benceno y tolueno, la estabilidad de la muestra es mucho mayor que otros métodos, lo cual, nos hace posible su envío a laboratorios especializados para el caso.

CUADRO N°21

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA MONITOREO HIGIÉNICO DE XILENO

SUSTANCIA: XILENO, o-,m-, p- ó mezcla de isómeros CAS N°: 1330-20-7 EINECS- N°: 215-535-7							
N°	Fuente y Nombre del Método	Idioma	Año de publicación	Principio del Método	Velocidad de Flujo/Volumen Aire Recomendado	Rango de Trabajo Validado	Observaciones
1	INSHT MTA/MA-030/A92 Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno, 1,2,4-trimetilbenceno) en aire – método del tubo con carbón activado/ Cromatografía de Gases	Español Inglés	1992	Tubo Absorbente con carbón activado (100/50 mg) Desorción con 1 ml de CS ₂ , añadido en cada sección del tubo. Análisis por Cromatografía de Gases / FID	0.2 l/min 5 l	WR: 50–950 mg/m ³	Validado de acuerdo al protocolo de la INSHT La toma de muestras está incluida en la validación del método
2	MétroPol Fiche 012 Hidrocarburos Aromáticos	Francés	2004	Tubo Absorbente con carbón activado (900/300 mg ó 100/50 mg) Desorción con CS ₂ . Análisis por Cromatografía de gases/FID	1 l/min 45-90 l 0.01–0.2 l/min 3-30 l	5mg/m ³ (30 l de muestra de aire) WR: 97–971 mg/m ³ 1-1000 mg/m ³	Breve descripción del método La toma de muestras está incluida en la validación del método Método similar al descrito en MTA/MA-030
3	MétroPol Fiche 055 Mezcla de vapores de hidrocarburos C6 a C12	Francés	2004	Tubo Absorbente con carbón activado (900/300 mg ó 100/50 mg) Desorción con CS ₂ . Análisis por Cromatografía	0.2-1 l/min 100 l 0.05– 0.2 l/min 12 l	WR: 5–2000 mg/m ³	Breve descripción del método Método ha sido desarrollado para xilenos

				de gases/FID			presentes en mezcla de hidrocarburos (C6 a C12)
4	MétroPol Fiche 012 y Método del archivo C Hidrocarburos Aromáticos Muestreo pasivo en placa GABBIE®	Francés	2000	Muestreador difuso en carbón activado (muestreador GABBIE®) Desorción con 2 a 5 ml de CS ₂ . Análisis por Cromatografía de gases/FID	Velocidad admitida:: 33.9 ml/min Tiempo de muestreo: 120-480 min	WR: 44-883 mg/m ³	Breve descripción del método Ver el archivo del método C para técnicas y validación de datos para la marca GABBIE®
5	BIA 7732 Hidrocarburos Aromáticos	Alemán	2005	Tubo Absorbente con carbón activado (300/700 mg) Desorción con 10ml de una mezcla ternaria que contiene: CH ₃ OH/CS ₂ /CH ₂ Cl (5/35/60) Análisis por Cromatografía de gases/FID	0.33 l/min 40 l	1mg/m ³ 40 l WR: 1-880 mg/m ³	La toma de muestras está incluida en la validación del método Método validado para todos los xilenos

Elaborado: Katherine Castro

- De las metodologías investigadas para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, las mismas que han sido publicadas por distintos organismos internacionales de reconocido prestigio y están detalladas en el cuadro N° 22, el principio metodológico es similar en algunas metodologías como MTA/MA-039/A00 y NIOSH 5506 ya que utilizan para el análisis de HAP's, la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para su análisis, sin embargo, de la mayoría de los métodos enunciados, no existen datos de rendimiento que validen la utilización éstos métodos, es por ello que la metodología enunciada de la Agencia Federal Alemana **(DFG) D Método N° 3**, es el más recomendado para este caso, ya que esta validado para 16 HAP's, uno de ellos los mercaptanos, que son precisos medir por ser productos residuales en las Refinerías del Área Andina, el mismo que lo conocemos por bibliografía constatada, ya que no se pudo medir en el screening ambiental, por falta de equipos.

CUADRO N°22

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA MONITOREO HIGIÉNICO DE HAP's

SUSTANCIA: HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP's) CAS N°: - EINECS- N°: -							
N°	Fuente y Nombre del Método	Idioma	Año de publicación	Principio del Método	Velocidad de Flujo/ Volumen Aire Recomendado	Rango de Trabajo Validado	Observaciones
1	MTA/MA-039/A00 Determinación de hidrocarburos aromáticos polinucleares en aire – Método del tubo absorbente y filtro / Cromatografía líquida de alta resonancia (HPLC)	Español Ingles	2000	Filtro de Politetrafluoretileno (PTFE) y tubo absorbente de gel de sílice (ORBO) 43. Las partículas son atrapadas sobre el filtro PTFE. Agrega una disolución ultrasónica con CS ₂ , seguida por la filtración y evaporación del solvente, re-disolver en acetonitrilo. Análisis por Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) provisto de detector de fluorescencia	2 l/min 200-1000 l	-	No existen datos de rendimiento publicados en el método
2	NIOSH 5506 Hidrocarburos aromáticos policíclicos por HPLC	Ingles	1998	Filtro de Politetrafluoretileno (PTFE) y tubo absorbente que contiene Absorbente Polimérico no Iónico (XAD) lavado (100/50 mg) Agregar una disolución ultrasónica con 5 ml de acetonitrilo Análisis por Cromatografía líquida de alta resolución provisto de detector de fluorescencia y detector UV-Visible	2 l/min 200-1000 l	-	No existen datos de rendimiento publicados en el método
3	NIOSH 5515 Hidrocarburos aromáticos policíclicos por Cromatografía de Gases	Ingles	1994	Filtro Politetrafluoretileno (PTFE) y tubo absorbente que contiene XAD lavado (100/50 mg) Disolución con 5 ml de solvente	2 l/min 200-1000 l	-	No existen datos de rendimiento publicados en el método

				orgánico apropiado para el muestreo matriz			
				Análisis por Cromatografía de Gases con detector de ionización de llama (FID)			
4	<p>OSHA 58 Volátiles emitidos del alquitrán del carbón (CTPV) Emisiones superiores de los hornos (COE) Selección de Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP's)</p>	Ingles	1986	<p>Bompear la muestra sobre un filtro GF. Disolución con benceno. Determinación gravimétrica de la fracción soluble-benceno (BSF)</p> <p>Análisis por Cromatografía líquida de alta resolución provisto de detector de fluorescencia ó detector UV-visible</p>	<p>2 l/min 960 l/min</p>	<p>WR: 0.00074- 100 mg/m³</p>	
5	<p>DFG (Agencia Federal Alemana) Método N° 3 (D) Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).</p> <p>DFG (E) Hidrocarburos aromáticos policíclicos</p>	Alemán Ingles	2003	<p>Tubo absorbente que contiene XAD-2 (100/50 mg) Desorción del solvente con 25 ml de tolueno, evaporar a 1 ml</p> <p>Análisis por Cromatografía de gases con detector de masas</p>	<p><1 l/min 240-480 l</p>	<p>WR: 0.02-300 µg/m³</p>	Método validado para 16 HAP's

Elaborado: Katherine Castro

- De las dos metodologías investigadas para la evaluación de Sulfuro de Hidrógeno, las mismas que han sido publicadas ambas por la OSHA y están detalladas en el cuadro N° 23, el principio metodológico, así como el volumen de aire recomendado varían, pero para el monitoreo personalizado de este agente químico se optará por el método más actual que es el **OSHA N°1008**, ya que se utiliza equipos modernos para el análisis como es el de cromatografía iónica, además que nos especifica el tiempo de muestreo a tomar, lo cual es muy importante tener en cuenta para determinar la cantidad de muestras que se deben realizar, además que es un método validado y muy utilizado actualmente en el análisis para el Sulfuro de Hidrógeno.

CUADRO N°23

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA MONITOREO HIGIÉNICO DE SULFURO DE HIDRÓGENO

SUSTANCIA: SULFURO DE HIDRÓGENO CAS N°: 7783-06-4							
N°	Fuente y Nombre del Método	Idioma	Año de publicación	Principio del Método	Velocidad de Flujo/Volumen Aire Recomendado	Rango de Trabajo Validado	Observaciones
1	OSHA ID-141	Español Inglés	1989	El calibrado de la bomba de muestreo personal se utiliza para extraer el aire a través de un filtro impregnado con nitrato de plata, que convierte el sulfuro de hidrógeno en sulfuro de plata. La muestra se analiza como el sulfuro de polarografía pulso diferencial.	2 a 6 l	0,40 ppm (2-volumen de aire L) 0,90 ppm (2-volumen de aire L)	Método validado
2	OSHA N°1008	Inglés	2006	Las muestras son colectadas por aire en el lugar de trabajo a través de una construcción especial de muestreadores de sulfuro de hidrógeno que contiene nitrato de plata con una cubierta de sílica gel, usando una bomba de muestreador personal. El sulfuro de Hidrógeno es extraído de los muestreadores usando NaCN/NaOH y luego convertido a sulfato, usando peróxido de hidrógeno y analizado cromatografía iónica, usando un detector de conductividad	0.05 L/min 240 min 12 L		Método validado

Elaborado: Katherine Castro

- Para determinar el número mínimo de muestras a tomar para el análisis de los contaminantes químicos en estudio (SO₂, H₂S, CO, Benceno, Tolueno, Xileno, HAP's(mercaptanos)) se siguió el criterio orientativo que propone la norma UNE-EN 689, el mismo que se basa en obtener un número de muestras que representen como mínimo el 25% del tiempo de la exposición y siendo únicamente válido cuando el periodo de exposición es uniforme, para nuestro caso en estudio y de los datos tomados en refinería, no se esperan fluctuaciones importantes de concentración, así como el tiempo de exposición de los trabajadores es uniforme en cada jornada de trabajo. En el cuadro N° 24 se resume para cada unidad de proceso, los contaminantes químicos a evaluar con su respectiva metodología y el número de muestras por jornadas de trabajo, en las mismas que se observa que para sistemas de medición directa es mayor el número de muestras a obtener que para los tubos de Carbón Activo, silica gel etc, debiéndose a que éstos últimos son métodos de medición más precisos y no presentan interferencias impredecibles, tal como lo son los métodos de lectura directa.

CUADRO N°24

NÚMERO DE MUESTRAS MÍNIMO A TOMAR POR JORNADA DE TRABAJO

UNIDAD DE PROCESO	ÁREA DE INFLUENCIA	AGENTES QUÍMICOS A MUESTREAR	METODOLOGÍA A EMPLEAR	TIEMPO DE DURACIÓN DE LA MUESTRA	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA DE TRABAJO (UNE 689)	JORNADAS DE TRABAJO
NO CATALÍTICAS 1	VACÍO DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA VISCOREDUCTORA	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	
		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	
NO CATALÍTICAS 2	VACÍO DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA VISCOREDUCTORA	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	
		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	
CATALÍTICAS 1	CRACKING CATALÍTICO FLUIDO (FCC) CONCENTRACIÓN DE GASES (GASCON) MMEROX LPG y GASOLINA	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	
		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	

		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	
CATALÍTICAS 2	MEROX JET-FUEL HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS (HDT) REFORMADORA REG. CONTINUA DE CATALIZADOR (CCR)	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	
		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	
CATALÍTICAS 3	HIDRODESULFURIZADORA DE DIESEL (HDS) TRATAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE 1 Y 2 TRATAMIENTO DE AGUAS AMARGAS 1 Y 2 RECUPERACIÓN DE AZUFRE 1 Y 2	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	
		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	
UTILIDADES	EFLUENTES GENERACIÓN DE VAPOR Y ELÉCTRICA TRATAMIENTO DE AGUA	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	
		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	
SETRÍA	SETRIA / LLENADERAS	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	

		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	
CONTROL DE CALIDAD	LABORATORIO	SO2	NIOSH 6004	15 MIN.	4	MAÑANA (07am A 15 pm) TARDE (15pm A 23pm) NOCHE (23 pm A 07am)
		H2S	OSHA N°1008	4 H	3	
		CO	OSHA OSA 5	8H	30	
		BENCENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		TOLUENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		XILENO	INSHT MTA/MA-030/92	25 MIN	4	
		HAP'S (MERCAPTANOS)	(DFG) D Método N° 3	4h	3	

Elaborado: Katherine Castro

- De los resultados obtenidos al aplicar una metodología analítica para el monitoreo higiénico de contaminantes químicos en la zona de respiración del trabajador, dichos datos se deben comparar con los diferentes valores de referencia para los compuestos en estudio (SO_2 , H_2S , CO , BTX , HAP's), los mismos que son reportados por las organizaciones internacionales, tales como: ACGIH; INSHT, DFG, etc.,. Estos valores se pueden consultar en el cuadro N°25 y, debido a que en Ecuador no existen valores de referencias para contaminantes químicos, se tomará en cuenta los de organismos internacionales que presenten valores más restrictivos, como los de USA, (ACGIH).
- Es importante también considerar el criterio de la Norma UNE 689, al momento de decidir si el riesgo es aceptable o no luego de aplicar una metodología específica de muestreo higiénico, y para el caso concreto de la Refinería en estudio, es preciso tomar un sistema de decisión a partir de un gran número de muestras, para ello se debe buscar la distribución normal tipificada (Ver Anexo 1), la probabilidad (p) de superar el valor de Z calculado. Esa será la probabilidad de que la ED de una jornada cualquiera supere el valor límite:

Si $p < 0,1\%$, **exposición aceptable**. Situación verde

Si $p > 5\%$, **exposición inaceptable**. Situación roja.

Si $0,1\% < p < 5\%$, **exposición tolerable**. Situación naranja.

- Es importante tener en cuenta la periodicidad en la que se realizará el monitoreo de los agentes químicos, de acuerdo al criterio de la UNE 689, el monitoreo inicial se fija en 16 semanas, con los siguientes criterios de variación:

1. Si el resultado de una medición es tal que la exposición es igual o inferior al 25% del valor límite, la siguiente medición se realizará al cabo de 64 semanas.

2. Si el resultado de la medición es tal que la exposición está comprendida entre el 25 y el 50% del valor límite, la siguiente medición se realizará a las 32 semanas.

3. Si el resultado de la medición es que la exposición está comprendida entre el 50 y el 100% del valor límite, la siguiente medición se efectuará a las 16 semanas.

4. Si varias mediciones sucesivas dan valores de exposición inferiores al 10% del valor límite, se puede reconsiderar la necesidad del propio programa de mediciones periódicas.

5. Si de alguna medición se deduce una exposición superior al valor límite, se han de aplicar las medidas preventivas necesarias y, con posterioridad, repetir la evaluación inicial siguiendo alguno de los procedimientos establecidos para ella

CUADRO N°25

VALORES LÍMITES INTERNACIONALES PARA PRINCIPALES AGENTES QUÍMICOS EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA

SUSTANCIA	Sulfuro de Hidrógeno		Benceno		Tolueno		Xileno		Fenol		Monóxido de Carbono		Monóxido de Nitrógeno		Dióxido de Nitrógeno		Dióxido de Azufre		Hidrocarburo Aromático Policíclico	
CAS N°	7783-06-4		71-43-2		108-88-3		1330-20-7		108-95-2		630-08-0		10102-43-9		10102-44-0		7446-09-5		-	
PAÍS	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.	V.L. 8 h	V.L. 15 min.
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	mg/m3	mg/m3
Austria	10	10	1	4	50	100	50	100	2		30	60	25		3	6	2	4		
Bélgica	10	15	1		50	100	50	100	2		25		25		3	5	2	5		
Canadá	10	15	1	5	50		100	150	5		35	200	25		3		2	5		
Dinamarca	10	20	0,5	1,0	25	50	25	50	1	2	25	50	25	50	2	2	0,5	1	0.2	0.4
Francia	5	10	1		50	100	50	100	2	4	50		25			3	2	5		
Alemania	5	10			50	200	100	200			30	30	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5		
Hungría																				
Italia			1		50		50	100	2				25							
Japón	10		10		20		100													
Polonia																				
España	10	15			50	100	50	100	2		25		25		3	5	2	5		
Suecia	10	(15)	0,5	3	50	100	50	100			35	100	1		2	(5)	2	(5)		
Suiza	5	10	0,5		50	200	100	200	5	5	30	30	25		3	3	0,5	0,5		
Países Bajos																				
USA	4	20	0.5	2.5	20		100	150	5		50		25			5	5			
Reino Unido	5	10	1		50	100	50	100	2		30	200	(25)	(35)	(3)	5	(2)	(5)		

Fuente: Institute For Occupational Safety And Statutory Accident Insurance. GESTIS. Germany 2009
Elaborado por: Katherine Castro

7. CONCLUSIONES

- Del screening ambiental realizado en las diferentes unidades de proceso de una refinería del Área Andina, las mayores concentraciones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (BTX), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), se obtuvieron en la unidades de Cracking Catalítico Fluido (FCC), en la Reformadora Continua Catalizada (CCR) y Recuperadora de Azufre, de las cuales, la mayor concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles (que incluyen el grupo de los BTX) fue en el área FCC, obteniendo 1023 ppm.
- Las mayores concentraciones de compuestos orgánicos volátiles monitoreados en una refinería del Área Andina, se obtuvieron en los puestos de trabajo que incluían actividades de muestreo de productos del refinamiento de petróleo.
- De la selección de Grupos Homogéneos de Exposición en una Refinería del Área Andina para el área de procesos, aplicando el criterio de la UNE 689, se obtuvieron un total de 13 grupos homogéneos (GHE-A hasta GHE-N), teniendo que monitorear mayor número de trabajadores en las áreas de: Control de Calidad (De 9 trabajadores, se monitorearan 8), del Bunker (De 8 trabajadores, se monitorean 7)
- Para la evaluación detallada del riesgo higiénico del Dióxido de Azufre (SO₂), la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico

personalizado de una Refinería del Área Andina, es la enunciada por la **NIOSH 6004**, es un método validado y que tiene un amplio rango de trabajo (0.5 a 20 mg/m³) en comparación con las otras metodologías analizadas, así como por su especificación en el tiempo de muestreo, lo que es muy importante, para decidir el número de muestras que se van a muestrear en los diferentes turnos de trabajo.

- Para la evaluación detallada del riesgo higiénico del Monóxido de Carbono (CO), la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado de la Refinería objeto de estudio, es la enunciada por la **OSHA OSA 5**, debido a su amplio rango de trabajo (28.5 a 288.2 ppm) que otros métodos, además que nos permitirá comparar con los Valores de referencia de las diferentes agencias internacionales, los mismos que fluctúan para este contaminante, en un periodo de 8 horas, de 25 a 50 ppm. Además porque nos especifica también el tiempo de muestreo, que es muy importante, para decidir el número de muestras que se deben tomar en los diferentes turnos de trabajo.
- Para la evaluación detallada del riesgo higiénico del Benceno, Tolueno y Xileno, la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado de una Refinería del Área Andina, es la enunciada por la **INSHT MTA/MA-030/92**, debido a que su rango de trabajo varía (3.5 a 66 mg/m³), lo que nos permite comparar con los Valores límites de las diferentes agencias internacionales, como la ACGIH, INSHT. Además, como dato adicional de esta metodología, es que presenta una estabilidad

de la muestra a 4°C hasta veintiún días después de la captación, lo que nos hace posible el envío de muestra a otros países que tengan implementados laboratorios de Higiene Analítica para el estudio de la muestra, ya que en nuestro país, no contamos con ello.

- Para la evaluación detallada del riesgo higiénico de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's), la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado de una Refinería del Área Andina estudiada, es la enunciada por la Agencia Federal Alemana (**DFG**) **D Método N° 3**, ya que este método está validado para 16 HAP's, uno de ellos los mercaptanos, que son precisos medir por ser productos residuales en las Refinerías del Área Andina, mientras que las otras metodologías no existen datos de rendimiento que validen su utilización.
- Para la evaluación detallada del riesgo higiénico del Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), la metodología que mejor se ajusta para el muestreo higiénico personalizado de una Refinería del Área Andina estudiada, es la enunciada por **OSHA N°1008**, ya que es un método moderno que utiliza equipos de alta precisión como es la cromatografía iónica, además que especifica el tiempo de muestreo a tomar y es un método validado y muy utilizado actualmente en el análisis para el Sulfuro de Hidrógeno.
- El número mínimo de muestras a tomar para el análisis de los contaminantes químicos en estudio, en sistemas de medición directa es mayor el número de muestras a obtener que para los tubos de Carbón

Activo como silica gel etc., debiéndose a que éstos últimos son métodos de medición más precisos y no presentan interferencias impredecibles, tal como son los métodos de lectura directa.

- El criterio de la norma UNE 689, utilizado para el establecimiento de la estrategia y metodología de muestreo en la zona de respiración del trabajador, para la determinación de los principales contaminantes químicos en el trabajador, como son: los compuestos aromáticos policíclicos (HAP's), los BTX, Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), entre otros, es muy apropiada para el nuestro estudio, además que nos permite llevar un control periódico de exposición en el tiempo.
- La metodología propuesta debe finalizar con el establecimiento de un programa de monitoreo continuo, a fin de establecer el verdadero patrón de la exposición diaria que se pretende determinar con la aplicación de esta metodología.

8. RECOMENDACIONES.

- Al tener definida una estrategia de muestreo para agentes químicos y conocida la exposición laboral en cada una de las unidades de proceso, se recomienda elaborar un programa higiénico de evaluación continua, mediante controles ambientales periódicos, creando así, un sistema de registro de exposición laboral a agentes químicos.
- Se recomienda utilizar los valores límites permisibles (TLV) establecidos por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH), debido a que sus valores límites se encuentran por debajo de otros organismos internacionales.
- Al aplicar las metodologías de muestreo para evaluación de contaminantes químicos, en la zona de respiración del trabajador y siguiendo el criterio de la UNE 689 para determinar si la exposición es aceptable, inaceptable ó tolerable, de las cuales si se obtiene una exposición tolerable ó inaceptable, la exposición debe ser controlada cuidadosamente para mantener los niveles del agente tan bajos como sea posible por debajo de los valores de referencia, se recomienda utilizar preferiblemente las medidas de control en la fuente, por eliminación o sustitución del agente peligroso, si no es posible en segunda instancia se lo debe realizar en el medio, y en tercera instancia, el receptor.

- Para mantener vigilada la exposición de los trabajadores a los principales contaminantes químicos de la industria petroquímica, en especial del Benceno que está catalogado como un agente cancerígeno y para validar los resultados de la evaluación de exposición, se recomienda utilizar la estrategia de Grupos Homogéneos de Exposición (GHE).

9. BIBLIOGRAFÍA:

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Interaction profile for benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX). Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services; 2004. p. 5, 13, 24, 31, 59
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). Benceno. Atlanta 2007. Versión electrónica: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>
- Bello J, López A, Fundamentos de Ciencia Toxicológica, Editorial Díaz de Santos, Madrid España 2001 Pp.255-270.
- Cassarett and Doull's Toxicology, Quinta edición. Edit Mc.Graw Hill, U.S.A. 1996. Pp.643-690, 737-773.
- Beverly S. Cohen and Susanne V. Hering (Editors). Air Sampling Instruments. Chapter 2: Occupational Air Sampling Strategies by Rock James C., 8th Edition, ACGIH, USA. 1995.
- Bogadi-Sare A, Zavalic M, Trosic I, Turk R, Kontosic I, Jelcic I. Study of some immunological parameters in workers occupationally exposed to benzene. Int Arch Occup Environ Health 2000;73 (6):397-400.

- Bullock W., Ignacio J., A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Third Edition. USA. 2006.
- Deschamps D, Geraud C, Dally S. Cognitive functions in workers exposed to toluene- Int. Arch. Occup Environ Health. 2001; 74:285-288. Deschamps D, Geraud C, Dally S. Cognitive functions in workers exposed to toluene- Int. Arch. Occup Environ Health. 2001; 74:285-288.
- Ellenhorn MJ. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. En: Ellenhorn's Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. Second edition. Baltimore: Williams & Williams. 1997. p. 1420-47
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO
Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos presentes en los Lugares de Trabajo relacionados con Agentes Químicos. REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril BOE nº 104, de 1 de mayo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo Madrid, España, 2001.
- Institute For Occupational Safety And Statutory Accident Insurance. GESTIS: Analytical Methods. Germany 2009 <http://www.dguv.de/bgia/en/gestis/stoffdb/index.jsp>

- Kaserouni N, Sinha R, Hsu CH, Greemberg, Rothman N. Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food Chem Toxicol* 2001; 39 (5):423-36
- Kramer A y otros, Occupational chronic exposure to organic solvents XVII. Ambient and biological monitoring of workers exposed to xylenes. *Int Arch Occup Environ Health* (1999) 72: 52-55
- Krewski D, Thorslund T, Withey J. Carcinogenic risk assessment of complex mixtures. *Toxicology and Industrial Health* 1989; 5: 851-67.
- Lawerys RR. Cánceres de Origen Profesional. En: *Toxicología Industrial e Intoxicaciones Profesionales*. Barcelona, Madrid: Masson S.A.; 1994. p. 553-76.
- Leung, Hon-Wing and Paustenbach, Dennis J. Application of Pharmacokinetics to Derive Biological Exposure Indexes from Threshold Limit Values, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 49:9, 445- 450 1988
- Montoya, M.A. Neurotoxicology in México and its relations to the general and work. *Environment Ins Advances in Neurobehav. Toxicol.* 1990.
- MORCILLO RUBIO, JESÚS y otros, *Química*, Editorial Anaya, 1995.

- Neuman H. The role of biological monitoring in exposure control risk assessment and in defining acceptable limits for genotoxic. Symposium on exposure limits for occupational and environmental chemical pollutants, Prague, Czechoslovakia, Sc Total Environ 1989; 101 (1-2): 159.
- Orbaeck, P. Effects of long - term exposure to organic solvents on the nervous system. Chronic toxic encephalopathy and the prognosis following cessation to exposure thesis, Lund 1987.
- Pradyot Patnaik. Manual de productos químicos inorgánicos. McGraw-Hill. 2002
- Repetto M, Toxicología fundamental, Tercera Edición, Editorial Díaz de Santos, Madrid España 1997 Pp. 166-186.
- Ruiz-Frutos C, García A, Delclós J, Benavides FG. Salud Laboral. 3ª edición. Barcelona: Masson. 2006. p.275
- Rutchik, Jonathan S. Organic Solvents. Instant Access to the Minds of Medicine. University of California San Francisco. 2002.
- Stellman JM, McCan M. Hidrocarburos poliaromáticos. En: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 3ª edición. Madrid:

Organización Internacional del Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales - Subdirección General de Publicaciones. 1998. p. 310-9.

- Scheppers P, Beenackers M, Lepper A. Immunochemical detection of metabolites of parent and nitro polycyclic aromatic hydrocarbons in urine samples from persons occupationally exposed to diesel exhaust. *Fresenius J Anal Chem* 1995; 351 (7): 660-9.
- Talaska G, Underwood P, Maier A, Rothman N. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), nitro-PAHs and related environmental compounds: Biological markers of exposure and effects. *Environ Health Persp* 1996; 104 (suppl 5): 901-6.
- Tolentino, Zenari E, Dall'Olio M, Ruani G, Gelormini A, Mirone G. Application of statistical models to estimate the correlation between urinary benzene as biological indicator of exposure and air concentrations determined by personal monitoring. *AIHA J (Fairfax , Va)* 2003 Sep ;64(5):625-629
- US Department of Health and Human Services (ATSDR). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)(Update). Atlanta, GA, US. 1995.

- Verma D. K; Karen des Tombe Measurement of benzene in the workplace and its evolution process, part 1 American Industrial Hygiene Association Journal; Jan/Feb 1999; 60, 1; ABI/INFORM Global pg. 38
- World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental Criteria 202. Selected non-heterocyclic PAHs. Geneva. WHO. 1998.

10. ANEXOS

ANEXO 1

DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR

Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
-3,49	0,0002	-2,99	0,0014	-2,49	0,0064	-1,99	0,0233	-1,49	0,0681	-0,99	0,1611	-0,49	0,3121
-3,48	0,0003	-2,98	0,0014	-2,48	0,0066	-1,98	0,0239	-1,48	0,0694	-0,98	0,1635	-0,48	0,3156
-3,47	0,0003	-2,97	0,0015	-2,47	0,0068	-1,97	0,0244	-1,47	0,0708	-0,97	0,1660	-0,47	0,3192
-3,46	0,0003	-2,96	0,0015	-2,46	0,0069	-1,96	0,0250	-1,46	0,0721	-0,96	0,1685	-0,46	0,3228
-3,45	0,0003	-2,95	0,0016	-2,45	0,0071	-1,95	0,0256	-1,45	0,0735	-0,95	0,1711	-0,45	0,3264
-3,44	0,0003	-2,94	0,0016	-2,44	0,0073	-1,94	0,0262	-1,44	0,0749	-0,94	0,1736	-0,44	0,3300
-3,43	0,0003	-2,93	0,0017	-2,43	0,0075	-1,93	0,0268	-1,43	0,0764	-0,93	0,1762	-0,43	0,3336
-3,42	0,0003	-2,92	0,0018	-2,42	0,0078	-1,92	0,0274	-1,42	0,0778	-0,92	0,1788	-0,42	0,3372
-3,41	0,0003	-2,91	0,0018	-2,41	0,0080	-1,91	0,0281	-1,41	0,0793	-0,91	0,1814	-0,41	0,3409
-3,4	0,0003	-2,9	0,0019	-2,4	0,0082	-1,9	0,0287	-1,4	0,0808	-0,9	0,1841	-0,4	0,3446
-3,39	0,0003	-2,89	0,0019	-2,39	0,0084	-1,89	0,0294	-1,39	0,0823	-0,89	0,1867	-0,39	0,3483
-3,38	0,0004	-2,88	0,0020	-2,38	0,0087	-1,88	0,0301	-1,38	0,0838	-0,88	0,1894	-0,38	0,3520
-3,37	0,0004	-2,87	0,0021	-2,37	0,0089	-1,87	0,0307	-1,37	0,0853	-0,87	0,1922	-0,37	0,3557
-3,36	0,0004	-2,86	0,0021	-2,36	0,0091	-1,86	0,0314	-1,36	0,0869	-0,86	0,1949	-0,36	0,3594
-3,35	0,0004	-2,85	0,0022	-2,35	0,0094	-1,85	0,0322	-1,35	0,0885	-0,85	0,1977	-0,35	0,3632
-3,34	0,0004	-2,84	0,0023	-2,34	0,0096	-1,84	0,0329	-1,34	0,0901	-0,84	0,2005	-0,34	0,3669
-3,33	0,0004	-2,83	0,0023	-2,33	0,0099	-1,83	0,0336	-1,33	0,0918	-0,83	0,2033	-0,33	0,3707
-3,32	0,0005	-2,82	0,0024	-2,32	0,0102	-1,82	0,0344	-1,32	0,0934	-0,82	0,2061	-0,32	0,3745
-3,31	0,0005	-2,81	0,0025	-2,31	0,0104	-1,81	0,0351	-1,31	0,0951	-0,81	0,2090	-0,31	0,3783
-3,3	0,0005	-2,8	0,0026	-2,3	0,0107	-1,8	0,0359	-1,3	0,0968	-0,8	0,2119	-0,3	0,3821
-3,29	0,0005	-2,79	0,0026	-2,29	0,0110	-1,79	0,0367	-1,29	0,0985	-0,79	0,2148	-0,29	0,3859
-3,28	0,0005	-2,78	0,0027	-2,28	0,0113	-1,78	0,0375	-1,28	0,1003	-0,78	0,2177	-0,28	0,3897
-3,27	0,0005	-2,77	0,0028	-2,27	0,0116	-1,77	0,0384	-1,27	0,1020	-0,77	0,2206	-0,27	0,3936
-3,26	0,0006	-2,76	0,0029	-2,26	0,0119	-1,76	0,0392	-1,26	0,1038	-0,76	0,2236	-0,26	0,3974
-3,25	0,0006	-2,75	0,0030	-2,25	0,0122	-1,75	0,0401	-1,25	0,1056	-0,75	0,2266	-0,25	0,4013
-3,24	0,0006	-2,74	0,0031	-2,24	0,0125	-1,74	0,0409	-1,24	0,1075	-0,74	0,2296	-0,24	0,4052

11. GLOSARIO

Agente químico: todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.

Exposición a un agente químico: presencia de un agente químico en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador, normalmente, por inhalación o por vía dérmica.

Peligro: la capacidad intrínseca de un agente químico para causar daño.

Riesgo: la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de la exposición a agentes químicos. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.

Agente químico peligroso: agente químico que puede representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo.

Actividad con agentes químicos: todo trabajo en el que se utilicen agentes químicos, o esté previsto utilizarlos, en cualquier proceso, incluidos la producción,

la manipulación, el almacenamiento, el transporte o la evacuación y el tratamiento, o en que se produzcan como resultado de dicho trabajo.

Subproductos: las sustancias que se forman durante las reacciones químicas y que permanecen al final de la reacción o del proceso.

Valores Límite Ambientales: valores límite de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en la zona de respiración de un trabajador. Se distinguen dos tipos de Valores Límite Ambientales:

- a) Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria: valor límite de la concentración media, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.
- b) Valor Límite Ambiental para Exposiciones de Corta Duración: valor límite de la concentración media, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior.

Valor Límite Biológico: el límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del agente químico o de uno de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al agente en cuestión.

Vigilancia de la salud: el examen de cada trabajador para determinar su estado de salud, en relación con la exposición a agentes químicos específicos en el trabajo.

Zona de respiración: El espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe.

Período de referencia: período especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El período de referencia para el límite de larga duración es habitualmente de 8 horas, y para el límite de corta duración, de 15 minutos.

Exposición diaria (ED): Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias. Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de 8 horas.

Así pues, la **ED** puede calcularse matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8}$$

siendo: **ci** la concentración i-ésima

ti el tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor **ci**

Exposición de corta duración (EC): Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite. Lo habitual es determinar las **EC** de interés, es decir, las del período o períodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de ellos. De esta forma, las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las **EC** buscadas.

No obstante, si el método de medición empleado, por ejemplo basado en un instrumento de lectura directa, proporciona varias concentraciones dentro de cada período de 15 minutos, la **EC** correspondiente se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{\sum c_i t_i}{15}$$

siendo: **ci** la concentración i-ésima dentro de cada período de 15 min.

ti el tiempo de exposición, en minutos, asociado a cada valor **ci**

Indicador Biológico (IB): parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico. Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina,

la sangre y otros; según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

Indicador Biológico de dosis: es un parámetro que mide la concentración del agente químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto.

Indicador Biológico de efecto: es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, inducidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto el trabajador.