

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



**MEDICIÓN DE LOS GASES EMANADOS EN LAS PRÁCTICAS DE
LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS DEL
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEO DE LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**

REALIZADO POR:

Ruíz Marín Simón Antonio
Yegres Ruíz Rosnimar Scarleth José

**Trabajo Especial De Grado Presentado Ante La Universidad De
Oriente Como Requisito Parcial Para Optar Al Título De:**

INGENIERO DE PETRÓLEO.

Barcelona, Diciembre de 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



**MEDICIÓN DE LOS GASES EMANADOS EN LAS PRÁCTICAS DE
LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS DEL
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEO DE LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**

ASESOR ACADÉMICO:

Ing. Quím. Rayda Patiño (M.Sc.).

Barcelona, Diciembre de 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO



**MEDICIÓN DE LOS GASES EMANADOS EN LAS PRÁCTICAS DE
LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS DEL
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEO DE LA UNIVERSIDAD DE
ORIENTE, NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**

El Jurado Hace Constar Que Asignó A Ésta Tesis La Calificación De:

Ing. Quím. Rayda Patiño (M.Sc.).
Asesor Académico.

Ing. Oly Guerra (M.Sc.).
Jurado Principal.

Ing. Francisco Ortíz.
Jurado Principal.

Barcelona, Diciembre de 2009

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el Artículo 44 del reglamento de Trabajo de Grado:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, EL CUAL LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”

RESUMEN

El Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos es una Dependencia del Departamento de Ingeniería de Petróleo, adscrito a la dirección de Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de La Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui.

En este Laboratorio se realizan las siguientes prácticas: Determinación de Agua y Sedimentos, Determinan de Gravedad API y Densidad, Viscosidad, Destilación Atmosférica, Punto de Inflamación y Combustión, Punto de Enturbiamiento y Fluidez, Presión de Vapor Reid y Determinación de Asfaltenos en los crudos pesados.

A través de una muestra representativa de crudo, se desarrollaron las prácticas antes mencionadas, cuyo objetivo es evaluar las emisiones gaseosas que se emanaron durante su desarrollo, las cuales se consideran de gran interés por el tipo y cantidad de contaminantes potenciales presentes.

Es por ello que se empleó el Detector Multigas Sirius, con la finalidad de evaluar las concentraciones de gases tóxicos en el ambiente y los riesgos que estos puedan causar a la salud del personal dentro del Laboratorio y en su entorno. Como principal resultado significativo se evidenció que los ensayos “Destilación Atmosférica”, “Punto de inflamación y Combustión” y “Determinación de Asfaltenos”, emitieron las mayores concentraciones de gases tóxicos (C.O.V) con valores de 51.7ppm, 48.2ppm y 553ppm respectivamente. Posteriormente, se simularon mediante el Software Disper 4.0, que estudia una gran cantidad de emisores de contaminantes atmosféricos.

Las simulaciones realizadas dieron como resultado la representación grafica de la dispersión de los contaminantes en forma de pluma con diferentes concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Todo ello, teniendo como referencia las normativas

ambientales nacionales COVENIN 2253: 2001, y del Decreto 638 donde se establecen los límites máximos permisibles de los mismo a fin de tomar medidas preventivas.

Basados en los resultados obtenidos, se recomendó la colocación de gabinetes purificadores de emisiones tóxicos para el almacenaje de sustancias químicas y muestra de crudos con el cual se desarrollan los ensayos, también el uso de Campanas Extractoras - Purificadoras de gases en los puntos de mayor concentración, además de los dispositivos de extracción de aire de renovación forzada, que minimicen el impacto de los contaminantes que pudiesen quedar en el área del laboratorio por el desarrollo de otros ensayos, ya que al ser estas muy elevadas ocasionan graves daño en el ser humano y el ambiente que nos rodea. Otra recomendación es la creación de salidas de emergencias opuesta a la salida principal para así garantizar una mejor evacuación en caso de emergencia. Además la colocación de duchas lavaojos manuales y duchas corporales de emergencias, finalmente la colocación y restructuración del mobiliario en toda su estructura y la sustitución de los equipos utilizados en el laboratorio de procesamientos de hidrocarburos para un mejor desarrollo y desempeño profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios Todopoderoso y a la Virgen del Carmen.

A mis padres, Reinaldo Yegres y Carmen Ruiz, quienes siempre tuvieron palabras de aliento para que no cayera ante las adversidades. Los Amo.

A mi hermanito, Reinaldo Andrés, porque el trajo a mi vida la esperanza y la certeza de que nada es imposible, que con perseverancia todo se logra y que los milagros existen. Bebé Te Amo.

A mi abuela Josefina, por tenerme siempre en sus oraciones, quererme y consentirme; y a mi abuela Juana, que desde el cielo me guía y me protege, hubiese querido que estuviera aquí para que compartiéramos este momento tan importante.

A mis tíos, Maritza y Julián, por apoyarme y estar siempre tan orgullosos de mí.

A mis primos: Ninina, Manuel, Julián Eduardo, Alba, Luis Rafael, Marycarmen, Gabo, Maryvic, Naty, Luis Carlos y Carlos Javier, porque de una u otra forma contribuyeron al cumplimiento de esta meta.

A mis sobrinos Oriana, Manuel Antonio, Sabrina, Samantha, María Daniela, María Elizabeth, Angel Daniel, Valeria y César Manuel, porque con sus nacimientos iluminaron mi vida, la llenaron de esperanza y me motivaron a continuar luchando. Espero que este logro les sirva de ejemplo y los inspire a ser grandes profesionales.

A mis amigas Yumi, Auri y Yubli y a mis amigo Ramón, quienes sin importar la distancia me tendieron su mano en momentos difíciles y me alentaron a seguir.

A Nelson Rafael, quien me apoyó muchísimo para poder culminar satisfactoriamente esta etapa, me enseñó a creer en mi misma y compartió conmigo mis alegrías y mis penas.

Rosnimar Yegres Ruiz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios y a la Virgen por brindarme su protección sagrada y permitirme culminar satisfactoriamente este proyecto.

A mis padres, porque siempre tuvieron fe en mí y me apoyaron muchísimo en mi etapa universitaria.

A la Prof. Oly Guerra por compartir sus conocimientos con nosotros y regalarnos parte de su tiempo.

A mi compañero Simón, por tener tanta paciencia y optimismo, no hubiese encontrado un mejor compañero.

A mis profesores Rafael Barrueta, Tania González, Lisandro Vilorio, Daniel Suárez, Edgar Bastos y especialmente a Roberto Salas, quienes además de ser excelentes profesionales, son grandes amigos.

A mis compañeros Yubli, Rigoberto, Marcos, Mairelys, René, Mery y Diego, juntos formamos un gran grupo de estudio para hacer más fácil y ameno nuestro paso por la Universidad.

Rosnimar Yegres Ruiz

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
RESUMEN.....	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
CAPÍTULO I.....	iv
EL PROBLEMA	iv
1.1 Planteamiento del problema.....	iv
1.2 Objetivos de la investigación	22
1.2.1 Objetivo general	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
CAPITULO II	21
FUNDAMENTOS TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.2 Resumen de conocimientos previos.....	24
2.2.1 Gas natural	24
2.2.2 Composición del gas natural	26
2.2.3 Contaminantes de los hidrocarburos	27
2.2.3.1 Dióxido de carbono (CO ₂)	27
2.2.3.2 Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S):	28
2.2.3.3 Nitrógeno (N ₂):.....	29
2.2.3.4 Agua (H ₂ O):	29
2.2.4 Compuestos orgánicos volátiles (COV).....	30
2.2.4.1 Límites establecidos	31
2.2.4.2 Efectos de los BTEX.....	36
2.2.4.2.1 Benceno:.....	36
2.2.4.2.2 Etilbenceno:.....	37
2.2.4.2.3 Tolueno:	37
2.2.4.2.4 Xileno:.....	38
2.2.5 Tecnologías para el control de emisiones de los BTEX	39
2.2.5.1 Incineración.....	39

2.2.5.2. Condensación	40
2.2.5.3 Proceso R-BTEX.....	41
2.2.5.4 Proceso MTR- pervap	42
2.2.6 Emisión de contaminantes a la atmósfera	43
2.2.7 Principales alteraciones atmosféricas producidas por los contaminantes de origen antropogénico.....	44
2.2.8 Efectos de la contaminación atmosférica sobre la vida en la superficie terrestre.....	47
2.2.9 Evaluación de las concentraciones de contaminantes a nivel del suelo	50
2.2.10 Sistema de vigilancia de la calidad del aire	54
2.2.11 Gas de efecto invernadero.....	57
2.2.12 Análisis de dispersión	58
2.2.12.1 Modelo gaussiano	62
2.2.12.2 Modelos numéricos	67
2.2.12.3 Modelos estadísticos o empíricos	68
2.2.12.4 Modelos físicos	68
2.2.13 Detector de gases sirius.....	69
2.2.13.1 Teoría PID.....	70
2.2.13.2 Gas cero.....	70
2.2.13.3 Gas patrón	70
2.2.13.4 Factores de respuesta	70
2.2.14 Simulador disper 4.0	71
2.2.14.1 Flujos por momento y por sustentación.....	75
2.2.14.2 El término vertical.....	79
2.2.15 Acondicionamiento ambiental del laboratorio.....	80
2.2.15.1 Características específicas del laboratorio	81
2.2.15.2 Situaciones termohigrométricas.....	81
2.2.15.3 Focos de calor	82
2.2.15.4 Sistemas de extracción.....	83
2.2.15.5 Contaminación química	83

2.2.15.6 Áreas específicas.....	83
2.2.15.7 Planteamiento general del sistema de aire acondicionado de un laboratorio	84
2.2.15.8 Disipación de energía.....	85
2.2.15.9 Volúmenes de aire.....	86
2.2.15.10 Impulsiones y retornos de aire	87
2.2.15.11 Conductos.....	87
2.2.15.12 Evacuación al exterior.....	88
2.2.15.13 Toma de aire externa.....	88
2.2.15.14 Acondicionamiento mediante unidades independientes	88
2.2.15.15 El control ambiental del laboratorio.....	89
2.2.15.15.1 Ventilación por dilución.....	90
2.2.15.15.2 Ventilación por desplazamiento	92
2.2.15.16 Renovación del aire del laboratorio	93
2.2.15.16.1 Renovación natural.....	93
2.2.15.16.2 Renovación forzada.....	93
2.2.16 Campanas extractoras de gases	95
CAPÍTULO III.....	24
METODOLOGÍA	24
3.1 Establecimiento de las bases y criterios para el análisis de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos	24
3.2 Identificación a través del equipo detector multigas sirius de los distintos gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos	98
3.3 Comparación de las concentraciones máximas permisibles de gases tóxicos en el organismo establecidas por las normativas de ambiente con las obtenidas en el laboratorio	100
3.4 Modelado del comportamiento de los gases encontrados en el laboratorio con el software disper 4.0	105

3.5 Proponer estrategias que mejoren el manejo de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos	117
CAPÍTULO IV.....	98
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	98
4.1 Establecimiento de las bases y criterios para el análisis de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos	98
4.2 Identificación a través del equipo Detector Multigas Sirius de los distintos gases tóxicos emanados durante las prácticas del Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos	122
4.3 Comparación de las concentraciones máximas permisibles de gases tóxicos en el organismo establecidas por las normativas de ambiente con las obtenidas en el laboratorio	143
4.4 Modelado del comportamiento de los gases encontrados en el laboratorio con el software disper 4.0	147
4.5 Proponer estrategias que mejoren el manejo de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos	155
CONCLUSIONES.....	167
RECOMENDACIONES	168
BIBLIOGRAFÍA	167
ANEXOS	169
APENDICE A.....	172
APENDICE B	184
APENDICE C	186
APÉNDICE D	189
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	190

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Método convencional de control de emisiones de BTEX [13].....	40
Figura 2.2. Proceso R-BTEX [13].	42
Figura 2.3. Proceso MTR-PerVap [13].....	43
Figura 2.4 Esquema del Efecto Invernadero ^[15]	58
Figura 2.5 Estabilidad atmosférica, como la determina la tasa de Declinación ambiental ^[16]	60
Figura 2.6. Esquema de elevación del perfil de concentración de un penacho ^[13]	63
Figura 2.7. Correlaciones para σ_y basadas en las clases de estabilidad A-F de Pasquill ^[18]	65
Figura 2.8. Correlaciones para σ_z basadas en las clases de estabilidad A-F de Pasquill ^[18]	66
Figura 2.9. Comparación de una exposición instantánea y una de tiempo de una columna visible de humo ^[18]	67
Figura 2.10. Software disper: mapa de las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NOx) generadas por tres chimeneas industriales que emite 1 g/s de NOx bajo un viento de 5 m/s en dirección E y en un terreno con pendiente ^[21]	75
Figura 3.1. Componentes del detector multigas sirius	99
Figura 3.2. Diseño del sensor de fotoionización típico	99
Figura 3.3. Descripción de la pantalla del detector multigas sirius	100
Figura 3.4 Ventana para introducir los valores de Propiedades de Fuente Puntuales	106
Figura 3.5 Ventana para introducir los valores del tiempo	108
Figura 3.6 Ventana para calcular la constante de pasquill – gifford.....	111
Figura 3.7. Modelo de dispersión de la práctica n° 1, correspondiente a agua y sedimentos.....	112
Figura 3.8. Modelo de dispersión de la práctica n° 2, correspondiente a °API y densidad	113

Figura 3.9. Modelo de dispersión de la práctica nº 3 ^a , correspondiente a viscosidad saybolt furol	113
Figura 3.10. Modelo de dispersión de la práctica nº 3b, correspondiente a viscosidad fann.....	114
Figura 3.11. Modelo de dispersión de la práctica nº 4, correspondiente a destilación	114
Figura 3.12. . Modelo de dispersión de la práctica nº 5, correspondiente a punto de enturbiamiento y fluidez.....	115
Figura 3.13. . Modelo de dispersión de la práctica nº 6, correspondiente a punto de inflamación y combustión.....	115
Figura 3.14. . Modelo de dispersión de la práctica nº 7, correspondiente a presión de vapor reid.....	116
Figura 3.15. Modelo de dispersión de la práctica 8 a, correspondiente a asfáltenos parte I	116
Figura 3.16. Modelo de dispersión de la práctica nº 8 b, correspondiente a asfáltenos parte II.....	117
Figura 3.17 Campana de extracción localizada.....	119
Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007).....	119
Figura 3.18 Campanas conectadas en serie a extractor de aire forzado.....	120
Figura 3.19 Diseño de campanas fijas instaladas en los mesones en laboratorio	120
Figura 4.1. Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de agua y sedimentos	125
Figura 4.2 Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de destilación.	131
Figura 4.3 Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de asfáltenos I.	138
Figura 4.4 Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de asfáltenos II.....	143
Figura 4.5. Concentraciones vs. distancias para la práctica de agua y sedimentos.....	150

Figura 4.6. Concentraciones vs. distancias para la práctica °API y densidad.....	150
Figura 4.7 Concentraciones vs. distancias para la práctica viscosidad saybolt furol.....	151
Figura 4.8. Concentraciones vs. distancias para la práctica viscosidad fann.....	151
Figura 4.9. Concentraciones vs. distancias para la práctica destilación atmosférica.....	152
Figura 4.10. Concentraciones vs. distancias para la práctica punto de enturbiamiento y fluidez.....	152
Figura 4.11. Concentraciones vs. distancias para la práctica punto de inflamación y combustión.....	153
Figura 4.12. Concentraciones vs. distancias para la práctica presión de vapor reid.....	153
Figura 4.13. Concentraciones vs. distancias para la práctica determinación de asfaltenos parte I.....	154
Figura 4.14. Concentraciones vs. distancias para la práctica determinación de asfaltenos parte II.....	154
Figura 4.15. Prototipo de mesones ideales de laboratorio.....	157
Figura 4.16 Extintor de fuego a base de CO2.....	159
Figura 4.17 Duchas corporales de emergencia.....	159
Figura 4.18 Classicline lavaojos manuales.....	160
Figura 4.19 Gabinete hamilton forense.....	161
Figura 4.20 Campana horizon.....	162
Figura 4.21 Dimensiones de la campana horizon.....	163
Figura 4.22 Dimensiones de la campana horizon (continuación).....	163
Figura 4.23. Extractor de aire forzado modelo backward curve.....	164

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Composición del gas natural ^[6]	27
Tabla 2.2. Efectos que causan la concentración en el aire de CO ₂ ^[7]	28
Tabla 2.3. Efectos que causan la concentración en el aire de H ₂ S ^[7]	29
Tabla2.4. Límites de exposición a algunos compuestos tóxicos según la “OSHA” ^[9]	32
Tabla2.5. Límites de exposición a algunos compuestos tóxicos según la norma COVENIN 2253:2001 ^[10]	33
Tabla2.6. Límites de emisión de COV según decreto 638 ^[11]	35
Tabla 2.7. Puntos de ignición, inflamación y límites de inflamabilidad de los BTEX ^[13]	38
Tabla 2.8. Clases de Estabilidad de Pasquill [16].	65
Tabla 3.1. Límites de emisión de COV según decreto 638 ^[11]	101
Tabla 3.2 Comparación entre las concentraciones obtenidas y las permisibles según decreto 638 ^[11]	102
Tabla 3.3 Concentraciones obtenidas y valor promedio máximo permisibles ^[10]	103
Tabla 3.4 Comparación de los límites establecidos por el detector sirius y las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas ^[20]	105
Tabla 4.1 Comparación entre las concentraciones obtenidas y las permisibles según decreto 638.	98
Tabla 4.2 Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 1 correspondiente a determinación de agua y sedimentos	124
Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica.....	126
Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).	127
Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).	128
Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).	129

Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).	130
Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte I.	132
Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).	133
Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).	134
Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).	135
Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).	136
Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).	137
Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).	138
Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte II.	139
Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte II (Continuación).	140
Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte II (Continuación).	141
Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica nº 8 correspondiente a asfáltenos parte II (Continuación).	142
Tabla 4.6. Comparación de los límites establecidos por el decreto 638 y las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas expresadas en kg. /día.	144
Tabla 4.7. Comparación de las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas y el valor promedio como base de la norma covenin 2253:2001. ...	145
Tabla 4.8. Comparación de los límites establecidos por el detector sirius y las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas.	147

Tabla 4.9. Distribución de las concentraciones con respecto a la distancia.....	149
Tabla 4.8. Especificaciones para identificación de las acometidas de servicios	158

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Cuando se inicia un proceso de refinación normalmente el petróleo posee grandes cantidades de gas (gas asociado y/o gas libre) ^[1]. El diagnóstico de dichos gases provenientes de los yacimientos a través de los pozos perforados, puesto en producción, en diferentes tipos de transporte aplicados y a los distintos procesos para la obtención de sus componentes, se convierte en un factor relevante ya que es preciso su análisis para conocer los diferentes tipos de gases contenidos en el hidrocarburo, Uno de los focos con mayor concentración de estos gases tóxicos se presentan en el Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos donde se desarrollan análisis bajo procedimientos sistemáticos en el momento que una muestra representativa es caracterizada y esto nos conlleva a una situación crítica, ya que una exposición continua y prolongada de los mismos, podrían acarrear problemas y deterioro de la salud, hasta ocasionar la muerte, y por otra parte el gran impacto ambiental que esto ocasiona.

Es de suma importancia evaluar las emisiones que se generan en los procesos de manejo de hidrocarburos en la Industria Petrolera y en nuestro caso particular en el desarrollo de las prácticas del Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos. A partir del conocimiento que determinados materiales usados en instalaciones y equipamiento son motivo de riesgo para la salud de las personas que regularmente trabajan en ellas, se hace necesario proponer acciones que neutralicen dichos riesgos. Se requiere de la aplicación de nuevas tecnologías para la detección de los gases tóxicos (SO₂, H₂S) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) que están asociados al hidrocarburo, en el desarrollo de prácticas de laboratorio y en los procesos de refinación. Las atmósferas con gases tóxicos estadísticamente causan mayor cantidad de accidentes en espacios confinados. Las

posibles causas de la presencia de estos gases tóxicos son: falta o deficiencia en el lavado, deficiente ventilación, residuos (barros), ingresos desde otras fuentes, etc.

En la investigación se desarrollará un procedimiento sistemático con el equipo Detector Multigas Sirius, que permitirá identificar los distintos gases emanados durante las prácticas en el Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos y medir las concentraciones de los mismos, tomando como punto de referencia las normativas de ambiente como los son: Normas Covenin 2253:2001 y el decreto 638, que rige concentraciones ambientales permisibles, esto con la finalidad de evaluar las concentraciones emitidas en el laboratorio con respecto a las normativas y hacer el uso del equipo detector de gas en el desarrollo de las prácticas permanentemente como estrategia para manejar este tipo de emisiones gaseosas, y en caso contrario proponer una que permita cumplir con los estándares mínimos requeridos para la determinación de propiedades del crudo en el Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Medir los gases tóxicos emanados en las prácticas de Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos del Departamento de Petróleo de la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Establecer las bases y criterios para el análisis de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos.
2. Identificar a través del equipo Detector Multigas Sirius los distintos gases tóxicos emanados durante las prácticas del Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos.
3. Comparar las concentraciones máximas permisibles. de gases tóxicos en el organismo establecidas por las normativas de ambiente con las obtenidas en el laboratorio.
4. Modelar el comportamiento de los gases encontrados en el Laboratorio con el Software DISPER 4.0.
5. Proponer estrategias que mejoren el manejo de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En mayo del año 1999, Fundaudo realizó una evaluación del Complejo Muscar con diferentes especialistas en el área ambiental de la Universidad de Oriente, donde se determinó que las emisiones de BTEX excedían los límites establecidos por el Decreto 638 de la legislación venezolana (1,3 Kg. /h) y de los departamentos en EEUU de Oklahoma (0,54 Ton/año), Louisiana (0,12 Ton/año), y Colorado (0,023 Ton/año). La cantidad emitida de BTEX del Complejo al momento del estudio fue de 213,93 Kg. /h equivalentes a 1874,03 Ton/año ^[2].

En enero del año 2004, Enviromental Assessments C.A, realizó la caracterización de las fuentes fijas de las emisiones de la planta de Extracción San Joaquín, durante el proceso se incluyeron los gases de combustión de la caja de fuego, pero no los vapores de tope procedentes de la regeneración del trietilenglicol. Se realizó una revisión de los documentos controlados por el departamento de Seguridad Industrial, Ambiente e Higiene Ocupacional, relacionados con la calidad del aire desde el año 1992, y se ubicó una nota técnica de Intevap, año 1996 (Ref. TEEA/ 1-96-0003), donde se indica la toma de muestras de COV en los puntos incluidos en esta evaluación, sin embargo, no se encontraron registros de los resultados obtenidos ^[3].

En el año 2004, la planta ACCROVEN San Joaquín inició la instalación de un sistema de incineración de los vapores de tope provenientes de la deshidratación de glicol para adecuarse a las normativas vigentes. Cabe destacar, que esta planta recibe gas proveniente de Producción Gas Anaco ^[4]. ZEECO, Inc.

Ingeniería conceptual “Evaluación de Emisiones de Gases BTEX en la planta de Refrigeración San Joaquín”, Superintendencia de Estudios y Asesoría,

Venezuela (2006) por solicitud de la Superintendencia Técnica Extracción San Joaquín. El estudio arrojó que los niveles de emisiones de contaminantes atmosféricos peligrosos (“HAP”) excederían en más de 1600 por ciento los límites establecidos en “Clean Air Act”, si la planta operara los 365 días del año. Por otro lado, las concentraciones de compuestos BTEX superan los límites de exposición de 8 horas semanales de la “OSHA”, justo a la descarga de la chimenea. Recomiendan la realización de un análisis de dispersión para completar el estudio^[5].

Randolph, Theron (2001), descubrió la Sensibilidad Química que manifestaban las personas que laboraban en ambientes confinados, expuestos a determinadas sustancias; para evaluar la importancia de este tema el Dr. Randolph recurrió a algunas estadísticas realizadas en USA, las cuales arrojaron los siguientes resultados^[6]:

- 50.000.000 de personas sufre de alergias (1)
- 15.000.000 de personas sufre de asma (1)
- 45.000.000 de personas sufre de severos y crónicos dolores de cabeza (2).
- De 10.000.000 a 30.000.000 de personas tiene sensibilidades varias (3).

Una suma de las cifras anteriores alcanza al 50% de la población de ese país. Quedando demostrado que la incidencia de estos gases ocasiona un deterioro considerable de la salud y en general de la calidad de vida de las personas expuestas^[6].

2.2 Resumen de conocimientos previos

2.2.1 Gas natural

Es una mezcla de hidrocarburos parafinados que incluye metano en mayor proporción y, otros hidrocarburos en proporciones menores y decrecientes. Esta

mezcla contiene, generalmente impurezas, tales como vapor de agua, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y otros gases inertes^[7].

La producción del gas natural en sus inicios estuvo asociada a la producción del petróleo, y la mayor parte del gas era desperdiciado hacia quemadores. A partir del año 1975 hasta el presente, los esfuerzos han estado dirigidos a industrializar esta área con el objetivo de maximizar la utilización del gas. En 1999, se promulgó la Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos adquiriendo mayor valorización, dando paso al desarrollo de múltiples proyectos.

El gas natural es utilizado como materia prima en numerosos procesos: en programas de inyección para la recuperación de petróleo y en otras operaciones de producción, en la obtención de Líquidos del Gas Natural (LGN) y en los procesos de sulfuración con el fin de mejorar la calidad de los derivados del petróleo, entre otros.

El gas natural con alto contenido de propano y más pesados es enviado a las plantas de extracción para la obtención de LGN, producto de alto valor comercial, su costo se ubicó por encima de 40 \$/BBL en el año 2008, la tasa de cambio vigente para la fecha era de 2,15 Bs. /\$.

El gas o sus componentes fraccionados representan una fuente de energía importantísima para la población venezolana, contribuye al avance social y al desarrollo del aparato productivo nacional. A continuación se describen algunos de los usuarios dentro del mercado interno:

➤ Residenciales: Emplean el gas para usos típicos de vivienda, por ejemplo, para cubrir las necesidades domésticas tales como cocción de alimentos y agua caliente, a partir de la utilización de cocinas, hornos, calentadores de agua, refrigeradores, etc.

- Comerciales: Usuarios que usan el fluido para actos de comercio (con actividad principal de compra, venta y permutas) y de prestación de servicios. Son usuarios habituales los establecimientos gastronómicos (bares, restaurantes, confiterías), y hoteles. También se consideran los establecimientos de salud y educación privada, la banca pública y privada y el abastecimiento de alimentos (mercados, grandes almacenes, etc.).
- Industriales: Usuarios que tienen como actividad el proceso de elaboración de productos, transformación de materias primas, reparación de maquinarias y equipos, y fabricaciones varias.
- Centrales eléctricas: Usuarios que emplean el gas para la generación de energía eléctrica.
- Entes oficiales: Son usuarios de esta categoría los entes centralizados y descentralizados, los establecimientos del área pública de la salud como hospitales, módulos de salud, salas de primeros auxilios, los centros de educación públicos y en general, todos los organismos oficiales de cualquier jurisdicción, excluyendo en todos los casos aquellos cuya principal función sea un proceso productivo de bienes o la prestación de servicios con retribuciones explícitas en precios o tarifas.
- GNV - Gas natural vehicular: Son usuarios las estaciones de servicio, que lo expenden para utilización como combustible en vehículos.

2.2.2 Composición del gas natural

El gas natural y el petróleo, debido a su condición de mezclas, deben sus propiedades a la contribución de sus componentes individuales. Por definición, un hidrocarburo es una especie química compuesta sólo por átomos de carbono (C) e hidrógeno (H), los cuales pueden combinarse en un gran número de formas ^[7]. A continuación se presenta en la tabla 2.1 los componentes del gas natural.

Tabla 2.1 Composición del gas natural ^[6]

Hidrocarburo	Composición Química	Rango(%molar)
Metano	CH ₄	50-92
Etano	C ₂ H ₆	5-15
Propano	C ₃ H ₈	2-14
Butano	C ₄ H ₁₀	1-10
Pentano	C ₅ H ₁₂	0-5
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0-6
Dióxido de Carbono	CO ₂	0-5
Nitrógeno	N ₂	0-10
Agua	H ₂ O	Variable

2.2.3 Contaminantes de los hidrocarburos

Los hidrocarburos poseen una serie de contaminantes que merecen atención, debido a que pueden ocasionar problemas en las operaciones de manejo, tratamiento y procesamiento industrial. Algunos de estos son: Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Dióxido de carbono (CO₂), Nitrógeno (N₂), el vapor de agua (H₂O) entre otros ^[7].

2.2.3.1 Dióxido de carbono (CO₂)

Es un gas incoloro e inodoro y con un sabor ácido, que a concentraciones bajas no es tóxico, pero en concentraciones elevadas incrementa la frecuencia respiratoria y puede llegar a producir sofocación; además es uno de los causantes del efecto invernadero. El dióxido de carbono es soluble en agua y la solución resultante puede ser ácida como resultado de la formación de ácido carbónico, he aquí la propiedad corrosiva que el CO₂ presenta en presencia de agua ^[7]. En la tabla 2.2 se muestra algunos efectos que ocasiona el dióxido de carbono.

Tabla 2.2. Efectos que causan la concentración en el aire de CO₂ ^[7]

Concentración en el Aire	EFFECTOS
(%)	
Bajas (menor al 10)	Perdida del conocimiento, convulsiones y muerte. Puede dañar a un feto en formación.
Altas (mayor al 10)	Lesiones de la vista, congestión pulmonar, lesiones del sistema nervioso central, contracciones musculares repentinas, hipertensión arterial y dificultad respiratoria, mareo, dolor de cabeza, sudor, fatiga, adormecimiento y hormigueo de las extremidades, pérdida de la memoria, náuseas, vómito, depresión, confusión, quemaduras de la piel y zumbidos en los oídos.

2.2.3.2 Sulfuro de hidrógeno (H₂S):

El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro, inflamable, con mal olor, de sabor dulce y perceptible a concentraciones de 0.002 mg/l, se conoce por la fórmula H₂S, además de poseer un 5.92% de hidrógeno, 94.09% de Azufre y un peso molecular de 34.08 g/mol. El H₂S cuando es separado del gas natural mediante el proceso de endulzamiento, es enviado a plantas recuperadoras de azufre donde es vendido en forma líquida para sus diversos usos industriales ^[7].

Dependiendo de la concentración del H₂S presente en el aire este puede generar diferentes efectos, según su concentración, a continuación se reporta en la tabla 2.3 los efectos causados por este gas según su concentración.

Tabla 2.3. Efectos que causan la concentración en el aire de H₂S ^[7].

Concentración en el Aire		EFECTOS
(%)	ppmv	
0,00002	0,2	Olor perceptible y desagradable
0,001	10	Límite máximo permitido exposición 8 horas
0,01	100	Dolores de cabeza, mareos, náuseas, vómitos, irritación de ojos y garganta, parálisis olfativa en periodo de 3-15 minutos
0,016	150	Parálisis olfativa casi instantánea
0,025	250	Exposición prolongada conduce a edema pulmonar
0,06	600	Perdida de equilibrio y conocimiento. Parálisis respiratoria entre 30-45 minutos de exposición
0,07	700	Parálisis respiratoria en pocos minutos de exposición
0,1	1000	Parálisis respiratoria instantánea y muerte

2.2.3.3 Nitrógeno (N₂):

Es un gas incoloro e inodoro, considerado como gas inerte pues su combinación con otras sustancias solo ocurre bajo condiciones muy especiales. El nitrógeno es un poco más ligero que el aire y puede estar presente en el gas natural ocasionando una reducción en su contenido calorífico ^[7].

2.2.3.4 Agua (H₂O):

Es un líquido incoloro y transparente. No posee propiedades ácidas ni básicas, combinadas con ciertas sales pueden formar hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas. El agua interviene muy fuertemente en la composición del gas y en la concentración de las soluciones que se utilizan en los sistemas de amina. El gas transportado por una red de tuberías debe deshidratarse para evitar

la condensación, corrosión y la formación de hidratos. En términos generales, se considera que un gas es apto para ser transportado por tuberías, cuando posee una cantidad menor o igual a 6-7 lb. de agua por MMPCN de gas ^[7].

2.2.4 Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles son aquellos que tienen una presión de vapor alta y una solubilidad en agua baja. Lo comprenden hidrocarburos y otras sustancias. Muchos de ellos son reactivos (excluyendo el metano) en el aire y provocan efectos considerables sobre la salud y el ambiente. Todos los compuestos orgánicos contienen carbono y constituyen los componentes básicos de la materia viviente y de todo derivado de la misma. Muchos de los compuestos orgánicos que se utilizan no se hallan en la naturaleza, sino que se obtienen sintéticamente para las fabricaciones de pinturas, productos farmacéuticos y refrigerantes, entre otros. El hidrocarburo más abundante es el metano con unas concentraciones ambientales entre 1 y 6 ppm. Algunas sustancias menos abundantes pero más reactivas son: óxido de etileno, formaldehído, fosgeno, benceno, tetracloruro de carbono y CFC. Casi todos estos son cancerígenos conocidos o sospechados. Estos compuestos pueden producir irritación de ojos, garganta y pulmones así como la inhibición del crecimiento de las plantas ^[8].

Los términos COV e hidrocarburos no son idénticos, pero a menudo se usan como si lo fueran. Hablando estrictamente, un hidrocarburo solo contiene átomos de carbono e hidrógeno.

Probablemente, los COV constituyen la segunda clase más extendida y diversa de emisiones, después de las partículas. En el año 1985, estuvieron entre 30 y 90 Kg. per cápita en la Comunidad Europea, Alemania Occidental, el Reino Unido, Irlanda y los Países Bajos. Las principales fuentes emisoras fueron: distribución de gas, vertederos, combustibles fósiles sólidos, naturales, evaporación de disolventes y el transporte de carretera ^[8].

Los estándares de calidad del aire no impusieron unos límites para las concentraciones de COV y este hecho se debió a que no existe un límite seguro para la mayoría de estos compuestos. Por ejemplo, el benceno es un cancerígeno conocido para el que no se sabe ningún límite umbral de seguridad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1987 ha afirmado que una concentración de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benceno en el aire impone una probabilidad de 4×10^{-6} en desarrollar leucemia a lo largo de su vida. Sin embargo, las autoridades han fijado los límites de emisión para determinadas industrias dependiendo del tipo de sustancia ^[8]. Los BTEX forman parte de los compuestos orgánicos volátiles.

Los COV o VOC “Volatile Organic Compound” son parte del problema de los oxidantes fotoquímicos (“smog”, ozono), como se representa en la siguiente ecuación:



2.2.4.1 Límites establecidos

Los límites de exposición, según la “Occupational Safety and Health Administration”, de algunos COV se presentan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Límites de exposición a algunos compuestos tóxicos según la “OSHA”^[9].

Nombre	Límite – 8h (ppm)	Límite techo (ppm)	Máximo valor aceptable por encima del límite techo- 8h	
			Concentración (ppm)	Tiempo de exposición
Propano	1000	-	-	-
Pentano	1000	-	-	-
Hexano	500	1000	-	-
Ciclohexano	300	-	-	-
Heptano	500	-	-	-
Octano	500	-	-	-
Benceno	10	25	50	10 min.
Etil-Benceno	100	-	-	-
Tolueno	100	300	500	10 min.
Xileno	100	150	-	-
Naftaleno	10	-	-	-

En Venezuela la norma COVENIN 2253: 2001, que se titula: Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición (3era. revisión), de fecha 31/10/2001, es la que rige los límites de exposición y en la tabla 2.3 se presentan los valores para los compuestos en estudio ^[10].

Otros de los límites de exposición de compuestos tóxicos según la Norma Covenin 2253:2001 se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Límites de exposición a algunos compuestos tóxicos según la norma COVENIN 2253:2001^[10].

Nombre	CAP (ppm)	LEB (ppm)
Metano	C	-
Etano	C	-
Propano	1389	-
Butano	800	-
Pentano	600	-
Ciclopentano	600	-
Hexano	500	1000
Ciclohexano	300	-
Heptano	400	500
Octano	300	-
Benceno, (A1)	0,5	2,5
Etil- Benceno	100	150
Tolueno, (A4)	50	188
Xileno, (A4)	100	150
Naftaleno, (A4)	10	15

Algunas definiciones de la norma se describen a continuación:

C: “asfixiante simple”, son aquellos gases o vapores que aún estando presentes en el aire en altas concentraciones actúan principalmente como simples asfixiantes, sin provocar otros efectos fisiológicos importantes.

CAP: “Concentración Ambiental Permissible”, es la concentración promedio ponderada en el tiempo de sustancias químicas a las que se cree pueden estar

expuesto los trabajadores, repetidamente durante ocho (08) horas diarias y cuarenta (40) horas semanales, sin sufrir daños adversos a la salud.

LEB: “límite de exposición breve”, es la concentración que nunca debe excederse durante la jornada de trabajo y a la cual se cree que pueden estar expuestos los trabajadores durante un periodo de quince (15) minutos máximo, sin sufrir:

- a) Irritación.
- b) Daño tisular crónico.
- c) Narcosis de intensidad suficiente como para aumentar la propensión a accidentes.
- d) La reducción de su capacidad para ponerse a salvo por medios propio.

T: Límite techo, es la concentración que no debe sobrepasarse en ningún instante durante la jornada de ocho (08) horas.

A1: Cancerígeno confirmado en humanos, basado en el peso de la evidencia de estudios epidemiológicos o evidencia clínica convincente en humanos expuestos.

A4: No clasificado como cancerígeno en humanos, existe información inadecuada en la cual se puede basar para clasificar el agente en términos cancerígeno en humanos o animales.

Las exposiciones por encima del CAP y hasta el LEB no deben ser mayores de quince (15) minutos y no más de cuatro (04) veces al día, con intervalos entre exposición de al menos sesenta (60) minutos, siempre que no se exceda la concentración promedio ponderada (CAP) en ocho (08) horas.

Para aquellas sustancias que no tengan asignado un límite de exposición breve (LEB), ni límite techo (T), se permite que se excedan tres (03) veces pero no más de cinco (05) veces el valor de las CAP, durante un período total de treinta (30) minutos en la jornada de trabajo, siempre que el resto de la misma no exceda la concentración promedio ponderada en el tiempo (CAP).

Los límites de emisión de los COV están normados por el Decreto 638 de la legislación venezolana (“Norma sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica”^[11], de fecha 19/05/1995) y se presentan en la tabla 2.6

Tabla2.6. Límites de emisión de COV según decreto 638^[11].

Contaminante	Actividad	Existentes mg/m ³	Nuevas mg/m ³	Observaciones
Compuestos orgánicos volátiles	Actividades que utilizan solventes orgánicos no reactivos fotoquímicamente	6,8 Kg./d ó 1,3 Kg./h	6,8 Kg./d ó 1,3 kg/h	Solventes sometidos a procesos de calentamiento o contacto con llama

La base legal de las leyes sobre la contaminación del aire en Estados Unidos está dada por la “Clean Air Act” de 1963, con sus enmiendas de 1970, 1977 y 1990. En la enmienda de 1990 se listaron 189 materiales como contaminantes peligrosos del aire o “hazardous air pollutants, HAP”, donde se establece que la máxima emisión para una sustancia es de 10 Ton/año y para cualquier combinación de ellas es de 25 Ton/año. Los BTEX están definidos como HAP^[12].

2.2.4.2 Efectos de los BTEX.

A continuación se presentan los riesgos a la exposición de BTEX ^[13]:

2.2.4.2.1 Benceno:

Puede causar taquicardia, dolores de cabeza, irritación del sistema respiratorio, ojos, nariz y piel, vértigo, narcosis, dermatitis, anorexia, edema pulmonar, fatiga, debilidad, perturbaciones mentales, náuseas, cambios cromosómicos, parálisis respiratoria, muerte, entre otros. El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Es un cancerígeno conocido, está reportado como causante de leucemia aguda después de 2 años de exposición continua. El benceno produce alteraciones en la médula de los huesos y puede generar una disminución del número de glóbulos rojos, lo que a su vez puede provocar anemia. También puede originar hemorragias y puede afectar al sistema inmunitario, aumentando la probabilidad de contraer infecciones. Algunas mujeres que respiraron niveles altos de benceno durante varios meses sufrieron menstruaciones irregulares y disminución del tamaño de los ovarios. El benceno puede pasar de la sangre de la madre al feto. En las crías de animales expuestos a este componente durante la preñez han presentado bajo peso de nacimiento, retardo en la formación de huesos y mutaciones genéticas ^[13].

Inflamabilidad: peligro de fuego al exponerse directamente al calor o llama. El vapor es más pesado que el aire y pueden viajar distancias considerables hasta alcanzar alguna fuente de ignición y reinflamarse.

Recomendaciones médicas: examen médico de control cada 6 meses. Practicar exámenes hematológicos con vigilancia estricta de ellos. Al detectar cambios leves remitir a especialidad. Test de diagnóstico: fenol en la orina.

2.2.4.2.2 Etilbenceno:

Irritación de los ojos, piel, tracto respiratorio y mucosas, dolores de cabeza, dermatitis, narcosis, conjuntivitis, erosión corneal, sensación de constricción en el pecho, quemaduras de la piel, ataca el sistema nervioso central, edema pulmonar, entre otros. Su inhalación puede formar gotas del compuesto en los pulmones y causar neumonía.

Inflamabilidad: alto riesgo de fuego al exponerse al calor o llama. Los vapores pueden reinflamarse.

Recomendaciones médicas: examen médico periódico de las funciones del hígado, riñones, hematología completa. Excluir todas las personas con enfermedades en la sangre, hígado y riñones ^[13].

2.2.4.2.3 Tolueno:

Irritación de los ojos, nariz, piel y sistema respiratorio, fatiga, confusión, dolores de cabeza, pérdida de la memoria, náuseas, debilidad, euforia, pupilas dilatadas, insomnio, dermatitis, conjuntivitis, quemaduras de la córnea, vértigo, tos, bronquitis, neumonía química, narcosis, fatiga de los músculos, ataca el sistema nervioso, daños del riñón, hígado, entre otros. Umbral de olor 0,17 ppm. Si el tolueno tiene benceno como impureza, su inhalación continua o prolongada puede causar leucemia ^[13].

Inflamabilidad: riesgo moderado de fuego y explosión al exponerse a la llama o materiales oxidantes. Altamente inflamable, forma mezclas explosivas con el aire.

Recomendaciones médicas: examen médico anual con estudio de ojos, sistema nervioso central, conteo de hemoglobina, análisis de orina, funciones

hepáticas. Excluir al personal con enfermedades en el sistema nervioso central, hígado y enfermedades de la sangre. Test: tolueno en sangre ^[13].

2.2.4.2.4 Xileno:

Irritación de los ojos, piel y garganta, vértigo, excitación, adormecimiento, anorexia, náuseas, vómitos, dolor abdominal, falta de coordinación, dermatitis, coma, problemas gastrointestinales y efectos sobre la sangre.

Inflamabilidad: riesgo elevado de incendio al exponerlo al calor o la llama. Durante un evento de este tipo, se deben utilizar protección respiratoria completa de suministro de oxígeno debido a los vapores tóxicos generados.

Recomendaciones médicas: tratamiento sintomático ^[13].

A continuación en la tabla 2.7 se muestran los puntos de ignición, de inflamación y los límites de inflamabilidad en aire del benceno, tolueno, etilbenceno y xileno.

Tabla 2.7. Puntos de ignición, inflamación y límites de inflamabilidad de los BTEX ^[13].

NOMBRE	Punto de ignición	Punto de inflamación	Límites de inflamabilidad en aire (% Vol.)	
			Inferior	Superior
Benceno	833 K / 1040 °F	262 K / 12 °F	1,3	7,1
Etil- Benceno	705 K / 810 °F	288 K / 59 °F	1,2	6,8
Tolueno	809 K / 997 °F	278 K / 40 °F	1,27	7,0
Xileno	736 K / 865 °F	300 K / 81 °F	1,0	7,0

2.2.5 Tecnologías para el control de emisiones de los BTEX

Los principales métodos empleados para la reducción de emisiones de BTEX son la incineración y la condensación ^[13].

2.2.5.1 Incineración

La incineración puede destruir hasta el 99,9 por ciento de BTEX e hidrocarburos parafínicos formando dióxido de carbono y agua ^[13].

En la mayoría de los casos los vapores de salida de la torre regeneradora de sistemas de deshidratación de gas con glicol tienen bajas concentraciones de hidrocarburos, requiriendo para su regeneración cantidades considerables de gas combustible para generar la combustión. En algunos países este punto es el que define la decisión durante la evaluación económica, no obstante, en Venezuela el costo del gas es considerablemente menor al de otros países (Ej. EEUU) ^[13].

En toda combustión o incineración, la combustión incompleta es un problema permanente, pueden producirse productos intermedios entre los componentes originales y el dióxido de carbono y agua que por si mismo son perjudiciales (aldehídos, dioxinas, furanos). Todos los incineradores relacionados con la contaminación del aire se diseñan para que la combustión sea tan completa como resulte práctico y que las emisiones de productos de una combustión incompleta sean lo más pequeña posible ^[13]. Cuando el gas contaminado no se somete a las temperaturas adecuadas o el tiempo de residencia no es suficiente, es probable que se emitan grandes cantidades de BTEX con los gases de combustión.

Adicionalmente, existen otros sub.-productos contaminantes que pueden producirse durante la incineración: gases ácidos, dependiendo del contenido de compuestos halogenados; óxidos de nitrógeno (NO_x), se produce en mayor

proporción a medida que la combustión se genera a temperaturas más altas; óxidos de azufre (SO_x), se produce por el contenido de compuestos sulfurados en el gas contaminado; monóxido de carbono (CO) por la combustión incompleta de hidrocarburos ^[13].

2.2.5.2. Condensación

Mediante este método se puede recuperar hasta un 80 por ciento del BTEX e hidrocarburos parafínicos presentes en la mezcla.

El método convencional consta de un condensador y un separador trifásico (agua, hidrocarburos, gas). Cada una de ellas contiene una fracción del BTEX absorbido (figura 2.1).

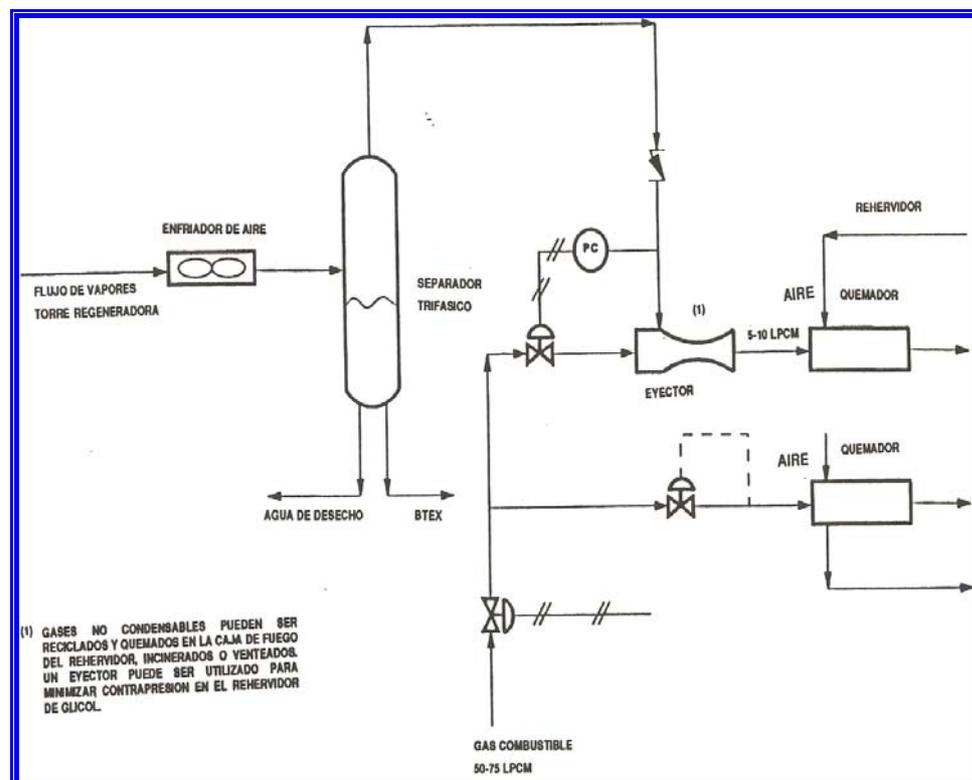


Figura 2.1. Método convencional de control de emisiones de BTEX [13].

La fase acuosa puede contener una fracción de BTEX de 1000 ppmv, aproximadamente, la cual depende de la temperatura del condensador. Este valor puede exceder algunas normativas ambientales y puede requerir tratamiento para su uso o disposición ^[13].

La fase hidrocarburos puede contener entre 60 y 80 por ciento de BTEX. Se debe disponer facilidades de almacenamiento porque este producto puede tener valor comercial, dependiendo de sus características.

La fase de vapor está compuesta por el gas de despojo (siempre y cuando el sistema de glicol lo utilice) y por el 20 por ciento de BTEX restante, aproximadamente. En caso de no cumplir con las regulaciones ambientales, esta corriente no puede ser descargada a la atmósfera, puede incinerarse previamente.

A partir del método convencional se han desarrollado diversas tecnologías, en busca de mejorar la disposición de los efluentes y aumentar la recuperación de BTEX.

2.2.5.3 Proceso R-BTEX

Este proceso recupera más del 97 por ciento de los BTEX y más del 96 por ciento de los COV absorbidos por el glicol. El agua generada es limpia ^[13].

Una vez que los vapores salen de la torre regeneradora pasan a través de un enfriador por aire, donde son condensados algunos hidrocarburos y la mayor parte del agua. Esta corriente se dirige a un enfriador por agua donde se condensa la mayoría de los hidrocarburos gaseosos y luego pasa hacia un separador trifásico. La pequeña cantidad de hidrocarburo no condensando puede ser comprimido para ser utilizado como gas combustible, quemado o venteado, dependiendo de las regulaciones. La fase hidrocarburo se decanta y almacena para ser transportada o vendida (figura 2.12).

El agua que aún contiene BTEX se combina con el fondo de la torre de enfriamiento y se usa como elemento refrigerante en enfriador de agua. El agua pasa luego a una torre empacada donde es enfriada por aire alimentado por un soplador ^[13]. Este proceso es relativamente complejo y la corriente de venteo de la torre de enfriamiento en algunos casos no cumple con las regulaciones ambientales, este proceso se explica a continuación en la figura 2.2.

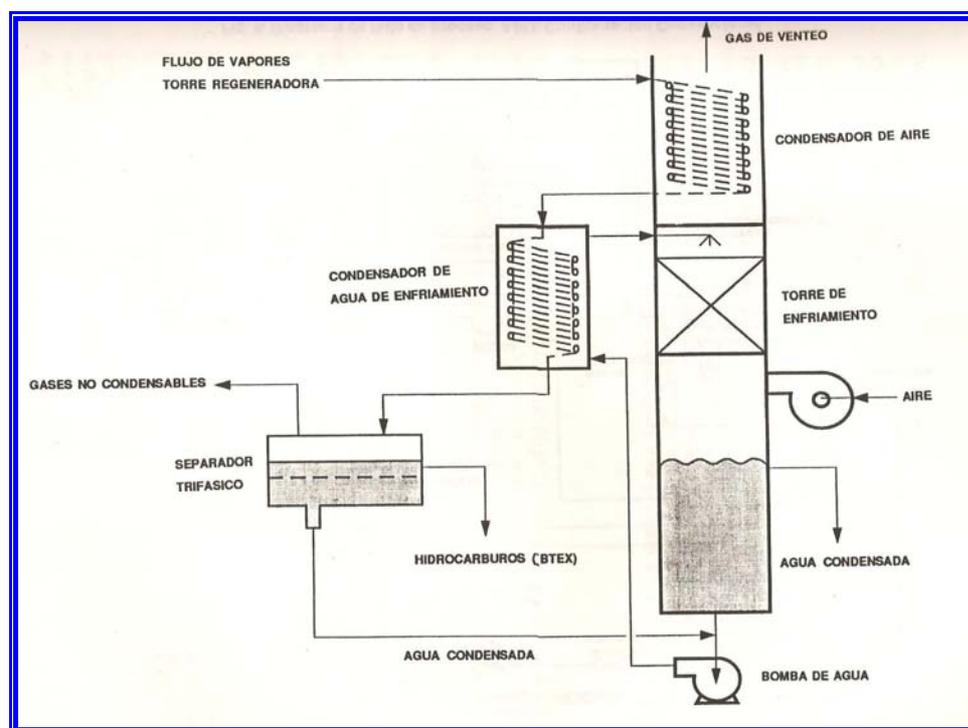


Figura 2.2. Proceso R-BTEX [13].

2.2.5.4 Proceso MTR- pervap

El proceso consiste de un enfriador, un separador trifásico y un sistema de membrana para remover los hidrocarburos presentes en el agua de desechos. El proceso genera un agua limpia, con un contenido de BTEX menor a 10 ppm ^[13]. A continuación se muestra el proceso en la figura 2.3.

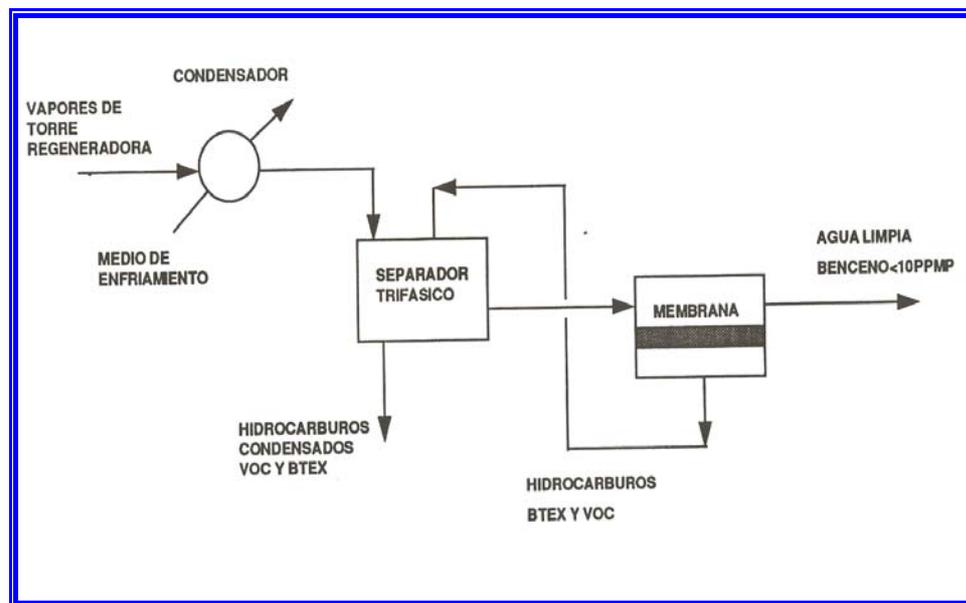


Figura 2.3. Proceso MTR-PerVap [13].

2.2.6 Emisión de contaminantes a la atmósfera

La contaminación atmosférica se genera por la emisión de sustancias contaminantes, las cuales provienen directamente del foco que las genera o después de haber pasado por un sistema de depuración cuya efectividad no es total. La atmósfera arrastra los contaminantes vertidos a la misma, alejándolos del punto emisor, a la vez que los va diluyendo o dispersando; al cabo de un cierto tiempo, gran parte de estos contaminantes son eliminados de la atmósfera por las precipitaciones o depositados en el suelo, bien en forma original o después de sufrir transformaciones químicas. Estos procesos de limpieza, que a veces causan acumulaciones excesivas de contaminantes en otros medios (vegetación, suelo, agua, etc.), pueden producirse lejos del punto de emisión^[14].

El vertido de contaminantes a la atmósfera se puede realizar por medio de chimeneas más o menos elevadas, o bien al nivel del suelo. En ambos casos, es siempre la concentración recibida al nivel del suelo la que interesa considerar, ya que es a esta altura donde afecta a la salud humana o al medio ambiente en general. En el caso de chimeneas, el penacho de contaminante que sale de la

misma sufre inicialmente una sobre elevación debido a los efectos de velocidad de salida y flotación si la temperatura de los gases emitidos es mayor que la del aire, hasta adoptar la forma de penacho horizontal arrastrado por el viento y dispersado en la dirección del movimiento del aire. Cuando este penacho alcanza el suelo, las concentraciones de contaminante a este nivel serán menores cuanto mayor sea la altura de la chimenea y/o la sobre elevación de penacho. En el caso de emisiones al nivel del suelo, los contaminantes afectan inmediatamente a los puntos receptores situados a sotavento del punto emisor ^[14].

La capacidad de dispersión de la atmósfera respecto de los contaminantes vertidos en la misma depende de las condiciones meteorológicas, en especial de la velocidad del viento y de la turbulencia atmosférica. La velocidad del viento condiciona la rapidez con la cual el contaminante se separa de la fuente que o ha originado, mientras que la turbulencia atmosférica posibilita los efectos de mezcla y dispersión del contaminante; a mayor turbulencia, mayores grados de dilución va alcanzando el contaminante que se aleja de la fuente. En caso contrario, con movimiento del aire en régimen laminar, la turbulencia ha sido suprimida y el penacho es arrastrado por el viento y diluido tan solo por efectos de difusión molecular. Por ello, las concentraciones de contaminante en el interior del penacho en régimen laminar son mayores que las que se pueden observar para el caso del régimen turbulento ^[14].

2.2.7 Principales alteraciones atmosféricas producidas por los contaminantes de origen antropogénico

Le creciente emisión de contaminantes de origen antropogénico a la atmósfera ha producido una serie de alteraciones atmosféricas cuyas consecuencias a medio o largo plazo son difíciles de prever. Pretendemos en este apartado dejar constancia de las que se consideran más importantes, sin entrar en detalle ni hacer un estudio completo de las mismas.

Estas alteraciones se pueden resumir de la siguiente manera ^[14]:

- Efecto invernadero. Corresponde a incremento de la temperatura media de la tierra y de la atmosfera por efecto de las mayores concentraciones de CO₂ en la atmosfera.

- Smog fotoquímico. Se produce principalmente en atmósferas urbanas al reaccionar entre si los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxigeno en presencia de la radiación ultravioleta de los rayos del sol.

- Acidificación del medio ambiente. Se origina como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmosfera. Esta acidificación se puede producir como deposición seca o deposición húmeda (lluvia acida).

- Rotura de la capa de ozono. Corresponde a la previsible disminución de la capa de ozono de la atmosfera como consecuencia de la descarga de determinadas sustancias a la atmosfera, tales como óxidos de nitrógeno y clorofluorocarbonos.

Mención especial tiene el efecto del calentamiento global de la tierra como consecuencia del efecto invernadero, por lo que vamos a exponer con un poco más de detalles este fenómeno. La causa del efecto invernadero es la gran cantidad del CO₂ contenido en la atmosfera. La atmosfera de otros planetas contiene tanto CO₂ que la temperatura de su superficie es muy elevada. En nuestro planeta la cantidad de CO₂ inicial también era elevada, en una atmosfera que contenía además nitrógeno, amoníaco, metano y vapor de agua. Estos gases provenían del interior de la tierra a través de las erupciones volcánicas, y del aporte de los cometas que chocaron con la misma ^[14].

Pero a lo largo del tiempo la extensa vegetación de épocas pasadas, junto con las aguas oceánicas, fueron absorbiendo el dióxido de carbono de la

atmósfera y formando, por una parte, los depósitos carboníferos y petrolíferos y, por otra, los carbones que hoy en día se encuentran en grandes cantidades en la superficie de la tierra en forma de piedra calizas. Sin embargo, la acción del hombre moderno está liberando a la atmósfera grandes cantidades de CO₂ mediante los procesos de combustión de combustible fósiles, tanto que la vegetación existente sobre la tierra y la disolución en los océanos no es capaz de asimilarlo al ritmo en que se libera. Por ello se está acumulando en el aire en forma de contaminante, calculándose que desde 1850 la concentración de CO₂ se ha incrementado en un 25% ^[14].

Las emisiones de radiación infrarroja procedente de la superficie terrestre escapan en casi un 80% de nuestra atmósfera, puesto que esta es transparente a la radiación de frecuencia entre 8 y 12 μm ; sin embargo el CO₂ consigue atrapar en parte la radiación con longitud de onda a partir de los 13 μm , siendo el espectro de retención más amplio cuando se tiene en cuenta el vapor de agua, el ozono, los CFCs y el metano residentes en la atmósfera. Por ello la cantidad de energía retenida en la atmósfera aumenta con la concentración de CO₂, y la temperatura media del conjunto tierra-atmósfera se eleva ^[14].

Existen muchos modelos de predicción del calentamiento de la atmósfera. Algunos de ellos han predicho que la elevación media de la temperatura en el último siglo es de 1 °C, y así ha sido en términos medios. El calentamiento de la atmósfera no es un problema en sí sino por el efecto que conlleva: los cambios climáticos a todas las escalas pueden ser importantes. Un incremento de varios grados centígrados de las temperaturas de la atmósfera podría suponer una elevación del nivel del agua del mar de entre 0,5 y 1,5 m en los próximos 50 o 100 años. Esto puede dañar los asentamientos humanos en zonas cercanas al mar y en pequeñas islas, así como en estuarios y bahías. Asimismo pueden cambiar el régimen de lluvias, el impacto sobre los acuíferos e periodos secos puede ser irreversible por la salinización de los mismos. La desertización alcanzara zonas que hasta ahora no había ocupado. En su conjunto, el efecto del cambio climático

parece que tendrá más consecuencia directa en los hábitats naturales que en el propio desarrollo humano pero ambos, indudablemente, están interrelacionados [14].

2.2.8 Efectos de la contaminación atmosférica sobre la vida en la superficie terrestre

Los contaminantes principales que se presentan en el aire tienen un efecto nocivo para la vida en la troposfera: partículas, monóxido de carbono, óxidos de vegetales y humana que deben ser tenidos en consideración [14].

Es difícil evaluar el efecto que sobre el hombre genera el conjunto de contaminantes a los que este se expone. Para evaluarlo dependemos de valores estadísticos tales como el aumento de los ingresos en hospitales y clínicas, ausencias del trabajo y escuelas, y mortalidad debido a afecciones respiratorias o similares [14].

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana pueden ser agudos e inmediatos (cuando la concentración es suficientemente alta), con presentación de crisis cardiorrespiratorias, o crónicos (cuando la concentración es más baja y persistente), con cuadros de bronquitis, asma, enfisema pulmonar, cáncer, etc.

Partículas sólidas o líquidas. Las partículas arrastradas por el aire pueden ser químicamente inertes o activas. Cualquiera que sea su naturaleza, la propia suciedad que representan supone para las ciudades un gasto en mantenimiento y limpieza de fachadas [14].

Sin embargo, lo que es más importante, las partículas pueden causar daños químicos directos, ya sea por corrosividad intrínseca de ellas o por la corrosión que puedan generar las sustancias que puedan llevar disueltas o adsorbidas [14].

Se conocen poco los efectos de las partículas suspendidas sobre la vegetación. Parece ser que las partículas que contienen fluoruros y óxidos de magnesio causan daños en el desarrollo de las plantas, que luego pueden ser ingeridas por los animales y, en última instancia, por el hombre ^[14].

Las partículas pueden tener un efecto tóxico en personas y animales, al ser ingeridas a través de las vías respiratorias, principalmente debido a las siguientes causas ^[14]:

- La partícula puede ser intrínsecamente tóxica por sus características químicas o físicas
- La partícula puede interferir con uno o más de los mecanismos de funcionamiento del aparato respiratorio.
- La partícula puede funcionar como transporte de sustancias contaminantes.

Del análisis de estas causas se deriva que las partículas en la atmósfera contribuyen a las enfermedades respiratorias en general, bronquitis, enfisema y, dependiendo de su composición, en los procesos de cáncer, que se potencia sobre todo cuando se combinan con el tabaquismo ^[14].

Monóxido de carbono. El monóxido de carbono de la atmósfera tiene su origen en la combustión incompleta de combustible fósiles. Sin embargo no se observa un crecimiento constante de la concentración del mismo en la atmósfera, que ya que hay ciertos tipos de hongos que puedan eliminar una porción significativa, y otra parte se oxida a dióxido de carbono con posterioridad a su emisión.

El monóxido de carbono no parece tener efectos perjudiciales sobre la vida vegetal, aunque si es inhalado por los animales superiores puede causar, y dependiendo de su concentración, disminución de la capacidad visual y auditiva, cefaleas, y finalmente la muerte al bloquear el transporte de oxígeno por la hemoglobina de la sangre ^[14].

Óxidos de azufre y nitrógeno. Mucha de la reducción de visibilidad es debida a la formación de varios aerosoles resultantes de las reacciones de los óxidos de azufre y las partículas y óxido de nitrógeno e hidrocarburos presentes en la atmosfera. Los daños materiales que representa al dióxido de azufre son los relativos a la corrosión de los metales ^[14].

Los estudios epidemiológicos demuestran el mayor riesgo de enfermedad respiratoria aguda, y reducción de la función pulmonar, en los casos de exposición a una atmósfera que contiene óxidos de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas y, en algunos casos, oxidantes fotoquímicos ^[14].

El efecto más perjudicial de los óxidos de azufre y de nitrógeno es a lluvia ácida. Estos óxidos al ser disueltos por las gotas de lluvia se transforman en ácidos, que se depositan después en cantidades significativas sobre la superficie del suelo y la masa de agua. Alrededor del 60 al 70% de la acidificación se debe al ácido sulfúrico y el resto al ácido nítrico; además, el efecto de deposición sobre la superficie o el agua es acumulativo. Las condiciones que favorecen la formación de ácidos son la mala dispersión atmosférica y la gran insolación ^[14].

Los efectos de la lluvia ácida son varios: existe una acidificación de las fuentes naturales del agua, lo que puede tener un efecto nefasto sobre el desarrollo de la vida de los peces en cuanto a sus condiciones de alimentación y reproducción. También el suelo sufre las consecuencias de la lluvia ácida: aparece una creciente lixiviación, con pérdida de las sustancias minerales que componen el suelo, lo que puede tener un efecto devastador sobre el desarrollo de las cosechas o un cambio en la vegetación natural de los bosques, así como efectos directos en la misma vegetación ^[14].

Como no es posible alterar los resultados de la lluvia ácida una vez que ha afectado a un terreno o a un lago, lo que debemos hacer es controlar el punto de vertido. El control de la emisión de azufre tiene ámbito internacional, ya que las

emisiones de unos países se transportan hasta otros. La escala de estudio es muy grande, y se necesitan esfuerzos conjuntos para evitar sus efectos devastadores ^[14].

Hidrocarburos. En una atmósfera urbana hay presentes hidrocarburos alifáticos y aromáticos, saturados e insaturados. La mayor parte de los efectos nocivos de a contaminación por hidrocarburos no son causados por ellos en sí mismo, sino por os oxidantes fotoquímicos formados cuando éstos sufren reacciones químicas en una atmósfera urbana, en los episodios de smog fotoquímico ^[14].

Varios estudios han puesto de manifiesto la mayor frecuencia de irritación ocular, disminución del rendimiento atlético, alteraciones funcionales pulmonares en niños, aumento en la frecuencia de los ataques de asma, carcinogenicidad y procesos de bioconcentración y acumulación, todo lo cual se ha asociado con cambios en las concentraciones horarias de oxidantes fotoquímicos ^[14].

2.2.9 Evaluación de las concentraciones de contaminantes a nivel del suelo

El propósito fundamental de los cálculos de dispersión atmosférica es evaluar las concentraciones de uno o más contaminantes, en el espacio y en el tiempo, relacionadas con una serie de variables independientes tales como emisiones a la atmósfera, condiciones meteorológicas, características del terreno y parámetros que describen los procesos de transformación y eliminación. Ello se consigue por medio de un sistema que de alguna manera relacione as concentraciones con los otros parámetros, haciendo uso de métodos matemáticos (solución de ecuaciones) o físicos (ensayos en túnel de viento a escala reducida). Así se obtienen los modelos matemáticos y los modelos físicos ^[14].

La modelización de contaminantes vertidos en cualquier medio receptor tiene por objetivo siempre a creación de un medio ficticio en el que se puedan

experimentar situaciones, sin que sea necesario llegar a la realidad para observarlas [14].

De esta manera, los pasos a seguir en la modelización matemática son los siguientes:

- Obtención de las condiciones de contorno físicas temporales y espaciales, en lo que nos encontraremos con el problema adicional de que la modelización del vertido necesita como dato las características del lugar exacto, qué es lo que se ha vertido y en qué condiciones, y esas condiciones son difíciles de obtener, ya que los emisores o no las conocen o son reacios a darlas. Esto ocurre para cualquiera de los medios receptores, puesto que siempre hay una componente social muy importante. A su vez, el conocimiento de los datos no se refiere solo a un momento temporal, sino que requiere solo a un momento temporal, sino que requiere el conocimiento de una serie de datos anteriores a la situación actual, y las series temporales reales son muy difíciles de obtener por la escasa disposición de registros [14].

- Necesitamos tener un modelo matemático que integren las ecuaciones de flujo y de la dispersión de contaminantes de manera eficaz, con unos medios de computación y fiabilidad aceptables. Las ecuaciones son altamente complejas y a la hora de solucionarlas también habremos hecho simplificaciones, físicas y matemáticas, que afectan a la veracidad de los resultados. Obtendremos, de esta manera, de la solución de las ecuaciones, las velocidades y concentraciones en diferentes puntos de la zona a estudiar, además de otros parámetros que nos habrán servido para la resolución de las ecuaciones [14].

- Además de los datos para la calibración del modelo, debemos disponer de series temporales de observaciones para validar los resultados de habremos obtenido, comparándolos con los que resultan de solucionar las ecuaciones con las condiciones de contorno reales. Una estimación del error comparando los datos proporcionados por el rodaje del modelo y el estado real del fenómeno estudiado

deberá darnos valores aceptables, si disponemos de la serie temporal reciente y fiable ^[14].

- Un modelo bien calibrado y validado debe servir para predecir situaciones futuras, fase ultima de la modelización: la predicción de situaciones hipotéticas que puedan ser de interés, adelantándonos a los acontecimientos ^[14].

Seguidos estos paso, y debido a que las actividades humanas y los cambios medioambientales naturales perturban los medios físicos, los modelos nos servirán para poder seguir medidas correctoras o determinar si tales actividades son deseables en una situación determinada ^[14].

Es habitual emplear los modelos para ensayar escenarios que consideramos desfavorables, para lo cual hay que tener un gran conocimiento del sistema y de todas las posibles variables ^[14].

En el caso que nos ocupa los modelos se formulan, pues, para conocer unos valores aproximados de la concentración de contaminantes debida a una serie de focos emisores. La gran diversidad de modelos existentes se puede clasificar de acuerdo con diferentes características de cada uno de ellos. Los más importantes son ^[14]:

1. Por la estructura básica de modelo

Determinísticos y no determinísticos.

En régimen permanente o dependientes del tiempo.

2. Por el sistema de referencia elegido:

Eulerianos.

Lagrangianos.

3. Por el número de dimensiones del espacio de integración:

1,2 ò 3 dimensiones.

Multidimensional.

4. Por el método de resolución de las ecuaciones:

Analítico.

Numérico

Desde el punto de vista del contexto en que se estudia la contaminación atmosférica, los modelos se pueden clasificar de la siguiente manera ^[14]:

1. Por el tamaño de la zona en estudio (puntual, local, regional, nacional, internacional).

2. Por el tiempo promedio de las concentraciones obtenidas (horario, diario, mensual, anual, estacional).

3. Por el tipo de contaminante estudiado (contaminantes inertes, químicamente activos, sedimentables).

Si tomamos en consideración la estructura básica del modelo, y además tenemos en cuenta el método utilizado para resolver la ecuación del transporte turbulento de contaminantes en la atmosfera, los modelos se pueden agrupar como indicamos a continuación ^[14]:

1. Formulación analítica explícita (modelos Gaussianos de emisión continua o discreta).

2. Modelos numéricos:

Basados en las hipótesis de cierre de primer orden.

Eulerianos.

Lagrangianos.

Híbridos lagrangianos-eulerianos (Particle-in-cell)

Que siguen la trayectoria de la partícula (Random Walk, Monte-Carlo).

Basados en las hipótesis de cierre de segundo orden (teoría K-E).

Modelos estadísticos.

Modelos físicos.

Según esta última calificación, en dos primeros grupos representan modelos determinísticos (o no estadísticos). En ellos, las concentraciones se calculan a partir del inventario de emisiones, de las condiciones meteorológicas, de las características del terreno, y en algunos casos, considerando también la eliminación de contaminantes por deposición o reacciones químicas. Estos cálculos se llevan a cabo resolviendo la ecuación del transporte bajo diferentes hipótesis simplificadoras ^[14].

A diferencia de los modelos determinísticos, los estadísticos (o no determinísticos) permiten conocer la concentración de contaminantes a partir de los parámetros meteorológicos, y después de haber obtenido unas relaciones empíricas por medio de las series históricas de mediciones de contaminación; en estos casos no es necesario disponer de un inventario de focos de emisión ^[14].

Los modelos determinísticos se utilizan principalmente en estudios de contaminación con tiempos de promedio cortos o largos. Los estadísticos están especialmente indicados en la predicción de concentraciones para cortos intervalos de tiempo, y los modelos físicos se utilizan cuando se desea poner en evidencia la influencia que tiene la topografía del terreno en las características del flujo medio de aire ^[14].

2.2.10 Sistema de vigilancia de la calidad del aire

La vigilancia de la calidad del aire ha adquirido creciente importancia en todas las organizaciones que combaten la contaminación atmosférica. Los sistemas de vigilancias utilizados hasta el presente están compuestos por redes que disponen cada una de ellas de una o varias estaciones manuales donde se recogen muestras de distintos contaminantes, los cuales se analizan posteriormente en laboratorio para dar valores medios de concentración

generalmente para periodos diarios. In embargo, en la actualidad se diseñan e instalan también sistemas automáticos de vigilancia, los cuales responden a la creciente demanda de datos comparables obtenidos en muchos lugares diferentes; con estos sistemas automáticos se puede dispone al momento de mediciones de contaminación para tiempos promedio cortos, generalmente el orden de minutos [14].

Los fines y objetivos de las redes de vigilancia de la calidad del aire han de quedar claramente definidos antes de establecer el plan de muestreo, y han de ser lo bastante detallados para poder elegir un sistema que responda a las necesidades del caso. Entre estos casos fines podemos distinguir los siguientes [14].

1. Determinación de la distribución geográfica de la contaminación. Con los datos obtenidos se puede evaluar la cantidad y composición de la contaminación en el área en cuestión.

2. Determinación de las tendencias de las contaminaciones atmosféricas. Los datos recogidos sirven para determinar la tendencia de la contaminación a lo largo del tiempo (por ejemplo, de un año a otro), y la influencia que sobre esta tendencia tiene la modificación de la estructura de las emisiones.

3. Seguimiento de la contaminación producida por un determinado foco en particular. Se instalan medidores en las proximidades de foco a observar, para comprobar el efecto que dicho foco produce en la zona circundante.

4. Determinación del efecto de la contaminación sobre la salud. Aquí se estudia la influencia de la contaminación sobre la salud de hombre, los animales, vegetación y los elementos materiales. Las estaciones de medición deben ubicarse de tal modo que abarquen toda el área donde vive la población estudiada.

5. Cumplimiento de las normas de calidad del aire. Los niveles de contaminación medidos se comparan con los valores máximos legislados con objeto de observa su cumplimiento-

6. Sistema de alarma para la contaminación atmosférica. Estos sistemas tienen como finalidad alertar con suficiente anticipación acerca de los riesgos de

contaminación elevada. En circunstancias meteorológicas desfavorables, y de que esta contaminación se extienda sobre zonas determinadas de terreno; de esta forma es posible tomar medidas antes de que se alcancen niveles peligrosos. Para el cumplimiento de este fin juegan un papel preponderante las estaciones automáticas con tele transmisión de datos a un centro de control. A su vez, son de gran utilidad las unidades móviles e vigilancia, instaladas sobre vehículos automóviles y mantenidas en permanente estado de alerta

7. Validación de los resultados obtenidos en modelos matemáticos o físicos. Las concentraciones de contaminantes que proporcionan los modelos de dispersión se comparan con mediciones reales sobre la zona estudiada con objeto de comprobar la bondad de los resultados obtenidos, o bien ajustar los parámetros del modelo para minimizar las discrepancias observadas.

Según el ámbito geográfico de cobertura de las redes de control de la contaminación atmosférica, esta se puede clasificar de la siguiente manera ^[14]:

- Urbana. Su finalidad es conocer los niveles de contaminación en una zona urbana, resultantes del transporte de contaminantes procedentes de dentro y fuera de la ciudad. Sus estaciones no deberán estar directamente influenciadas por fuentes locales como tráfico o industrias.

- Tráfico. Su finalidad es vigilar los niveles de contaminación en una vía con tráfico considerable (a menos de 50 m de una vía con más de 2000 vehículos/día). Sus estaciones están influidas directamente por las emisiones procedentes del tráfico, y se pueden encontrar ubicadas dentro de una ciudad o en las cercanías de una carretera o autopista.

- Industrial. Sus estaciones se ubican en las proximidades de una implantación industrial, para el seguimiento de la contaminación atmosférica producida por la misma

- Regional. Sus estaciones se ubican lejos de zonas urbanas o suburbanas suficientemente separadas de fuentes de emisión de cualquier tipo de las que

puedan recibir una influencia directa. Su objetivo es determinar la contaminación atmosférica de fondo a nivel regional

- De referencia. Con estaciones ubicadas en zonas aisladas, preferentemente montañosas, donde se prevean cambios en el uso del suelo en un radio de acción del orden de 100km en las direcciones principales del viento. Se instalan para la medición y estudio de la contaminación atmosférica de fondo a nivel mundial.

En España la Secretaria General de Medio Ambiente llevaba contabilizadas en 1998 un total de 462 estaciones manuales y 343 automáticas de las cuales destacan mayoritariamente el SO₂ (353 sensores) y los humos negros (358 sensores), seguidos de las partículas en suspensión (75 sensores) y el plomo (38 sensores). Respecto de los contaminantes controlados por las estaciones automáticas cabe citar los siguientes: SO₂ (301 sensores), partículas en suspensión (276 sensores), NO_x (281 sensores), O₃ (205 sensores), CO (154 sensores), hidrocarburos (39 sensores) y otros contaminantes (31 sensores) ^[14].

Por otra parte, la Red Española de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica de fondo a nivel regional, integrada en la red EMEP/BAPMoN/CAMP de la Organización Meteorológica Mundial, contó durante 1997 con cinco estaciones operativas, ubicadas en Noia (La Coruña), Viznar (Granada), Logroño, Roquetas (Tragona) y san Pablo de los Montes (Toledo), los contaminantes seguidos son SO₂, NO₂ y el análisis químico de aerosoles atmosféricos y precipitaciones. Además, exista también una estación de Referencia ubicada en Izaña (Tenerife) ^[14].

2.2.11 Gas de efecto invernadero

El efecto invernadero es el papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre. Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie

de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), y ozono (O_3) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro ^[15].

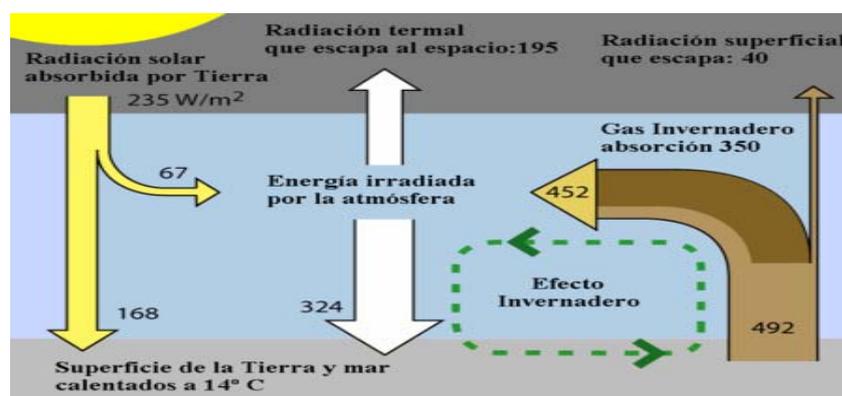


Figura 2.4 Esquema del Efecto Invernadero ^[15].

2.2.12 Análisis de dispersión

El aire es un componente de la atmósfera que está constituido por una mezcla de gases incoloros, en una proporción de 78% de Nitrógeno; 21% de Oxígeno y el 11% restante, de Argón, Dióxido de Carbono y trazas de Neon, Helio, Ozono, Xenón, Hidrógeno, Metano, Criptón y Vapor de Agua. No obstante, dependiendo de la proporción en que se encuentren esas impurezas, no puede decirse que el aire en todos los casos sea dañino, ya que el organismo humano, por ejemplo puede tolerar determinados números de partículas impuras ^[16].

La mayoría de los contaminantes del aire están contenidos en gases que al producirse por medio de la combustión, son mucho más calientes que el aire circundante; en consecuencia, son ligeros y tienden a elevarse, los gases calientes se hacen menos densos y por consiguiente más ligeros que los fríos. Conforme los gases ascienden, se mezclan con los gases que lo rodean, se vuelven

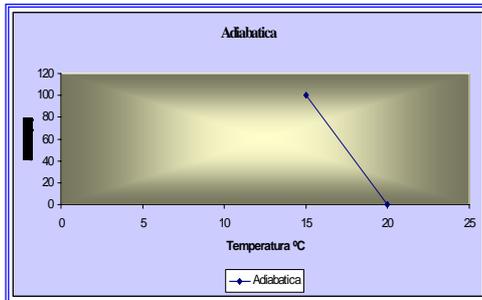
progresivamente más fríos y por lo tanto se elevan más despacio. La elevación de la mezcla de aire y los gases de desechos que contienen a los contaminantes dependen, entonces, de los cambios de la temperatura del aire mediante el incremento de altura ^[16].

Si una porción de aire pasa de un nivel bajo a una altitud mucho más elevada y no intercambian calor con el aire de su contorno, se expande conforme la presión decrece y se enfría. Esta disminución de la temperatura se conoce como tasa de declinación adiabática, la cual es de 1 °C/100 m de elevación para aire seco figura (2.5a). A la inversa, si la porción de aire se comprime conforme cae la temperatura se incrementara a una tasa similar ^[16].

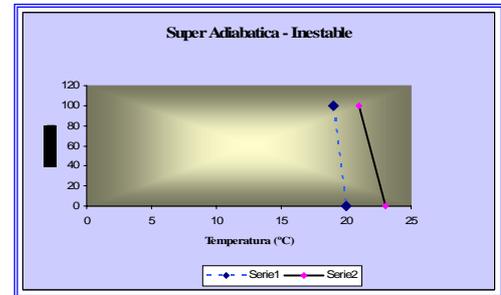
Mientras que la disminución teórica de la temperatura con la altura es la tasa de declinación adiabática, los cambios efectivos pueden ser muy diferentes debido al efecto de los vientos, la luz solar y la topografía. Si la tasa de disminución de la temperatura es más grande que la tasa de declinación adiabática como se muestra en la figura (2.5b), un cuerpo de aire caliente se elevará rápidamente como si fuera una pluma de humo; en este caso, la situación se considera “inestable”. Bajo estas condiciones, los contaminantes del aire se dispersan rápidamente. Sin embargo, la disminución de temperatura es menor que la tasa adiabática, como se indica en la figura (2.5c), un cuerpo de aire caliente ascenderá mucho más despacio, y después de alguna dilución y enfriamiento por expansión se estabilizará. Tales condiciones se consideran “estables” y los contaminantes del aire no se dispersan ^[16].

También es posible obtener capas de aire más caliente que cubran capas más frías. Esto puede ocurrir con mayor frecuencia cerca de un gran cuerpo de agua tal como un lago enorme o el océano. Cuando el sol se oculta por la tarde y la tierra se enfría, un aura de luz puede lograr traer aire fresco del lago o del océano hacia la tierra, esto forma una capa fría debajo de la caliente la cual se

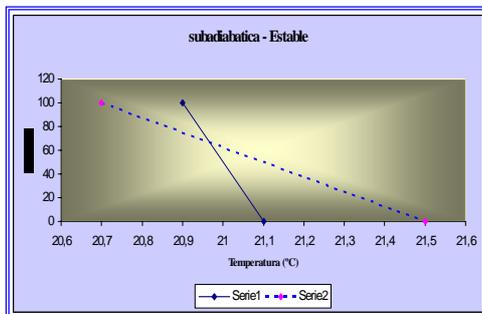
eleva para cubrir la capa fría figura (2.5d); a este fenómeno se llama inversión térmica [16].



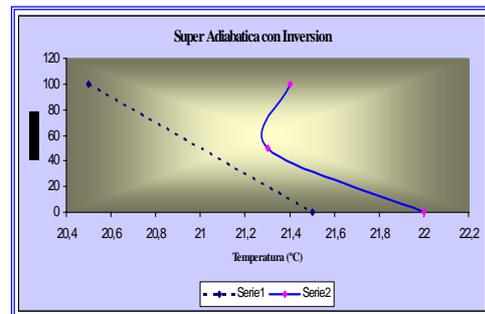
a) Adiabática



b) Superadiabática- Inestable



c) Sub Adiabática Estable



d) Súper Adiabática con Inversión

Figura 2.5 Estabilidad atmosférica, como la determina la tasa de Declinación ambiental [16]

En el establecimiento de modelos que permitan predecir la concentración de contaminantes en el aire, la meteorología juega un papel fundamental. Los dos parámetros de máximo interés para los especialistas en contaminación son: la estabilidad atmosférica y la velocidad del viento. En general, las atmósferas estables (gradientes verticales de temperatura o inversiones bajas) y las velocidades bajas de viento conducen a concentraciones más altas a nivel del suelo (de fuentes a nivel de suelo o bajo nivel). Las atmósferas inestables y las velocidades altas de viento conducen a concentraciones más bajas a nivel de suelo. Existen otros parámetros considerados durante la realización de los

modelos, entre ellos: temperatura del aire / suelo, humedad relativa, dirección del viento predominante y efectos topográficos en la meteorología ^[17].

Casi todos los modelos son balances de materiales, es decir, una contabilidad del contaminante en estudio en unidades de masa/tiempo, ejemplo: g/s.

La ecuación general es la siguiente ^[17]:

$$\begin{aligned} (\text{Velocidad de acumulación}) = & (\text{gastos de entrada}) - (\text{gastos de salida}) \\ & + (\text{Velocidad de creación}) - (\text{Velocidad de destrucción}) \end{aligned} \quad \text{(Ec. 2.2)}$$

El predecir la evolución de un contaminante dentro de la atmósfera es casi imposible, debido a los complejos factores involucrados: la meteorología, el origen de las emisiones, y el proceso ^[17].

Las emisiones de contaminantes en la atmósfera son de interés a tres escalas:

- Microescala: del orden de 1 km (Ej. penachos de chimeneas).
- Mesoescala: del orden de 100 km (Ej. vientos montaña / valle).
- Macroescala: del orden de miles de km (Ej. altas / bajas sobre océanos y continentes).

El problema de la dispersión de los contaminantes atmosféricos requiere ser modelado debido a la creciente preocupación por la calidad del aire, la salud poblacional, la protección del medio, la visibilidad y el impacto de los contaminantes.

Se han desarrollado muchas técnicas para predecir la concentración de contaminantes en un punto, que incluyen modelos matemáticos para estimar la calidad del aire, algunas son ^[17]:

- Modelo Gaussiano: se emplea en su mayoría para la estimación de contaminantes no reactivos.
- Modelo numérico: se requieren resolver ecuaciones de balance de materia, energía y cantidad de movimientos tridimensionales.
- Modelo estadístico o modelo empírico: se emplean si las ecuaciones sobre los procesos fisicoquímicos es inadecuada para utilizar un modelo Gaussiano o numérico.
- Modelo físico: se utilizan túneles de viento para la investigación.

2.2.12.1 Modelo gaussiano

Se considera una fuente puntual, como la chimenea de una fábrica (que en realidad no es un punto sino un área pequeña) y se intenta calcular la concentración en la dirección del viento que resulta. El modelo gaussiano realiza las siguientes suposiciones ^[18]:

- No existe variación ni en la velocidad ni en la dirección del viento entre el foco y el receptor.
- Todo el vertido permanece en la atmósfera, es decir, no reacciona ni se deposita en forma de lluvia o partículas. Cualquier penacho que impacta en el terreno rebota en su totalidad.
- La dispersión describe exactamente una distribución de Gauss.

Lo normal es que las columnas de humo suban una distancia considerable por encima de la chimenea, porque son emitidas a temperaturas más elevadas que

las atmosféricas y con una velocidad vertical. La altura efectiva (h_e) de la pluma es [18].

$$h_e = h_s + \Delta h \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde, h_e = altura efectiva del penacho

h_s = altura de la chimenea

Δh = ganancia en altura del penacho debido a su velocidad y Flotabilidad

A medida que la pluma avanza aguas abajo en la dirección del viento, se asume que el perfil de concentración por difusión adquiere una distribución gaussiana (figura 2.7). Si el desarrollo del penacho se efectúa en las tres dimensiones, el modelo debe tomar en cuenta los cambios en los tres ejes (x, y, z). Entonces, la concentración de un contaminante (C) en cualquier punto sería proporcional al caudal (Q) y a la curva de Gauss (G) e inversamente proporcional a la velocidad del viento (U) [18]

$$C(x, y, z) \propto \frac{1}{U} QG \quad (\text{Ec. 2.4})$$

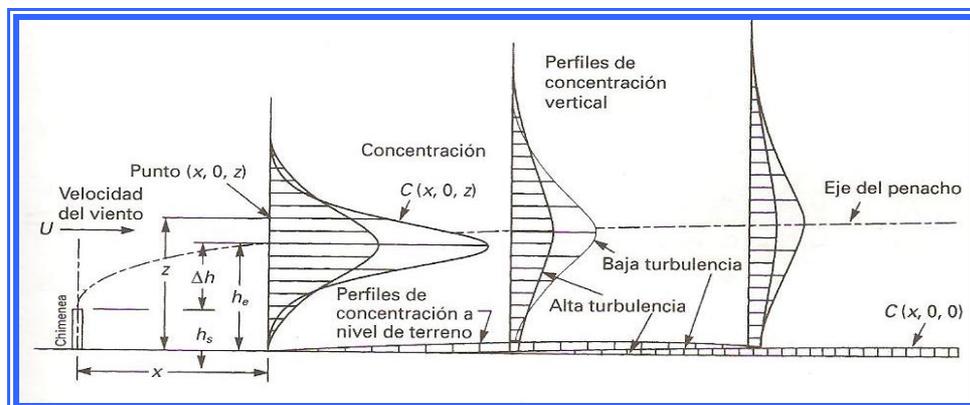


Figura 2.6. Esquema de elevación del perfil de concentración de un penacho [13].

De esta forma, la concentración del contaminante en una pluma en cualquier punto x, y o z puede calcularse con la siguiente ecuación de difusión ^[18]:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde, Q = cualquier propiedad por unidad de tiempo, e.j. Kg. /s, m³/s

C = cualquier propiedad por unidad de volumen, e.j. Kg. /m³, m³/m³ o Ppb.

σ_y, σ_z = coeficientes de difusión, en m, en función de la distancia x aguas abajo del viento.

El sistema de coordenadas para la ecuación 5 está dado por:

x = 0 en el foco (chimenea)

y = 0 en la línea central de la pluma

z = 0 en el terreno

Cuando la altura efectiva del foco emisor es H, entonces la coordenada z en la línea central de la pluma es (z - H), y la ecuación 5 queda de la siguiente forma ^[18].

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Los coeficientes de dispersión, σ_y, σ_z , pueden ser obtenidos mediante gráficos basados en las clases de estabilidad (figuras 2.8 y 2.9). La estabilidad está relacionada tanto con la turbulencia atmosférica como con el gradiente vertical de temperatura y las situaciones de inversión térmica. Una atmósfera “neutra” ocurre cuando el gradiente de temperatura ambiental es igual al gradiente de temperatura seca adiabática, es decir, la velocidad de enfriamiento es igual a 1°C/ 100 m, aproximadamente. En este caso, si el volumen de aire se desplaza en sentido ascendente o descendente, su temperatura se ajustará a la de los alrededores. En

cualquier nueva posición, no experimenta ninguna fuerza que lo incite a ajustar su posición nuevamente, es decir, la gravedad no intentará moverlo hacia abajo o hacia arriba ^[18]. A continuación en la tabla 2.6 se muestran las categorías de Pasquill de estabilidad de la atmósfera

Tabla 2.8. Clases de Estabilidad de Pasquill [16].

A Extremadamente inestable B Moderadamente inestable C Ligeramente inestable			D Condiciones neutras E Ligeramente estable F Moderadamente estable			
Velocidad del viento (m/s)	Insolación diurna			Día o Noche	Condiciones nocturnas Nubosidad	
	Fuerte	Moderado	Ligero	Cubierto (8/8)	Semi nub. > 4/8	Despejado 3/8
< 2	A	A-B	B	D	-	-
2-3	A-B	B	C	D	E	F
3-4	B	B-C	C	D	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D

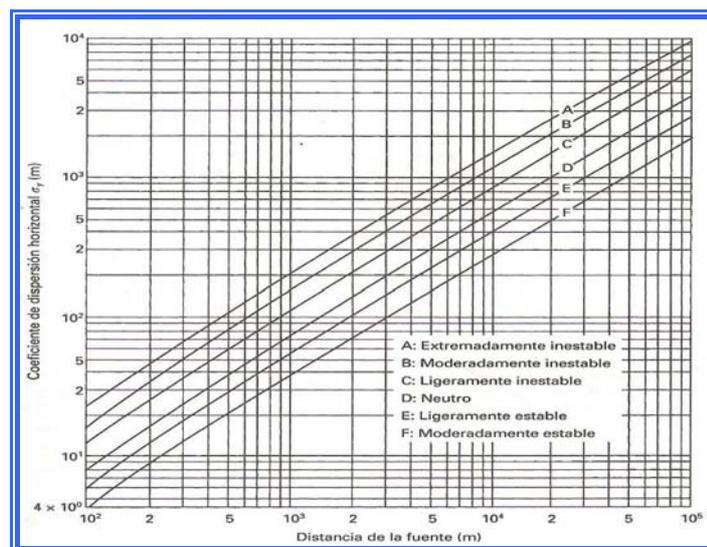


Figura 2.7. Correlaciones para σ_y basadas en las clases de estabilidad A-F de Pasquill ^[18].

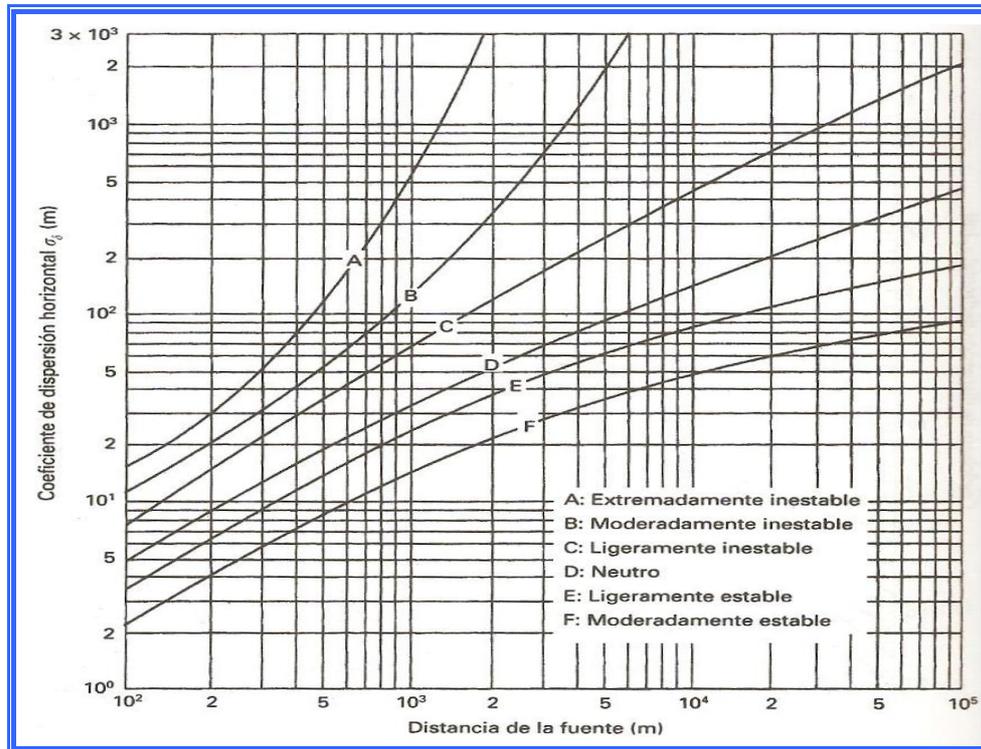


Figura 2.8. Correlaciones para σ_z basadas en las clases de estabilidad A-F de Pasquill ^[18].

La difusión molecular en la columna de humo no representa la única causa del mezclado con el aire circundante, la razón más importante es el mezclado turbulento a gran escala. En una toma instantánea de tiempo la pluma aparecerá con una forma similar a una serpiente, pero se va rotando de manera aleatoria causado por el movimiento turbulento de la atmósfera, sin embargo, la forma global sería semejante, lo que genera que en el tiempo parezca uniforme y simétrica (figura 2.9). Los resultados obtenidos por los cálculos de columna de humo gaussianas deben considerarse como promedios durante periodos de al menos 10 minutos y, de preferencia 30 minutos ^[18].

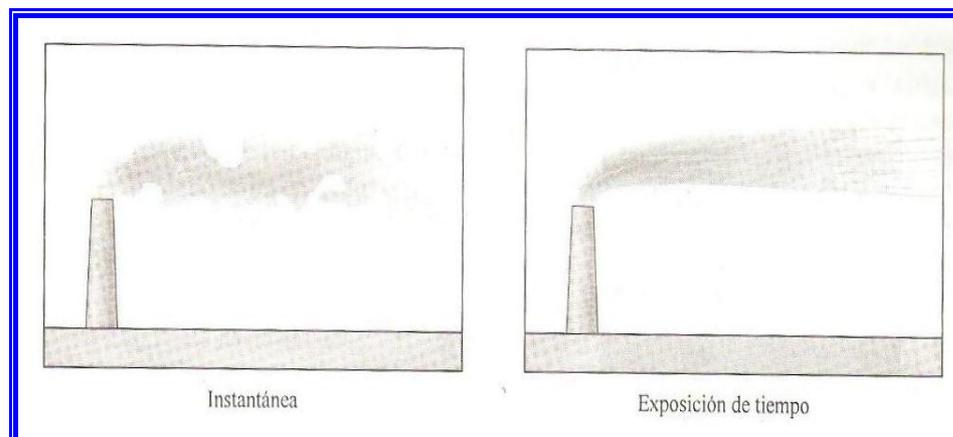


Figura 2.9. Comparación de una exposición instantánea y una de tiempo de una columna visible de humo ^[18].

La técnica gaussiana es la que se usa mayormente para contaminantes no reactiva, proporciona una excelente aproximación matemática a la dispersión de contaminantes. La mayoría de modelos recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos son gaussiano ^[18].

2.2.12.2 Modelos numéricos

Este tipo de modelos es usado cuando los contaminantes analizados están reaccionando y formando contaminantes secundarios. Son mucho más apropiados que los modelos gaussiano para análisis de una fuente de área urbana cuando están involucrados contaminantes reactivos; pero requieren bases de datos mucho más extensos y complejos, por lo cual no son usados ampliamente ^[19].

Sus aplicaciones más comunes son para la formación de ozono y en el estudio de la conversión de SO_2 y NO_x para formar sulfatos y nitratos que contribuyen a la lluvia ácida ^[19].

Los modelos numéricos son obtenidos a partir de las características químicas y físicas, relacionadas con los fenómenos de transporte, difusión, transformación y remoción de contaminantes ^[19].

2.2.12.3 Modelos estadísticos o empíricos

Las técnicas estadísticas o empíricas son frecuentemente empleadas donde los procesos químicos y físicos no poseen una clara interpretación científica, o en situaciones donde no se cuente con una fiable y completa base de datos ^[19].

Están basados en técnicas estadísticas o semi-empíricas para analizar tendencias, relaciones de la calidad del aire, las mediciones atmosféricas y para predecir la evolución de situaciones de contaminación de corto plazo. Lo anterior se hace utilizando análisis de distribución de frecuencias, análisis de series de tiempo y otros métodos estadísticos ^[19].

Los modelos empíricos sólo pueden ser aplicados en las localidades que dieron origen a las base de datos utilizadas, y únicamente un estudio profundo de los criterios de elaboración de estos modelos pueden lograr su extrapolación a otros sitios ^[19].

Poseen limitaciones por cuanto no se pueden establecer relaciones causa-efecto; sin embargo son muy útiles para realizar predicciones de corto plazo en tiempo real en donde se cuenta con información de concentraciones y sus tendencias ^[19].

2.2.12.4 Modelos físicos

Los modelos físicos tratan de simular los procesos atmosféricos por medio de una representación a escala reducida de la verdadera situación ^[19].

Estos modelos involucran el uso de túneles de viento, canales de agua u otros medios para modelar fluidos. Requieren un alto nivel técnico especializado, así como el acceso a los recursos necesarios. Pueden ser muy útiles para simular situaciones de flujo complejo, con terrenos muy irregulares, donde se presentan edificaciones o sobre alturas del terreno sobresalientes. Es aplicable a un grupo de fuentes agrupadas en unos pocos kilómetros cuadrados ^[19].

Esta es la mejor técnica y la más aproximada a la realidad, sin embargo, es poco utilizado por los recursos que se deben disponer. Una de las limitaciones de los modelos físicos radica en la casi nula capacidad de relacionar las emisiones con la calidad del aire, ya que no pueden incluirse las condiciones meteorológicas ni las fuentes existentes en una zona ^[19].

2.2.13 Detector de gases sirius

Este instrumento está diseñado para evaluar situaciones peligrosas, como ^[20].

- Evaluar la exposición potencial a gases combustibles y tóxicos a la que están sometidos los trabajadores
- Determinar el monitoreo apropiado de gas y vapor que se necesita en un lugar de trabajo ^[20].

El Detector Multigas Sirius puede equiparse para detectar ^[20]:

- Gases combustibles y ciertos vapores combustibles.
- Compuestos orgánicos volátiles (VOC)
- Atmósferas deficientes o ricas en oxígeno.
- Gases tóxicos específicos para los cuales se instala un sensor.

2.2.13.1 Teoría PID

El detector de fotoionización (PID) usa una lámpara ultravioleta para ionizar el compuesto de interés. Cuando esto sucede, se produce una corriente y la concentración del compuesto se muestra en el medidor como partes por millón [20].

2.2.13.2 Gas cero

El gas cero es un gas de referencia que se usa durante la calibración del instrumento a cero. Cuando al monitor se le introduce un gas cero sin hidrocarburos, el detector seguirá respondiendo pero con una señal pequeña. Esta señal es el resultado de los procesos secundarios que se producen en el fondo. Durante la calibración, se aplica un gas cero para cuantificar la corriente de ionización generada en el fondo [20].

Para las aplicaciones en las que se esté interesado en los cambios de la concentración relativos a un medio ambiental de referencia, se puede usar aire limpio como gas cero [20].

2.2.13.3 Gas patrón

El gas patrón es un gas de referencia que se usa durante la calibración para determinar la pendiente (respuesta por concentración de unidad) de la curva de respuesta calibrada [20].

2.2.13.4 Factores de respuesta

Cuando el detector de fotoionización ioniza un compuesto, genera una corriente. Esta constituye una respuesta que es característica de un compuesto específico y que está influenciada por su estructura molecular. La pendiente de la

curva de respuesta (definida en picoamperios por ppm) es diferente para diferentes compuestos químicos. Para informar correctamente la concentración de un gas dado del cual se obtiene una muestra, el detector usa factores de respuestas ^[20].

El factor de respuesta está definido como la relación entre la respuesta del detector para el isobutileno y la respuesta del detector para el gas que se está muestreando. Los factores de respuesta para un amplio conjunto de sustancias han sido determinados experimentalmente. Estos factores están programados en el instrumento. La curva de respuesta calibrada y todos los factores de respuesta programados son relativos al isobutileno (el isobutileno tiene un factor de respuesta de uno) ^[20].

El factor de respuesta es un multiplicador que compensa la diferencia entre la respuesta del gas que se está muestreando y la respuesta del isobutileno. Cada vez que el monitor detecta una señal, usa el factor de respuesta para ese compuesto químico y convierte dicha señal a la concentración correcta mostrada del gas de muestreo (si se conoce su identidad). Durante la calibración, el cálculo se realiza para definir la curva de respuesta calibrada. Cuando se toma la muestra, la respuesta equivalente al isobutileno se multiplica entonces por el factor de respuesta de un gas de muestreo específico para calcular la concentración ^[20].

2.2.14 Simulador disper 4.0

El programa DISPER 4.0 nos da la posibilidad de estudiar numéricamente una gran cantidad de emisores de contaminantes atmosféricos que afectan a nuestro medioambiente actual. La base del modelo es el uso de una ecuación gaussiana e independiente del tiempo que simula el penacho de humo que se genera en la atmósfera por un emisor. Con algunas modificaciones, el modelo puede utilizarse para simular emisiones de chimeneas industriales, vías de tráfico, carreteras, líneas férreas, minas a cielo abierto, vertederos emisores de gases al aire. Las fuentes emisoras las agruparemos en tres tipos: fuentes puntuales, líneas

emisoras y áreas emisoras. Los algoritmos matemáticos los describiremos en detalle en las siguientes secciones. En el caso de fuentes puntuales, las desarrollaremos a continuación ^[21].

El modelo DISPER 4.0 admite datos meteorológicos para establecer las condiciones de la forma de la nube contaminante. El programa establece la concentración de contaminante en cada punto afectado del terreno producido por cada una de las fuentes emisoras teniendo en cuenta las propiedades del contaminante y el estado de la atmósfera. Existe la posibilidad de realizar promedios temporales (diarios, mensuales o anuales) de tal manera que se puede establecer la concentración de contaminante promedio en cada punto del terreno. El modelo DISPER hace uso de una ecuación Gaussiana independiente del tiempo para cada uno de los puntos emisores. Para cada punto emisor y en cada instante de tiempo el origen de coordenadas se situará en la superficie del suelo en la base de la chimenea emisora. El eje X será positivo en la dirección hacia la que sopla el viento y el eje Y será transversal al anterior (perpendicular al viento) mientras que el eje Z tendrá la dirección vertical. Cada uno de los puntos receptores y en cada instante de tiempo tendrá que referirse a este sistema de coordenadas. Cuando hay más de un punto emisor, la concentración de contaminante en cada punto receptor será igual a la suma de contaminante producida por cada uno de los puntos emisores en dicho punto. Para un penacho contaminante Gaussiano, la concentración de contaminante en un instante dado y a una distancia x (metros) en el eje X y a una distancia y (metros) en el eje Y vendrá dada por ^[21]:

$$c = (Q K V D/2 \pi u_s \sigma_y \sigma_z) \exp [-0.5 (y/\sigma_y)^2] \quad (\text{Ec. 2.7})$$

La ecuación (2.7) incluye un término vertical (V), un término de decaimiento (D), y los parámetros de dispersión gaussianos σ_y σ_z que discutiremos más tarde. En este punto tenemos que señalar que el término vertical incluye los efectos de la elevación de la fuente, la altura del receptor, la altura que toma el penacho y los efectos de la capa límite atmosférico. Los efectos

gravitacionales no los tendremos en cuenta en nuestro modelo con lo que nuestro programa podrá aplicarse para cualquier partícula contaminante de menos de 0.1 micrómetros de diámetro, 1 micrómetro=10⁻⁶ metros. En la mayoría de los casos es capaz de evaluar partículas de menos de 10 micras de diámetro. En el sistema de coordenadas cartesianas, las coordenadas de la fuente emisora son X(S) y Y(S) y las del punto receptor son X(R) y Y(R). La distancia a favor del viento hasta el receptor es x y viene dada por ^[21]:

$$x = -[X(R)-X(S)] \sin (WD) - [Y(R)-Y(S)] \cos (WD) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

donde WD es la dirección del viento. Esta distancia a favor del viento la usaremos más tarde para calcular la elevación de la nube con la distancia y los parámetros de dispersión del penacho. La distancia Y perpendicular al viento que va desde el centro de la nube hasta el receptor viene dada por ^[21]:

$$y = -[X(R)-X(S)] \cos (WD) - [Y(R)-Y(S)] \sin (WD) \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Esta distancia la usaremos en la ecuación (2.10). Una función del tipo exponencial será usada para ajustar la velocidad del viento en el punto de salida del contaminante u_s tomando la velocidad del viento u_{ref} desde una altura de referencia z_{ref} (posición del anemómetro) tomada desde la base de la chimenea. El valor de la velocidad del viento en el punto de salida de la chimenea, u_s , lo usaremos en la ecuación Gaussiana para la nube contaminante, Ec. (2.10). La forma de la ecuación será igual a ^[21]:

$$U_s = u_{ref} (h_s/z_{ref})^p \quad (\text{Ec. 2.10})$$

donde p es el exponente de la función. La altura de referencia z_{ref} está medida desde la base de la chimenea. El exponente usado dependerá si estamos situados en una zona de tipo rural o urbano. Nótese que cuando esta última coincide con el alto de la chimenea las dos velocidades para el viento se igualan.

Los valores de p dependen de la estabilidad atmosférica y del tipo de medio en el que nos encontremos. Para aplicar las ecuaciones anteriores, la velocidad del viento, u_s , no puede ser menos de 1.0 m/s [21].

La estabilidad atmosférica A,..., F corresponde con el parámetro K de Pasquill-Gifford K=1,...,6. El programa ajusta la velocidad en el punto de salida con la medida por el anemómetro mediante un sistema de exponenciales si la altura de la chimenea y del anemómetro es igual o superior a 10 m. Si la altura del anemómetro es de menos de 10 m, la velocidad del viento en el punto de salida y en el anemómetro es la misma. Si deseáramos saber el valor numérico que toma el programa para la velocidad del viento en el punto de salida podremos hacer uso de la función Mostrar Parámetros. La altura de la nube la usaremos en el cálculo del término vertical V más adelante. Primeramente, veremos como funcionan las ecuaciones de Briggs para estimar la altura del penacho contaminante. A continuación estudiaremos la modificación de la altura del penacho por el efecto aerodinámico de la chimenea (*stack-tip downwash*). Para tener en cuenta dicho efecto, modificaremos la altura de la chimenea emisora siguiendo el procedimiento descrito por Briggs (1974, p. 4). La altura modificada del emisor h_s' vendrá dada por [21]:

$$U_s = u_{\text{ref}} (h_s / z_{\text{ref}})^p \quad (\text{Ec. 2.11})$$

$$h_s' = h_s + 2d_s [(v_s / u_s) - 1.5] \quad \text{para } v_s < 1.5u_s \quad (\text{Ec. 2.12})$$

O bien

$$h_s' = h_s \quad \text{para } v_s \geq 1.5u_s \quad (\text{Ec. 2.13})$$

donde h_s es la altura de la chimenea (m), v_s es la velocidad de salida del gas (m/s), y d_s es el diámetro interno del punto de salida (m). Este valor modificado de h_s' lo usaremos a lo largo del resto de los cálculos para determinar la altura de la nube contaminante [21].

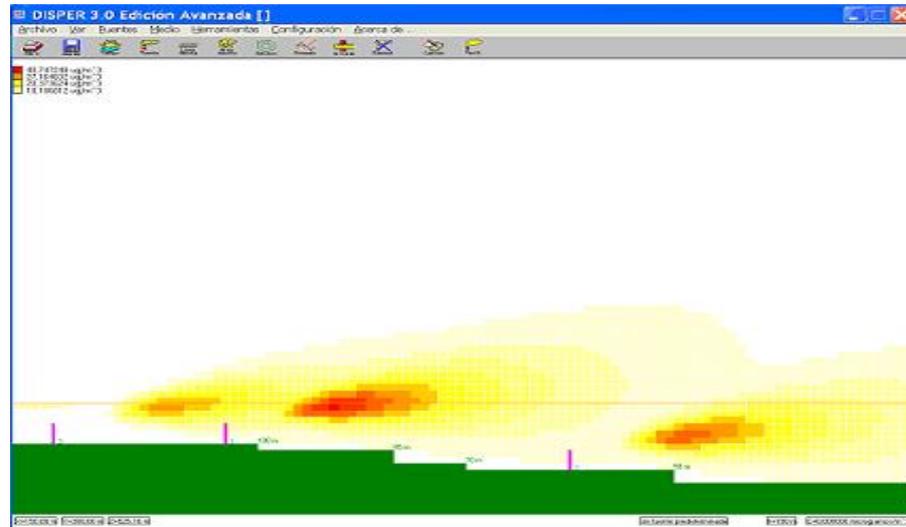


Figura 2.10. Software disper: mapa de las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NOx) generadas por tres chimeneas industriales que emite 1 g/s de NOx bajo un viento de 5 m/s en dirección E y en un terreno con pendiente ^[21].

2.2.14.1 Flujos por momento y por sustentación.

En la mayoría de las situaciones, necesitaremos del valor del parámetro del flujo por sustentación de Briggs, F_b (m^4/s^3). La siguiente expresión es equivalente a la ecuación (2.21) de Briggs, (Briggs, 1975, p. 63):

$$F_b = g v_s d_s^2 (DT/4T_s) \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde:

$DT = T_s - T_a$, T_s es la temperatura de salida del gas de la chimenea (K), y T_a es la temperatura ambiente (K). Para poder determinar la elevación del penacho contaminante debido al momento, calcularemos el parámetro del flujo por momento, F_m (m^4/s^2), basándonos en la siguiente fórmula:

$$F_m = g v_s^2 d_s^2 (T_a/4T_s) \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Estudiaremos el punto crítico entre sustentación y momento. Cuando la temperatura del gas es mayor o igual que la temperatura ambiente, necesitaremos saber si la dinámica del penacho contaminante viene determinada por sustentación o por momento. La diferencia de temperatura crítica, $(DT)_c$, fue descrita por Briggs (1969, p. 59) de tal manera que para $F_b < 55$,

$$(DT)_c = 0.0297 T_s (v_s^2 / d_s^2)^{1/3} \quad (\text{Ec. 2.16})$$

y para F_b mayor o igual que 55,

$$(DT)_c = 0.00575 T_s (v_s^2 / d_s^2)^{1/3} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Si la diferencia de temperatura entre el gas y la temperatura ambiente, DT , es mayor o igual que $(DT)_c$, entonces el penacho estará dominado por sustentación. Si no se cumple lo anterior, diremos que la nube contaminante está dominada por momento. Para situaciones donde DT supera $(DT)_c$ tal y como determinamos anteriormente, diremos que los efectos por sustentación dominan la dispersión de contaminantes. La distancia hasta la elevación total, x_f , vendrá determinada por el equivalente a la ecuación (2.16), (Briggs, 1971, p. 1031). El valor de x_f lo calcularemos de la siguiente manera para $F_b < 55$:

$$x_f = 49 F_b^{5/8} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

y para F_b mayor o igual que 55:

$$x_f = 119 F_b^{2/5} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

La altura efectiva de la nube, h_e (m), vendrá determinada por la combinación equivalente de las ecuaciones (2.18) y (2.19) de (Briggs, 1971, p. 1031), para $F_b < 55$:

$$h_e = h_s + (21.425 F_b^{3/4} / u_s) \quad (\text{Ec. 2.20})$$

y para F_b mayor o igual que 55:

$$h_e = h_s + (38.71 F_b^{3/5} / u_s) \quad (\text{Ec. 2.21})$$

Para situaciones donde la temperatura del gas es menor o igual que la temperatura ambiente, diremos que la elevación de la nube está determinada por el momento. En otras palabras, si DT es menos que $(DT)_c$, diremos que la elevación del penacho vendrá determinada por momento. (Briggs, 1969, p. 59) ^[21]:

$$h_e = h_s + 3d_s (v_s/u_s) \quad (\text{Ec. 2.22})$$

Briggs sugiere que esta ecuación es especialmente aplicable cuando $v_s/u_s > 4$. Comenzaremos definiendo el parámetro de estabilidad s . Para situaciones de la atmósfera estables, el parámetro de estabilidad, s , lo calcularemos de la ecuación (Briggs, 1971, p. 1031):

$$s = g[(dT/dz)/T_a] \quad (\text{Ec. 2.23})$$

Para estabilidades de clase E (o 5) dT/dz vale 0.020 K/m. Y para la clase F (o 6) $dT/dz = 0.035$ K/m. Cuando la temperatura del gas es mayor o igual que la temperatura ambiente, tendremos que determinar cuando la elevación del penacho vendrá dada por sustentación o por momento. La diferencia de temperatura crítica, $(DT)_c$, podrá ser calculada siguiendo el procedimiento de Briggs (1975, p. 96) como sigue ^[21]:

$$(DT)_c = 0.019582 T_s v_s s^{1/2} \quad (\text{Ec. 2.24})$$

Si la diferencia de temperatura entre la chimenea y el medio, DT , es superior o igual a $(DT)_c$, podremos decir que la elevación del penacho viene dada por flotación. Para situaciones donde DT supera $(DT)_c$, tal como explicamos anteriormente, diremos que la sustentación domina. La distancia hasta la elevación total del penacho, x_f , vendrá determinada por ^[21]:

$$x_f = 2.0715 u_s s^{-1/2} \quad (\text{Ec. 2.25})$$

El alto del penacho, h_e , estará determinado por:

$$h_e = h_s + 2.6 [F_b / (u_s s)]^{1/3} \quad (\text{Ec. 2.26})$$

Cuando la temperatura del gas es menor o igual que la temperatura ambiente, diremos que la elevación del penacho estará determinada por momento. Si DT es menor que $(DT)_c$ tal y como aparece en la ecuación (2.24), diremos que la dinámica del penacho estará determinada por momento. El alto de la nube lo calcularemos haciendo uso de la ecuación 4.28 of Briggs ((1969), p. 59):

$$h_e = h_s + 1.5 [F_m / (u_s)^{1/2}]^{1/3} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

También usaremos la ecuación para la elevación por momento en caso de inestable o neutra. El resultado de menor valor de los obtenidos por medio de ambos procedimientos lo usaremos como el alto del penacho contaminante, ya que la elevación de la nube nunca podrá superar el caso de atmósfera inestable o neutra. Para estimar la elevación gradual del penacho cuando la distancia a favor del viento, x , es menor que la distancia para la elevación total, podremos usar el equivalente de la ecuación (2.11) de Briggs ((1972), p. 1030) para calcular el alto de la nube ^[21]:

$$h_e = h_s + 1.60 [(F_b x^2) / u_s]^{1/3} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

La ecuación anterior solamente será usada para situaciones dominadas por sustentación. En cualquier caso, si la distancia gradual de elevación de la nube supera la elevación final, sustituiremos dicha distancia por la distancia final. Cuando domina el momento, usaremos las siguientes ecuaciones (Bowers, et al, 1979) para calcular la altura efectiva dependiendo de la distancia a la fuente emisora:

a) condiciones inestables:

$$h_e = h_s + [3F_m x / (\beta_j^2 u_s^2)]^{1/3} \quad (\text{Ec. 2.29})$$

donde x es la distancia a favor del viento (metros), con un valor máximo x_{\max} definido como sigue:

$$x_{\max} = 4d_s (v_s + 3u_s) / (v_s u_s) \quad \text{para } F_b = 0 \quad (\text{Ec. 2.30})$$

$$X_{\max} = 49 F_b^{5/8} \quad \text{para } 0 < F_b < 55 \text{ m}^2\text{s}^3 \quad (\text{Ec. 2.31})$$

$$X_{\max} = 119 F_b^{2/5} \quad \text{para } F_b > 55 \text{ m}^2\text{s}^3 \quad (\text{Ec. 2.32})$$

b) Condiciones estables:

$$h_e = h_s + (3F_m)^{1/3} \{ \sin[x s^{1/2}/u_s] \}^{1/3} [\text{bet}_j^2 u_s s^{1/2}]^{-1/3} \quad (\text{Ec. 2.33})$$

donde x es la distancia a favor del viento (metros), con un valor máximo definido x_{\max} como sigue:

$$x_{\max} = 0.5 \pi u_s / s^{1/2} \quad (\text{Ec. 2.34})$$

El coeficiente jet de entrada, bet_j , vendrá dado por,

$$\text{bet}_j = (1/3) + (u_s/v_s) \quad (\text{Ec. 2.35})$$

De la misma manera que en el caso de subida gradual por flotación, si la elevación gradual por momento supera la elevación final del penacho, sustituiremos la elevación gradual por esta última ^[21].

2.2.14.2 El término vertical

El Término Vertical (V), que aparece en la ecuación (2.10), tiene en cuenta la distribución vertical del penacho. Incluye los efectos de la elevación del emisor, del receptor y del penacho y los efectos de la capa límite atmosférico. Para poder calcular el término vertical necesitaremos de el alto del penacho, de las alturas del receptor y de la capa límite y de la dispersión vertical sig_z . Para partículas pequeñas (con diámetro menor de 0.1 micras) y para gases, podemos despreciar los efectos de deposición gravitacional. Teniendo en cuenta esto, el término vertical V queda como ^[21]:

$$V = \exp \{-0.5 [(z_r - h_e) / \text{sig}_z]^2\} + \exp\{-0.5[(z_r + h_e) / \text{sig}_z]^2\} + \{ \exp[-0.5(H_1 / \text{sig}_z)^2] + \exp[-0.5(H_2 / \text{sig}_z)^2] \}_{i=1,2,\dots} + \{ \exp[0.5(H_3 / \text{sig}_z)^2] + \exp [0.5(H_4 / \text{sig}_z)^2] \}_{i=1,2,} \quad (\text{Ec. 2.36})$$

Los términos entre corchetes y con subíndices, $\{ \}_{i=1,2,\dots}$ indican sumatorias de 1 hasta infinito. Estas series infinitas tienen en cuenta los efectos de la restricción de la propagación de la nube debida a la posición de la capa límite. El método de las imágenes nos muestra las reflexiones múltiples del penacho entre el suelo y la capa límite. Si la altura efectiva de la nube supera en algún momento el valor de la altura de la capa límite, diremos que el penacho penetra íntegramente la capa límite y que las concentraciones en la superficie son nulas. En el caso de condiciones atmosféricas estables (categorías E y F), tenemos que tomar la altura de la capa límite como infinita y, de esta manera, eliminar las series existentes. Esto se podrá hacer colocando un número enorme como valor de la capa límite (10.000 m, por ejemplo o mayor). El término vertical cambia la forma de la concentración vertical de gaussiana a cuadrada (i.e., una concentración uniforme a través de la capa límite) a distancias a favor del viento muy grandes. Nuestro modelo tiene en cuenta lo siguiente para evaluar los efectos del terreno simple (i.e., terreno que está por encima de la base de la chimenea pero por debajo de la altura de salida del gas) ^[21]:

1. La altura del penacho es indiferente a dichas elevaciones del terreno o a otras depresiones del mismo.
2. El valor de la altura de la capa límite sigue el alto del suelo.
3. La velocidad del viento está en función de la altura con respecto de la superficie, ver ecuación (2.13).

2.2.15 Acondicionamiento ambiental del laboratorio

El propósito del acondicionamiento del aire es obtener una situación de confort termohigrométrico para el personal ubicado en un área, salvo en aquellas situaciones que requieran determinadas condiciones de temperatura o humedad, en cuyo caso estos parámetros vendrán fijados por criterios diferentes al confort. El ambiente general del laboratorio puede ser acondicionado actuando sobre la temperatura, la humedad relativa, el índice de ventilación y la humedad del aire,

teniendo en cuenta los condicionantes propios del laboratorio. En el caso en que el laboratorio se halle integrado en un edificio y comparta con otras instalaciones un sistema general de aire acondicionado, a la propia dificultad de acondicionar adecuadamente el laboratorio, se añaden otros problemas: la propagación de un posible incendio y la dispersión de contaminaciones residuales del laboratorio hacia instalaciones anexas ^[22].

Por todo ello, la recomendación básica al diseñar un sistema de acondicionamiento para un laboratorio, es que tal sistema sea independiente y exclusivo. Partiendo de esta base, y sin entrar en detalles de cálculo ni constructivos, se comentan algunos aspectos que deben ser tenidos en cuenta en el proyecto ^[22].

2.2.15.1 Características específicas del laboratorio

El proyecto del acondicionamiento ambiental para el laboratorio debe considerar ciertas peculiaridades que han de influir notablemente en el diseño de los sistemas. Las más relevantes en este sentido son las posibles situaciones termohigrométricas generadas por la propia actividad del laboratorio, los focos de calor existentes los sistemas de extracción localizada de contaminantes, la posible contaminación química y la existencia de áreas de actividades específicas ^[22].

2.2.15.2 Situaciones termohigrométricas

En principio, las situaciones más apartadas del confort termohigrométrico que pueden plantearse en los laboratorios vendrán determinadas por las condiciones externas y por determinadas instalaciones propias, tales como focos de calor o instalaciones frigoríficas. Las condiciones más inconfortables suelen presentarse en épocas estivales, durante la realización de ciertas tareas o técnicas que impliquen la utilización de focos de calores directos o indirectos. Estas situaciones provocarán el manifiesto disconfort del operador y una mayor

predisposición a los errores. Por otro lado, unas condiciones térmicas sensiblemente apartadas de las «normales» pueden ser el origen de errores metodológicos ^[22].

No son frecuentes las situaciones de discomfort creadas por bajas temperaturas en épocas invernales, puesto que, aunque se carezca de sistemas acondicionadores, siempre estarán presentes algunos elementos o aparatos calefactores. En estos casos es necesario llamar la atención sobre los riesgos de incendio, explosión y contactos eléctricos que pueden introducir en el laboratorio las unidades eléctricas de calefacción, desaconsejándolas absolutamente ^[22].

Por otra parte, si el laboratorio dispone de recintos frigoríficos para conservar o almacenar muestras o materiales, el personal pasará bruscamente de situaciones termohigrométricas convencionales a otras que pueden alcanzar varios grados por debajo de cero. En tales casos, además del lógico equipamiento mediante prendas de abrigo, es conveniente que el área inmediata al acceso de estas instalaciones frigoríficas, se encuentre en situación de adaptación termohigrométrica ^[22].

2.2.15.3 Focos de calor

El sistema de aire acondicionado deberá ser capaz de disipar eficazmente la energía liberada por los distintos focos de calor existentes en el laboratorio: estufas, autoclaves, muflas, mecheros, placas, baños y mantas calefactores, motores, etc., además de los instrumentos analíticos que trabajen a temperatura elevada, como pueden ser espectrofotómetros de absorción atómica, cromatógrafos de gases, etc. ^[22].

2.2.15.4 Sistemas de extracción

Los sistemas de extracción localizada del laboratorio (vitrinas de gases, cabinas de seguridad biológica, campanas), retiran al exterior un considerable volumen de aire, que es sustraído directamente del propio laboratorio. Son muy considerables las pérdidas de energía (calor en invierno y frío en verano) que provocan las mencionadas extracciones, debiéndose prever, en el proyecto del acondicionamiento de aire, los suministros adicionales de aire tratado que compensen tales pérdidas ^[22].

2.2.15.5 Contaminación química

Como ya se indicara con anterioridad, deberá resolverse previa y satisfactoriamente todo tipo de contaminación generada en el laboratorio, si se pretenden mantener las prestaciones del futuro sistema de acondicionamiento de aire. En efecto, si en el laboratorio se presentan episodios de contaminación no resueltos por los sistemas de extracción localizada existentes, se recurre a extractores implantados en muros o ventanas, o bien a la apertura de éstas e incluso de las puertas. Además de lo dudoso e inadecuado de tales recursos, se produciría la descompensación del sistema acondicionador así como una posible contaminación de zonas anexas ^[22].

2.2.15.6 Áreas específicas

Dependiendo del tamaño del laboratorio y de sus líneas de trabajo, es frecuente encontrar distintas zonas o áreas especializadas en diversas actividades: sala de balanzas, de instrumental, zona común, zonas «limpias», almacén, etc. Es obvio que todas estas áreas específicas no requieren las mismas exigencias. Si además se cuenta con zonas específicamente dedicadas a estufas, baños de agua, ataques en caliente, u otras actividades que requieran fuertes aportes energéticos,

el acondicionamiento de semejantes áreas deberá presentar especiales características ^[22].

Los aspectos recién expuestos deberán orientar las especificaciones más rigurosas en el proyecto del sistema acondicionador. Será necesario pues, un conocimiento detallado de todos y cada uno de los aspectos mencionados, además de prever futuras necesidades dentro de un orden razonable ^[22].

2.2.15.7 Planteamiento general del sistema de aire acondicionado de un laboratorio

La función del sistema acondicionador es crear un clima interior artificial, modificando los parámetros que, a consecuencia de las condiciones externas y las energéticas del interior, acabarían imponiéndose en el laboratorio ^[22].

Por todo lo expuesto en el apartado anterior, el sistema de aire acondicionado debe ser capaz de disipar la energía desprendida en las distintas áreas del laboratorio, de generar y mantener un clima adecuado en cada una de ellas, y, finalmente, de compensar con aire limpio y tratado, todo el volumen de aire retirado por los sistemas extractores ^[22].

Siempre desde el punto de vista del acondicionamiento del aire, puntualizando aspectos ya contemplados y considerando ciertas circunstancias habituales del laboratorio -que ya deberá tener controlados los posibles riesgos químicos y biológicos-, éste presentaría definitivamente las siguientes características:

- Habitualmente, bajo nivel de ocupación de personal.
- Elevado número de equipos generadores de calor.
- Parte de los equipos generan más calor latente que sensible.
- Bajo índice de utilización simultánea de equipos.

- Elevado volumen de aire evacuado por las extracciones.
- Áreas en las que debe limitarse el movimiento de aire.
- Zonas de diferente exigencia.
- Posible existencia de zonas «limpias».

Si se tienen en cuenta estos puntos, y reiterando que el sistema de aire acondicionado del laboratorio debe ser independiente del sistema general del edificio, se concluirá lo siguiente: en la mayor parte de los casos, el adecuado tratamiento de las condiciones termohigrométricas en el laboratorio exigirá la instalación de unidades climatizadoras independientes, al menos en determinadas zonas. Estas unidades independientes deberán conectarse a termostatos, de modo que puedan entrar en funcionamiento «a demanda», lo cual procurará un ambiente adecuado, a un coste razonable, aun en zonas problemáticas. Por ello, si el laboratorio se encuentra sectorizado, aunque sea parcialmente, se facilitará considerablemente el tratamiento particularizado de las distintas zonas. También es útil disponer de unidades independientes para mantener unos mínimos de climatización cuando no se encuentre en funcionamiento el sistema general del laboratorio (por ejemplo, fuera del horario laboral) ^[22].

2.2.15.8 Disipación de energía

Para el cálculo de la disipación de energía que debe conseguir el acondicionamiento, habrá que tener en cuenta la Kcal. /hora que los distintos equipos pueden desprender al ambiente. Las especificaciones técnicas de tales equipos incluyen su potencia, de modo que un sencillo cálculo permite obtener el aporte de calor al ambiente. En el caso de los mecheros, los cálculos pueden basarse en los siguientes datos: un tipo Bunsen de pequeño tamaño (11 mm. de diámetro), quemando gas de red, puede aportar del orden de 250 Kcal. /h de calor sensible, triplicándose este aporte cuando el quemador del mechero es de gran tamaño (38 mm de diámetro). Habitualmente, el aporte de calor latente es mínimo, pero no ocurre así en procesos evaporativos (baños de agua por ejemplo),

en donde el aporte fundamental de calor al ambiente vendrá dado por el calor latente. Una vez obtenidos los datos de aporte de calor de los equipos disponibles, en el caso en que varios de ellos se encuentren en la misma zona, debe estimarse el índice de simultaneidad en la utilización de los mismos, con el fin de obtener un valor medio para el aporte del calor y unos límites de desviación ^[22].

2.2.15.9 Volúmenes de aire

Con respecto al volumen de aire a aportar, ya se ha comentado anteriormente la necesidad de reponer el evacuado por los sistemas de extracción localizada, aunque también, teóricamente, habría que considerar la posible existencia de extractores situados en muros o ventanas. Ahora bien, ha de comentarse que la instalación de extractores libres no tiene sentido en un laboratorio con acondicionamiento de aire, puesto que como sistemas de retirada de contaminación son ineficaces, la renovación ambiental debe ser conseguida por el propio sistema acondicionador y su funcionamiento descompensa el acondicionamiento general del laboratorio ^[22].

Por lo que respecta a las vitrinas de extracción de gases y cabinas de seguridad biológica, deben asumirse las pérdidas que provocan, pudiendo ser considerables, sobre todo si retiran el 100% del aire directamente del laboratorio, hecho que ocurre con las vitrinas de gases y las de seguridad biológica clases I y III. Para conseguir un buen funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire, si éste ya ha sido previamente instalado, debe recurrirse a la utilización de vitrinas de gases compensadas, que toman del exterior una parte importante del aire evacuado. Por otro lado conviene tener en cuenta que algunas cabinas expulsan al exterior solamente un cierto porcentaje del aire circulado. Así por ejemplo, las cabinas de seguridad biológica clase II reciclan entre un 70% (tipo A) y un 30% (tipo B) del aire ^[22].

Respecto al número de renovaciones hora a conseguir en el laboratorio, algunos autores recomiendan aportes de aire del orden de 25 a 35 m³/hora por persona, o hasta 20 e incluso 30 renovaciones por hora en laboratorios de tipo medio. En la práctica, sin embargo, cualquier dato está condicionado por aspectos contemplados en puntos anteriores y por las características propias del laboratorio (instrumental y actividad), además de la presencia de los posibles contaminantes que puedan afectar al laboratorio ^[22].

2.2.15.10 Impulsiones y retornos de aire

Otro punto a contemplar es la situación de las entradas de aire y los retornos. Deberá tenerse en cuenta que en las inmediaciones de las vitrinas de gases y cabinas de seguridad biológica no deben producirse circulaciones de aire que puedan afectar su eficacia. Por otra parte, si el aire es impulsado al laboratorio por entradas cercanas a vitrinas extractoras, además de las perturbaciones consiguientes, el volumen recién introducido será en buena parte retirado por las mencionadas vitrinas, sin que consiga el deseado «barrido» por el laboratorio o la zona correspondiente. Debe evitarse por otra parte, que los dardos de aire impulsado afecten directamente a mesas de trabajo, balanzas y otros instrumentos, pues, además de provocar situaciones de discomfort a los trabajadores, podría favorecerse la emisión de contaminantes, amén de dificultar el trabajo con ciertos instrumentos ^[22].

2.2.15.11 Conductos

En lo que respecta a la instalación de conductos, debe tenerse siempre presente que el laboratorio, o ciertas zonas de éste, pueden presentar riesgos de incendio o explosión, lo cual exigirá desviar o incluso eliminar conducciones en tales áreas ^[22].

2.2.15.12 Evacuación al exterior

En cuanto a la salida al exterior del aire retirado del laboratorio, han de considerarse dos aspectos. El primero de ellos se refiere al conveniente tratamiento del aire a través de un recuperador de energía antes de evacuarlo definitivamente. El recuperador es simplemente una unidad externa encargada del intercambio energético entre el aire que, procedente del laboratorio, va a ser evacuado, y el aire recién tomado del exterior, que comenzará su tratamiento energético en esa unidad. El segundo aspecto se refiere a la instalación de las expulsiones de aire en el exterior del edificio. Las salidas deben situarse de modo que no sea posible el reingreso del aire expulsado en el edificio, bien a través de ventanas, bien a través de la unidad de captación exterior del propio sistema de aire acondicionado. Se requiere por tanto un estudio de las características del edificio y la situación de éste con respecto a los vientos dominantes ^[22].

2.2.15.13 Toma de aire externa

Por otra parte, el aire tomado del exterior para ser tratado y posteriormente impulsado al laboratorio, debe ser filtrado previamente. Cuando se requieran especificaciones concretas en el aire aportado, se dispondrá de los filtros y tratamientos especiales al efecto ^[22].

2.2.15.14 Acondicionamiento mediante unidades independientes

Como ya se ha indicado, ciertas zonas del laboratorio pueden exigir unidades independientes para complementar las prestaciones del sistema acondicionador general. Además de tales casos, también hay que considerar a todos aquellos laboratorios que no disponen de un sistema integral de acondicionamiento y que podrían recurrir a la instalación de unidades individuales o independientes (consolas de agua y, sobre todo, aparatos estándar, tipo ventana

o de dos unidades). Lógicamente, en estos casos, únicamente se conseguiría actuar sobre la temperatura ambiente ^[22].

Si se plantea una solución de este tipo, ha de prestarse especial atención a los posibles riesgos de incendio y explosión en determinadas áreas (a causa de los elementos eléctricos de las unidades a instalar). Con respecto a la ubicación de las unidades independientes, se tendrán en cuenta dos cuestiones: la colocación de las unidades -alejadas de vitrinas de gases y cabinas de seguridad biológica- y, en segundo término, que el dardo de aire impulsado no incida directamente sobre superficies de trabajo ^[22].

Por otra parte, debe recabarse del suministrador de las unidades la información relativa al ruido emitido en sus diferentes grados de funcionamiento. La experiencia demuestra que en una zona amplia que mantenga cierta actividad durante la jornada laboral, los niveles de presión acústica producidos por los aparatos acondicionadores pueden quedar desapercibidos aunque se cifren en 65-70 dB(A). Sin embargo, si las áreas de trabajo son reducidas u ocupadas por un corto número de personas, los mencionados niveles pueden resultar molestos a lo largo del tiempo ^[22].

2.2.15.15 El control ambiental del laboratorio

El control del ambiente del laboratorio, entendiéndose por tal la evacuación de contaminantes, exige en principio dos actuaciones bien diferenciadas: la retirada de contaminantes y la renovación del aire. Cualquier proceso o tarea susceptible de liberar contaminantes, debe ser tratado conveniente y particularizadamente con el fin de que aquellos no afecten la atmósfera de trabajo, o lo hagan en el mínimo grado posible. Debe insistirse en que el recurso eficaz para eliminar la contaminación química o biológica generada por la actividad del laboratorio es la extracción localizada ^[22].

La simple retirada de volúmenes de aire, o la simple renovación, no consigue habitualmente la evacuación de contaminantes. Al igual que un sistema de acondicionamiento de aire es incapaz de retirar eficazmente los contaminantes generados en las técnicas o tareas del laboratorio, tampoco será capaz de conseguirlo un sistema de renovación mediante extractores. Téngase en cuenta que los contaminantes hasta que fueran retirados por los retornos o a través de los propios extractores, recorrerían la zona o el local, afectando por tanto a los trabajadores. Habitualmente, el máximo beneficio que puede obtenerse mediante los distintos procedimientos de renovación de aire es paliar, o en el mejor de los casos resolver, el problema de ciertas contaminaciones residuales que afectan a algunos laboratorios. La retirada de volúmenes de aire del laboratorio también permite mantenerlo en depresión en relación con otras áreas anexas ^[22].

Excepcionalmente, en casos muy concretos y bajo condiciones que se expondrán más adelante, podría plantearse el control total del ambiente (manteniendo algún contaminante químico por debajo de su valor límite) a base de circulaciones y extracciones de volúmenes de aire ^[22].

A continuación se estudian brevemente las características de la ventilación por dilución, la ventilación por desplazamiento y sistemas simples de renovación de aire ^[22].

2.2.15.15.1 Ventilación por dilución

Se parte del supuesto de que se generan contaminantes en el laboratorio y que se distribuyen regularmente en el aire del mismo. La concentración media alcanzada por un contaminante vendrá determinada por la relación entre la cantidad emitida del mismo y el volumen del recinto. Teóricamente, podría disminuirse la concentración ambiental del contaminante por debajo de los límites a considerar, sustituyendo el aire contaminado por aire limpio. Éste sería el principio de la ventilación por dilución ^[22].

Si M es la cantidad del contaminante emitida por unidad de tiempo (mg/s), el volumen q de aire limpio que debería ser suministrado por unidad de tiempo (m^3/s), para que en una situación de equilibrio ($t = \infty$) no se supere un límite previsto (VL , mg/m^3) sería:

$$q = M/VL \quad (\text{Ec. 2.37})$$

Teniendo en cuenta que la renovación del aire no sería uniforme en los distintos puntos del laboratorio, pudiendo quedar zonas pobremente ventiladas, y que siempre se tardará un tiempo en alcanzar la situación de equilibrio, es necesario introducir un factor de seguridad (K), cuyo valor varía normalmente entre dos y once, en función del tipo de contaminante, de su propio VL y de la eficacia de la dilución, con lo que se obtiene el caudal (Q) necesario para garantizar la dilución prevista:

$$Q = q \cdot K = \frac{M}{VL} \cdot K \quad (\text{Ec. 2.38})$$

En la práctica, únicamente puede aplicarse este sistema si concurren una serie de circunstancias ^[22]:

- Se manipulan sustancias de muy baja toxicidad.
- Los productos no son inflamables ni explosivos.
- No existe contaminación por polvo.
- Los trabajadores se encuentran alejados de los focos de emisión.
- La cantidad de contaminante liberado es discreta y su emisión relativamente uniforme.
- Se asume una contaminación residual.
- Se acondiciona el gran caudal de aire necesario.

Si frente a la contaminación química la ventilación por dilución no se considera un proceso suficientemente efectivo, cuando se trata de contaminantes biológico, este sistema es absolutamente descartable ^[22].

A modo de resumen puede indicarse que los principales inconvenientes de este sistema son ^[22]:

- Requiere caudales de renovación muy elevados.
- Consume gran cantidad energía (calefacción en invierno y aire frío en verano).
- El aire que se extrae ya es diluido, desde el punto de vista de la contaminación.
- Es poco útil para el riesgo químico.
- Es totalmente ineficaz para el riesgo biológico ^[21].

2.2.15.15.2 Ventilación por desplazamiento

La ventilación por desplazamiento es un caso aparte dentro de la ventilación general y se puede emplear tanto para acondicionamiento ambiental como para el control ambiental de contaminantes. En su forma ideal, el aire se introduce en el laboratorio de tal forma que desplace hacia la salida el aire que ya estaba dentro, pero sin mezclarse con él, intentado ajustarse al modelo del flujo pistón en lugar del tanque agitado que correspondería a la ventilación por dilución. Si el sistema se diseña con entrada a baja velocidad a la altura del suelo del local y es extraído por la parte alta, la acumulación del aire contaminado tiene lugar en la zona de extracción, lejos de donde se halla el personal. Dado que no hay mezcla entre el aire existente y el nuevo, este sistema implica un ahorro muy importante en cuanto a caudales de aire y acondicionamiento del mismo. Representa la aplicación del concepto de flujo laminar a la ventilación general, con lo que podría asimilarse la relación existente entre este tipo de ventilación y la

ventilación por dilución con la existente entre las cabinas de flujo laminar y las de extracción de gases en régimen turbulento ^[22].

La principal dificultad que presenta este sistema de ventilación radica en los problemas existentes para mantener flujos próximos laminares en distancias y volúmenes grandes debido a la baja viscosidad del aire. Es un procedimiento poco utilizado, pero que en laboratorios reducidos con poco movimiento de personas podría presentar indudables ventajas ^[22].

2.2.15.16 Renovación del aire del laboratorio

2.2.15.16.1 Renovación natural

Existen, evidentemente, numerosos laboratorios que únicamente disponen del recurso de la ventilación natural. Obviamente esta ventilación sólo es viable en ciertas épocas del año, con lo cual el disconfort será la nota dominante en época estival y durante el invierno, se presentará el dilema de padecer bajas temperaturas o bien soportar la contaminación residual y los olores típicos del laboratorio. Además de estos inconvenientes, que se minimizan en zonas climáticamente benignas, la ventilación natural plantea el inconveniente de las corrientes de aire que apagan las llamas de los mecheros, provocan golpes continuos de puertas y ventanas, enfrían los elementos calefactores y montajes, causan evaporaciones inconvenientes, y alteran el funcionamiento de los sistemas clásicos de extracción localizada en los laboratorios: las campanas, las vitrinas de gases y las cabinas de seguridad biológica ^[22].

2.2.15.16.2 Renovación forzada

Se implantaría un sistema de suministro-extracción de aire, que armonizara con el adecuado funcionamiento de los sistemas de extracción o retirada de contaminantes (cabinas, vitrinas, campanas, etc.). En el diseño del sistema se

distribuirán adecuadamente las impulsiones y las extracciones de aire, de modo que no existan zonas pobremente ventiladas. El sistema mixto, impulsión-retorno, deberá tener en cuenta tres factores ^[22]:

1. La capacidad extractora debe ser ligeramente superior a la impulsora, de modo que el laboratorio se encuentre en depresión con respecto a áreas anexas.
2. Ambos sistemas, impulsión y retorno, deben entrar en funcionamiento simultáneamente.
3. Se dispondrá de un sistema de alarma o avisador que alerte del posible fallo de uno de los dos sistemas.

Si la contaminación residual proviene simplemente de las manipulaciones habituales con sustancias o materiales y el laboratorio no dispone de renovación de aire, permanecerá continuamente «impregnado» de un olor que llega a ser característico y consubstancial con la actividad. Este problema puede paliarse simplemente mediante la instalación de extractores y rejillas de entrada de aire. Esta solución, extractores-entradas de aire enfrentados, adolece de múltiples inconvenientes si se plantea en locales de cierta dimensión o al conjunto del laboratorio. En primer lugar, un extractor convencional aplicado a un muro presentará una boca de extracción reducida, con lo cual se extraerán pequeños volúmenes de aire y a alta velocidad. En segundo término, evacuará solamente los contaminantes próximos a la zona de extracción, ya que a distancias iguales al diámetro del extractor, la velocidad de captación será del orden de diez veces inferior a la existente en la boca. Por otra parte, la posición del extractor es otro factor a tener en cuenta. Si se instala en una posición alta, hasta su zona de influencia solamente acceden los contaminantes que se encuentren a más temperatura que el aire y siempre que se orienten hacia el extractor. Por contra, un extractor situado a baja altura en el muro, no retirará la contaminación residual a no ser que el contaminante se encuentre a una temperatura más baja que el aire. En la práctica, estos sistemas extractor-entrada de aire, suelen garantizar

simplemente cierta depresión en interior del laboratorio o en la zona en que se ubique ^[22].

Por todo ello, sería necesario plantear la necesidad de establecer circulaciones de aire, eludiendo la generación de zonas muertas, y consiguiendo que el aire limpio barrera perfectamente las zonas contaminadas en su recorrido hacia los puntos de extracción. Así, las entradas de aire deberían localizarse en las partes opuestas a las que hayan acogido a los extractores, a base de rejillas en puertas y pasillos (siempre que el laboratorio no presentara riesgos de incendio o explosión y siempre que su presión fuera inferior a la de los pasillos) ^[22].

Este tipo de instalaciones tiene sentido en actuaciones puntuales para la eliminación de contaminación causada por un accidente (vapores generados por el vertido de un producto químico, formación de un aerosol, etc.) ^[22].

Sea cual fuere el sistema adoptado para renovar el ambiente del laboratorio, la retirada del aire extraído del laboratorio exige una adecuada distribución de las tomas de aire y de las salidas. Si todas ellas se encuentran en las fachadas del edificio, las entradas se dispondrán en fachadas con distinta orientación con respecto a las salidas. Si ambas deben quedar dispuestas en los tejados, habrán de tenerse en cuenta los vientos dominantes y las alturas relativas. El aire del laboratorio no debe ser nunca recirculado, excepto en casos muy especiales y siempre que se contara con un previo tratamiento a fondo ^[22].

2.2.16 Campanas extractoras de gases

Una campana extractora de gases, es un equipo de ventilación donde los materiales químicos peligrosos pueden ser manejados con seguridad. El propósito de estas campanas, es el de retener los contaminantes, generalmente en forma de gases o vapores tóxicos, para prevenir que se escapen del laboratorio. Esto se

consigue extrayendo los contaminantes que están dentro del área del trabajo de la campana, del usuario; minimizando. De tal manera su inhalación y contacto ^[23].

El flujo de aire hacia la campana se realiza mediante un extractor de aire, el cual atrae el aire del laboratorio hacia dentro de la campana y al sistema de ductería de extracción ^[23].

Esta atracción o flujo de aire hacia la abertura de la campana, se mide como la velocidad de cara que posee la campana. Un deflector, una rejilla (air foil) y otros componentes diseñados aerodinámicamente, controlan el flujo del aire que se mueve a través y dentro de la campana ^[23].

Finalmente, el aire contenido dentro de la campana, se diluye y sale al exterior, a través del sistema de ductería de la campana, donde se dispersa adecuadamente a una concentración baja y aceptable al medio ambiente ^[23].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Establecimiento de las bases y criterios para el análisis de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos

En el Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos se realizan prácticas con muestras representativas de crudo que consecuentemente emanan gases tóxicos, los cuales fueron identificados cualitativa y cuantitativamente usando el Detector Multigas Sirius y siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante.

El equipo se ubicó en puntos estratégicos del laboratorio donde se llevo a cabo las prácticas para medir las distintas concentraciones de gases; una vez colocado el equipo en el lugar específico se encendió y se dejó transcurrir un lapso de tiempo de diez (10) minutos hasta lograr la estabilización de los sensores, seguidamente cada tres minutos se obtuvieron valores de concentraciones de los distintos gases emitidos.

Para el desarrollo de la investigación se tomó como punto de partida las normativas, legislaciones y Organizaciones nacionales é internacionales que rigen las emisiones de contaminantes en el aire, para espacios abiertos y cerrados. Entre ellas se encuentran las normas venezolana COVENIN (2340-1:2001 y 2253:2001), que establecen información, recomendaciones y procedimientos generales destinados a promover la seguridad e higiene ocupacional de las personas y las instalaciones y el Decreto 638 establecido para mejorar la calidad del aire, prevención y control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas y móviles capaces de generar emisiones gaseosas y partículas.

La Ley del Aire Limpio, requiere que las emisiones de gases tóxicos que provienen de espacios confinados, se reduzcan como un medio de controlar la

lluvia ácida. La Occupational Safety & Health Administration, que es una organización

Estadounidense que trabaja para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores en América estableciendo y haciendo cumplir normas, ofrecimiento de adiestramientos y educación, estableciendo asociaciones y motivando a un mejoramiento continuo en la seguridad y salud en el lugar de trabajo y por último la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (EPA).

3.2 Identificación a través del equipo detector multigas sirius de los distintos gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos

Para el desarrollo de este objetivo se utilizó el Detector Multigas Sirius, el cual nos permite identificar los distintos gases emanados durante la realización de las prácticas de laboratorios, aplicando las normas ASTM para la evaluación de: porcentaje de agua y sedimento, densidad, viscosidad, destilación atmosférica, determinación de asfaltenos en crudos pesados, punto de inflamación y combustión, donde se encontraron compuestos orgánicos volátiles C.O.V (BTX, C1, C2, C3 y C4) en diferentes concentraciones.

Estos compuestos son sustancias químicas que contienen carbono y otros elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre y nitrógeno que están presente en todos los elementos vivos.

La figura 3.1 muestra el Detector Multigas Sirius y cada una de las partes que lo componen.

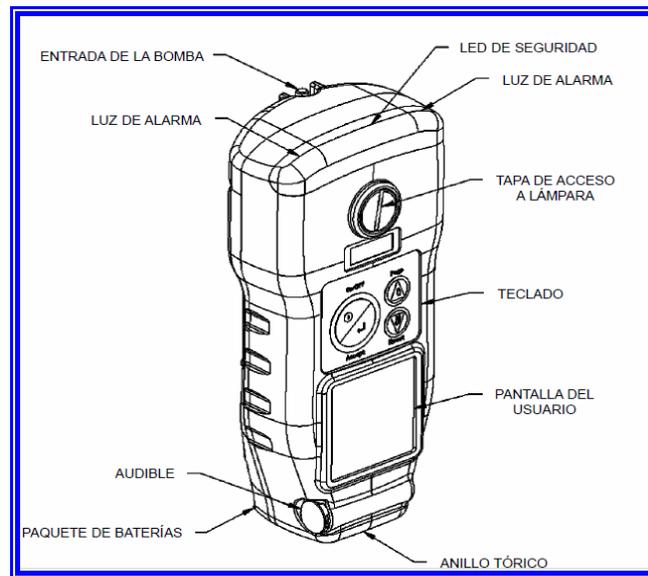


Figura 3.1. Componentes del detector multigas sirius

Fuente: Manual de Operaciones MSA, Detector Multigas Sirius®

El equipo Multigas Sirius posee un detector de fotoionización (PID), que usa una lámpara ultravioleta para ionizar el gas que esté presente, esto genera una corriente que está influenciada por la estructura molecular de dicho gases y la concentración del compuesto se muestra en el medidor como partes por millón.

La figura 3.2 muestra el diseño del sensor de fotoionización típico.

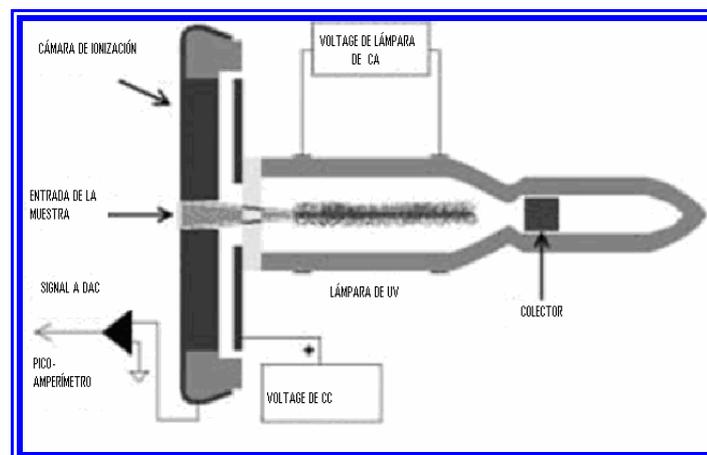


Figura 3.2. Diseño del sensor de fotoionización típico

Fuente: Manual de Operaciones MSA, Detector Multigas Sirius®

En la figura 3.3 La pantalla del equipo muestra información de los gases que se han detectado y sus diferentes concentraciones.

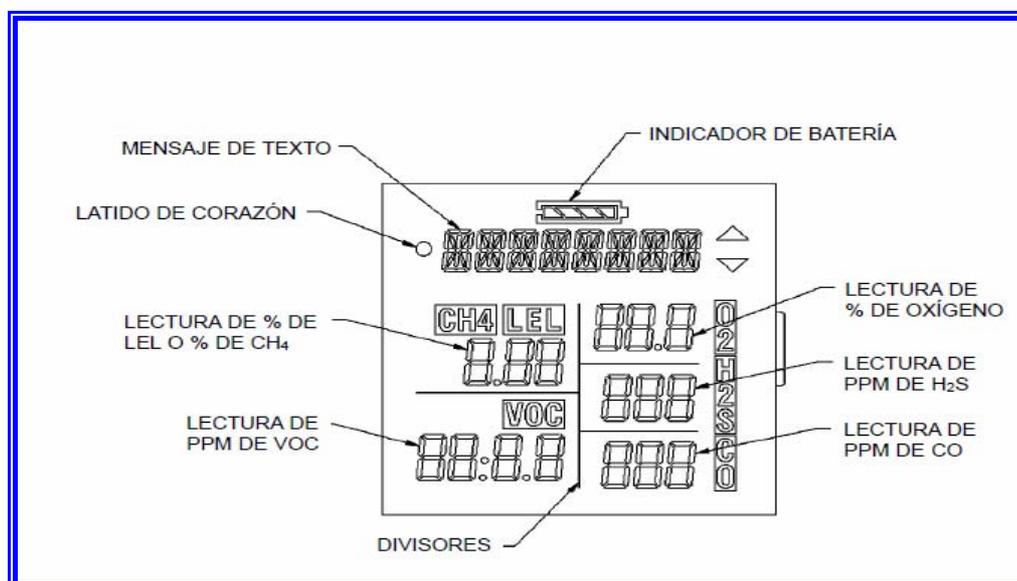


Figura 3.3. Descripción de la pantalla del detector multigas sirius

Fuente: Manual de Operaciones MSA, Detector Multigas Sirius®

3.3 Comparación de las concentraciones máximas permisibles de gases tóxicos en el organismo establecidas por las normativas de ambiente con las obtenidas en el laboratorio

Actualmente existen varias normativas de ambiente tanto nacionales como internacionales que rigen la emisión de gases tóxicos al ambiente y de igual forma establecen los límites máximos que pueden tolerar las personas sin sufrir daños a la salud. Se utilizaron normas que están provistas, como: las normas COVENIN, OSHA Y EPA, y por otro lado el valor de los límites que éstas establecen, con el fin de compararlos con las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas de Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos y determinar si exceden o no los valores permisibles, para tomar las medidas tanto preventivas como correctivas que el caso amerite.

Los límites de emisión de los COV están normados por el Decreto 638 de la legislación venezolana (“Norma sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica”, de fecha 19/05/1995) y se presentan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Límites de emisión de COV según decreto 638 ^[11]

Contaminante	Actividad	Existentes mg/m ³	Nuevas mg/m ³	Observaciones
Compuestos orgánicos volátiles	Actividades que utilizan solventes orgánicos no reactivos fotoquímicamente	6,8 Kg./d ó 1,3 Kg./h	6,8 Kg./d ó 1,3 kg/h	Solventes sometidos a procesos de calentamiento o contacto con llama

En la Tabla 3.2 se muestran las concentraciones obtenidas y las permisibles según el Decreto 638. A continuación se muestran las siglas que identifican las variables consideradas en dicha tabla.

LEB Obt. (PPM): Es el límite de exposición breve (correspondiente a 15 minutos) obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón.

LEM Obt. (PPM): Es el límite de exposición máximo obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón.

LEB Obt. (Kg/día): Es el límite de exposición breve (correspondiente a 15 minutos) obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en kilogramos por día.

LEM Obt. (Kg/día): Es el límite de exposición máximo obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en kilogramos por día.

Límites Permisibles: Límites máximos permisibles según el Decreto 638, expresados en Kg/día.

Tabla 3.2 Comparación entre las concentraciones obtenidas y las permisibles según decreto 638^[11].

PRÁCTICA	LEB Obt. (PPM)	LEM Obt. (PPM)	LEB Obt. (Kg/d)	LEM Obt. (Kg/d)	Límites Permisibles (Kg/d)	
Agua y Sedimentos	45.9	81.3	0,0031	0,0055	6.8	
Gravedad API y Densidad	43.3	65.3	0,0029	0,0044	6.8	
Viscosidad Saybolt	30.3	47.9	0,00203	0,0032	6.8	
Viscosidad Fann	28.0	41.6	0,0019	0,0028	6.8	
Destilación	34.7	51.7	0,0023	0,0035	6.8	
Pto. Enturbiamiento y Fluidez	10.9	15.9	0,00073	0,0032	6.8	
Pto. De Inflamación y Combustión	27.4	48.2	0,0018	0,0011	6.8	
Presión de Vapor Reid	26.7	65.4	0,0017	0,0044	6.8	
Asfáltenos	Parte I	45.0	74.4	0,00301	0,005	6.8
	Parte II	45.3	553,0	0,003	0,038	6.8

La norma COVENIN 2253:2001 establece los límites de exposición máximos de varios compuestos tóxicos, sin embargo, dado que en el Laboratorio

se identificaron COV, se calculó un promedio entre los COV: Metano, Etano, Propano y Butano, ya que el instrumento está calibrado con isobutano, los COV que el Detector registra están en estos rangos de átomos de carbonos. Todo esto se realizó con la finalidad de comparar este valor promedio con los valores de concentraciones obtenidos en el desarrollo de las prácticas de Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos y se muestra a continuación en la tabla 3.3.

Donde:

LEB Obt.: Es el límite de exposición breve (correspondiente a 15 minutos), obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón

LEM Obt: Es el límite de exposición máximo obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón.

VPMP: Valor Promedio Máximo Permissible, calculado según los valores establecidos por la Norma COVENIN 2253:2001, expresado en partes por millón.

Tabla 3.3 Concentraciones obtenidas y valor promedio máximo permisibles ^[10].

PRÁCTICAS		LEB Obt. (ppm)	LEM Obt. (ppm)	VPMP (ppm)
Agua y Sedimentos		45.9	81.3	547
Gravedad API y Densidad		43.3	65.3	547
Viscosidad Saybolt		30.3	47.9	547
Viscosidad Fann		28.0	41.6	547
Destilación		34.7	51.7	547
Pto. Enturbiamiento y Fluidez		10.9	15.9	547
Pto. De Inflamación y Combustión		27.4	48.2	547
Presión de Vapor Reid		26.7	65.4	547
Asfáltenos	Parte I	45.0	74.4	547
	Parte II	45.3	553,0	547

Por otra parte, el equipo Detector Multigas Sirius posee unos límites máximos establecidos por especificaciones técnicas del fabricante (ver apéndice E), que éste considera como aceptables en los ambientes laborales, por lo cual se comparó los valores de concentración de COV obtenidos con los establecidos por el equipo, y se muestra a continuación en la tabla 3.4.

Donde:

LEB Obt.: Es el límite de exposición breve (correspondiente a 15 minutos), obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón

LEM Obt: Es el límite de exposición máximo obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón.

LEB Permisible: Es el límite de exposición breve (correspondiente a 15 minutos) permisible, según especificaciones técnicas del fabricante del Detector Multigas Sirius, expresado en partes por millón.

LEM Permisible: Es el límite de exposición máximo permisible, según especificaciones técnicas del fabricante del Detector Multigas Sirius, expresado en partes por millón.

Tabla 3.4 Comparación de los límites establecidos por el detector sirius y las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas ^[20].

PRÁCTICA	LEB Obt. (ppm)	LEM Obt. (ppm)	LEB Permisible (ppm)	LEM Permisible (ppm)	
Agua y Sedimentos	45.9	81.3	25	100	
Gravedad API y Densidad	43.3	65.3	25	100	
Viscosidad Saybolt	30.3	47.9	25	100	
Viscosidad Fann	28.0	41.6	25	100	
Destilación	34.7	51.7	25	100	
Pto. Enturbiamiento y Fluidez	10.9	15.9	25	100	
Pto. De Inflamación y Combustión	27.4	48.2	25	100	
Presión de Vapor Reid	26.7	65.4	25	100	
Asfáltenos	Parte I	45.0	74.4	25	100
	Parte II	45.3	553,0	25	100

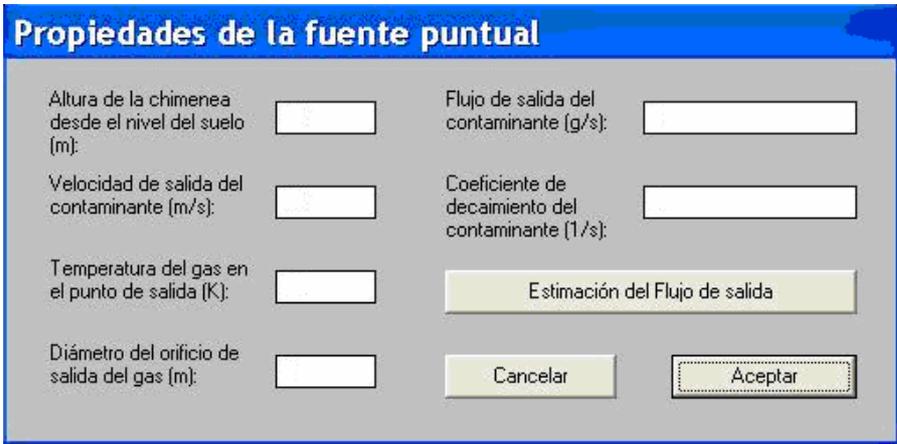
3.4 Modelado del comportamiento de los gases encontrados en el laboratorio con el software disper 4.0

El software Disper 4.0 fue la herramienta que permitió realizar el modelo de dispersión de los gases tóxicos en el Laboratorio, ya que brinda la posibilidad de estudiar numéricamente una gran cantidad de emisores de contaminantes atmosféricos que afectan al medio ambiente. El programa está basado en el modelo ISCST3 de la Agencia de Protección Ambiental norteamericana (EPA). En dicho modelo, la contaminación del aire se modela mediante penachos gaussianos independientes del tiempo (en régimen estacionario). La dirección del

penacho, su altura efectiva y el semiancho que posee dependen de las condiciones atmosféricas (como son la dirección del viento, la estabilidad atmosférica, la temperatura del aire, entre otros) y del foco emisor (velocidad de salida del contaminante, temperatura del gas, entre otros). A pesar de que se evalúan las emisiones en el régimen estacionario, el programa es capaz de realizar promedios temporales y, de esta manera, evaluar situaciones que sí dependen del tiempo.

El programa trabaja los datos de entrada en dos grandes bloques: los atmosféricos y los de la fuente contaminante. Los atmosféricos son la estabilidad atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la temperatura del aire, la altura de la capa límite, la altura del anemómetro (si lo hay). Si no se disponen de datos precisos el programa los puede estimar ya que incorpora un preprocesador meteorológico con el que se puede evaluar la estabilidad atmosférica atendiendo a lo soleado del día, a la hora y a lo cubierto o no que se encuentre el cielo. Podemos introducir fuentes de tres tipos: fuentes puntuales, líneas emisoras y áreas emisoras.

En este caso se trabajó con una fuente puntual, la cual se refiere a un foco contaminante, fijo en una posición del espacio, y que es pequeño en relación al tamaño del área en el que estamos realizando la simulación. Los datos de entrada son:



Propiedades de la fuente puntual

Altura de la chimenea desde el nivel del suelo (m):	<input type="text"/>	Flujo de salida del contaminante (g/s):	<input type="text"/>
Velocidad de salida del contaminante (m/s):	<input type="text"/>	Coefficiente de decaimiento del contaminante (1/s):	<input type="text"/>
Temperatura del gas en el punto de salida (K):	<input type="text"/>	<input type="button" value="Estimación del Flujo de salida"/>	
Diámetro del orificio de salida del gas (m):	<input type="text"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>	<input type="button" value="Aceptar"/>

Figura 3.4 Ventana para introducir los valores de Propiedades de Fuente Puntuales

Fuente: Manual Disper 4.0

Altura del emisor sobre el nivel del suelo (m): Es la altura de la boca de salida de la chimenea sobre el nivel del suelo. Se expresa en metros (m).

Velocidad de salida del contaminante (m/s): Es la velocidad de salida del gas en el orificio de la chimenea. Suponemos que el gas tiene una velocidad de salida hacia arriba (dirección Z). Se expresa en metros por segundo (m/s). Las velocidades típicas en chimeneas industriales suelen ser de 15 m/s.

Temperatura del gas en el punto de salida: Es la temperatura del gas en el orificio de salida de la chimenea. Se expresa en grados Kelvin (K), T (K). Los grados Kelvin son la manera de expresar una temperatura haciendo uso de la escala absoluta de temperatura. Para pasar de grados Celsius o Centígrados a Kelvin, podremos realizar una operación matemática sencilla, como es $T (K) = t(C) + 273$. Donde $t(C)$ es la temperatura en grados centígrados o Celsius y T (K) es la temperatura absoluta o en grados Kelvin. De esta manera una temperatura de $0^{\circ} C$ se corresponde con una temperatura de 273 K. La temperatura típica para una chimenea suele estar entre $140^{\circ}C$ y $150^{\circ}C$.

Diámetro del orificio de salida de gas (m): Es el diámetro expresado en metros del orificio de la chimenea. El diámetro mínimo aceptado por el programa es de 0,01 m.

Flujo de salida del contaminante: Es la cantidad de materia de contaminante que sale en la unidad de tiempo por el agujero de salida de la chimenea. Dicha magnitud física se conoce como flujo. Viene expresado en gramos por segundo (g/s). Los valores típicos del flujo dependerán del contaminante analizado. Si no se conoce el flujo de salida, el programa permite estimarlos de una manera muy sencilla en determinados casos para ello deberá pulsar el botón ESTIMACIÓN DEL FLUJO DE SALIDA.

Coefficiente de decaimiento del contaminante: Es una magnitud que nos caracterizará la pérdida del contaminante cuando éste desaparece por medio de algún tipo de proceso químico. Por ejemplo, el SO₂ reacciona con la atmósfera para producir ácido sulfúrico y precipitarse mediante lluvia ácida. Esto hace que el SO₂ tenga una vida media de permanencia en la atmósfera. El coeficiente de decaimiento va a valorar esta pérdida y lo hará evaluando la pérdida de materia contaminante por unidad de tiempo. Dicho coeficiente vendrá dado en unidades de tiempo⁻¹. En nuestro caso en segundo⁻¹ (1/s). En el caso más general, donde no hay pérdida por reacción química significativa, pondremos el coeficiente igual a 0. En el caso del SO₂ (que da lugar a la lluvia ácida) vale 0,0000481 s⁻¹.

Con respecto a los datos de entrada del tiempo atmosférico y del terreno, lo cual se refiere a las propiedades de la atmósfera cuando realizamos la simulación (velocidad del viento, dirección, temperatura del aire, estabilidad, entre otros). Si se hace click sobre dicha opción se obtendrá la siguiente ventana donde se indican las propiedades de la atmósfera:

Tiempo: propiedades de la atmósfera

Parámetro de estabilidad atmosférica K de Pasquill-Gifford

Temperatura del aire T (K)

Velocidad del viento (m/s)

Altura de la capa límite en el mar y contada desde el nivel del mar (m)

Dirección del viento (de 0 a 360 grados)

Altura del anemómetro desde la base de la chimenea (m)

atmósfera rural

atmósfera urbana

Obtención de K Cancelar Aceptar

Figura 3.5 Ventana para introducir los valores del tiempo

Fuente: Manual Disper 4.0

Se encuentran seis casillas diferentes referidas a propiedades atmosféricas y con una opción sobre atmósfera rural o urbana. Dichas propiedades y opciones las podremos cambiar según el proceso de contaminación que deseemos simular. En

el caso de la opción atmósfera rural o urbana, podremos hacer click con el ratón sobre cualquiera de las dos opciones deseadas. El botón de obtención de K es una función auxiliar para ayudar a calcular el parámetro de estabilidad atmosférica. Las propiedades que aparecen son:

Velocidad del viento: En esta casilla se introduce la velocidad del viento que indica el anemómetro. Las unidades se deben introducir en metros por segundo (m/s). El programa necesita de una velocidad de viento mínima no inferior a un metro por segundo. Si se introduce una velocidad inferior a dicho valor, el programa tomará automáticamente una velocidad de 1 m/s. Una velocidad de viento típica puede ser de unos 5 m/s.

Dirección del viento: Indica la dirección hacia la que sopla el viento. El programa toma un rango de direcciones que van desde 0° a 360° . El cero corresponde con viento que sopla hacia el Norte (y el 360°). Viento proveniente del Norte y que sopla en dirección Sur tendría una dirección de 180° .

Temperatura del aire: Indica la Temperatura atmosférica en grados Kelvin. La relación entre grados Kelvin y Celsius es la siguiente $T(K)=T(C) + 273$ de esta manera, 273K son 0 grados centígrados de temperatura. En el caso de líneas y áreas emisoras su variación no ofrece diferencias en el resultado.

Altura de la capa límite: Es la altura de la capa límite atmosférico contado desde el nivel del mar en ausencia de relieves topográficos. Viene en metros. Puede tener un valor variable en una simulación. Un tamaño típico puede ser de unos 600 m en áreas urbanas y de 250 m en áreas rurales. El programa no permite una capa límite de menos de 10 m de alto. En el caso de tener relieves topográficos, la altura de la capa límite seguirá a la altura topográfica del terreno en cada punto del mismo manteniendo su valor inicial con respecto a la superficie del suelo. El programa realizará dicho proceso de una manera automática en cada punto del cálculo. Bastará con poner el valor correspondiente para el caso rural

(250 m) y urbano (600 m) y dibujar los correspondientes relieves topográficos. La capa límite es la capa de aire más baja en la atmósfera terrestre (hasta 1.000 m) influenciada por los efectos del calor y la rugosidad de la superficie terrestre. Mantiene su valor siguiendo los efectos del terreno y la dinámica de los contaminantes están influenciadas por las turbulencias.

Altura del anemómetro: El anemómetro es el dispositivo que se utiliza para medir la velocidad del viento. Como muchas chimeneas disponen de uno, que suele estar a una cierta altura del suelo, aquí se debe introducir la altura del anemómetro contada desde la base de la chimenea que, en general, es inferior a la de la chimenea. Si se conoce la velocidad del viento en el punto de salida del gas, se coloca una altura del anemómetro igual a la altura de la chimenea como dato de entrada del programa y la velocidad del viento medida por el anemómetro. De esta manera, el programa identificará la velocidad del viento en el anemómetro como la velocidad del viento en el punto de salida.

Atmósfera rural o urbana: En esta opción se elige si se encuentra en un medio rural o urbano. El medio influye en el tipo de dispersión de contaminantes que se pueden encontrar. Un entorno urbano presenta una temperatura y una rugosidad superficial bastante diferente de uno rural lo que influye en la forma de las turbulencias y en la dispersión de contaminantes. El programa evalúa automáticamente los efectos en el cálculo de ambas opciones.

Parámetro de estabilidad atmosférica K de Pasquill- Gifford: Indica lo estable o no de la atmósfera. Una atmósfera muy estable nos proporcionará un penacho contaminante muy bien definido y acotado en el espacio. Una atmósfera inestable y turbulenta producirá que la nube contaminante se disperse ampliamente en el aire. El programa supone 6 tipos diferentes de estabilidad atmosférica. Dichas categorías corresponden a la clasificación A-F de Pasquill (1974). Una atmósfera del tipo F ($K=6$) es la de máxima estabilidad. En este punto, el programa permite trabajar de dos maneras diferentes: o bien introducir

directamente el valor de $K=1,\dots,6$ que ya se conoce, o bien se puede estimar dicho valor a partir de parámetros más sencillos haciendo uso del botón obtención de K que aparece en la misma ventana.

Donde se debe usar las opciones que tratan sobre la luminosidad solar y sobre la velocidad del viento en la superficie del suelo. En las opciones que tratan sobre la luminosidad diurna o el estado del cielo nocturno, bastará con que se haga click sobre la opción deseada. Si es de día, se podrá elegir entre una gama que va desde la insolación fuerte hasta el cielo cubierto. Si es de noche, se podrá elegir entre más o menos del cincuenta por ciento del cielo nublado. En el caso de la velocidad del viento, se puede elegir entre una gama de valores haciendo click en la flecha de sentido descendente que aparece al lado del valor de la velocidad del viento. A continuación se desplegará un menú de opciones posibles y elegiremos la deseada. El modelo considera cuatro tipos de insolaciones posibles durante el día: Débil, Ligera, Moderada y Fuerte que se pueden establecer siguiendo el método de Turner que usa la nubosidad y el ángulo de elevación del Sol como parámetro.

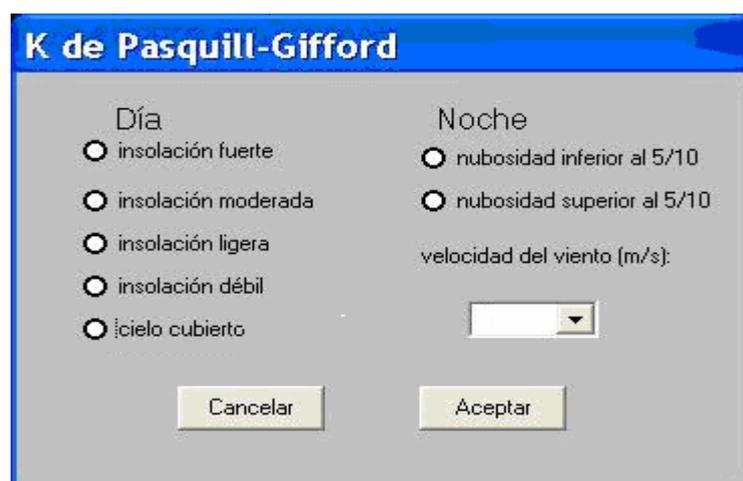


Figura 3.6 Ventana para calcular la constante de pasquill – gifford

Fuente: Manual Disper 4.0

Se realizaron varios ajustes, ya que dicho programa está diseñado para realizar simulaciones en espacios abiertos y no en espacios confinados como es el caso. Se consideró que la velocidad del viento vendría dada por la tabla. De la misma forma se adaptaron otros datos de acuerdo a las necesidades planteadas, algunos de estos son: alturas, dirección del viento, entre otros parámetros.

Dado que se está en presencia de una atmósfera estable, por tratarse de un espacio confinado, se esperaba que el modelo de dispersión arrojara una concentración geométrica en forma de pluma bien definido y uniforme, y los resultados obtenidos tienen forma de pluma que era lo esperado. Las figuras 3.7 a 3.16 muestran este comportamiento.

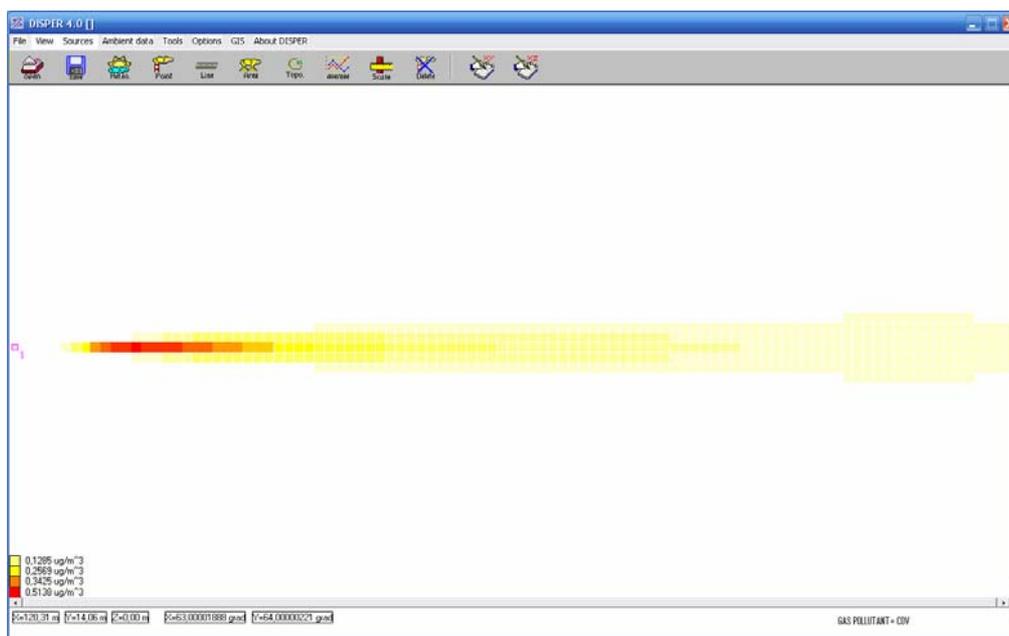


Figura 3.7. Modelo de dispersión de la práctica n° 1, correspondiente a agua y sedimentos

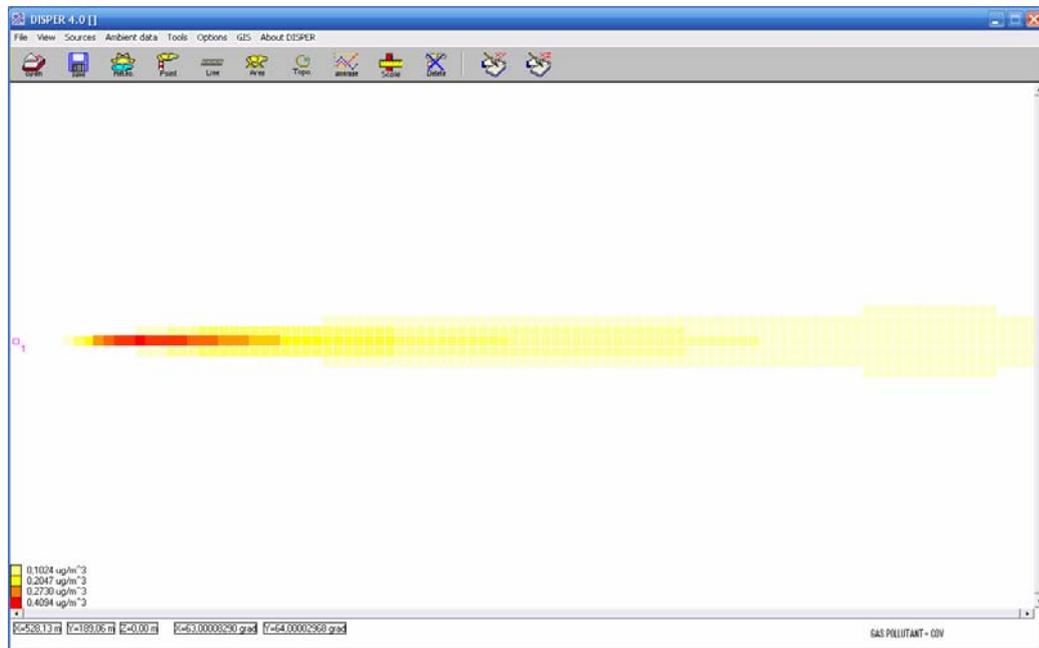


Figura 3.8. Modelo de dispersión de la práctica n° 2, correspondiente a °API y densidad

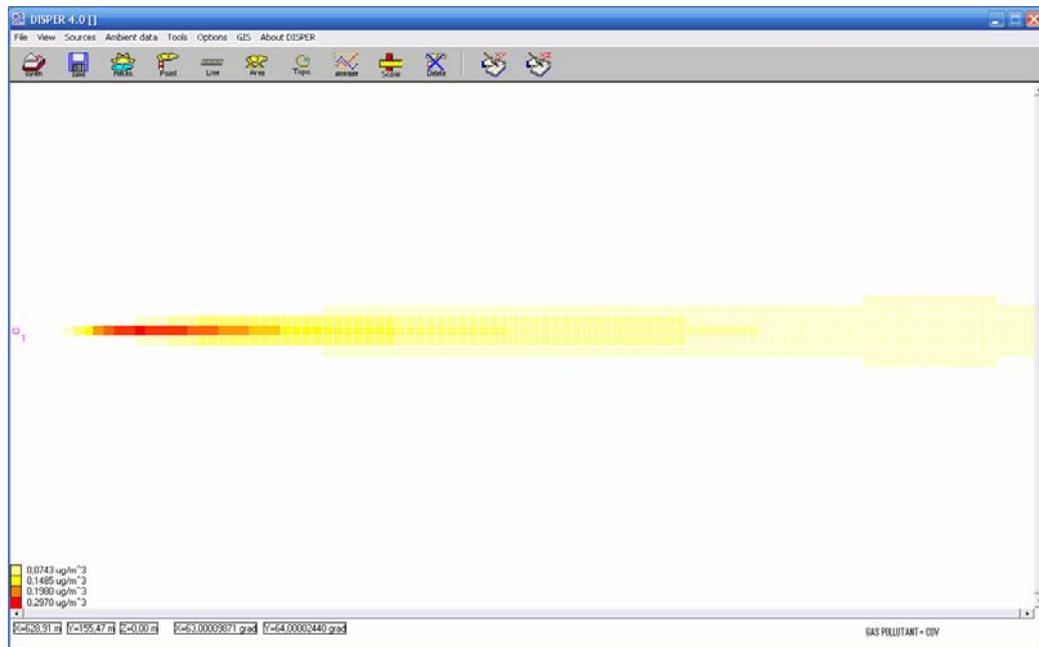


Figura 3.9. Modelo de dispersión de la práctica n° 3ª, correspondiente a viscosidad saybolt furol

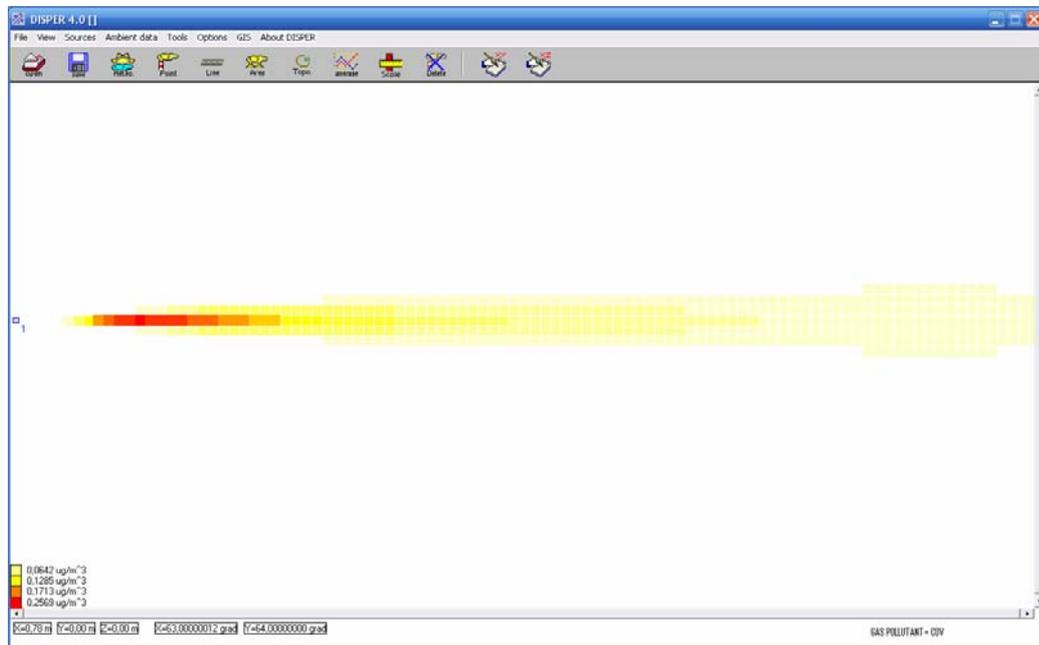


Figura 3.10. Modelo de dispersión de la práctica nº 3b, correspondiente a viscosidad fann

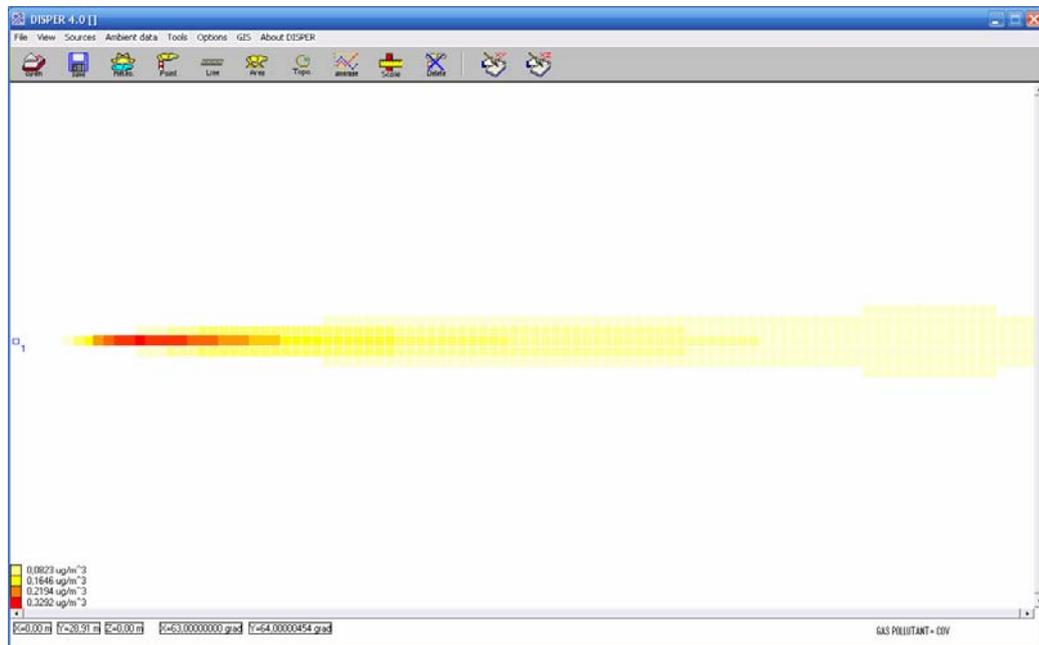


Figura 3.11. Modelo de dispersión de la práctica nº 4, correspondiente a destilación

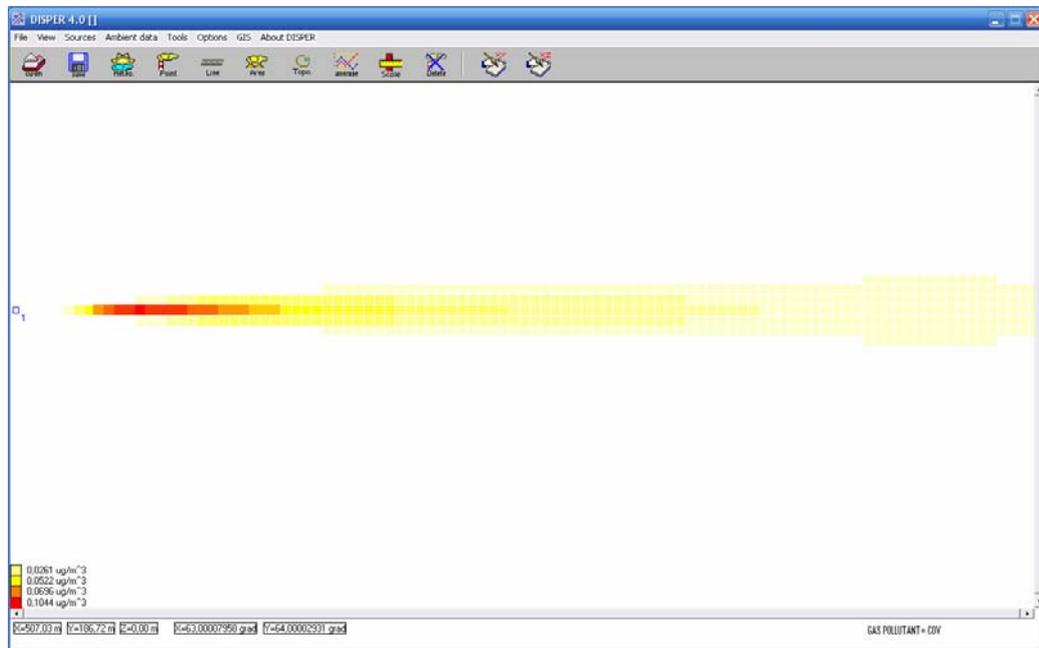


Figura 3.12. . Modelo de dispersión de la práctica nº 5, correspondiente a punto de enturbiamiento y fluidez

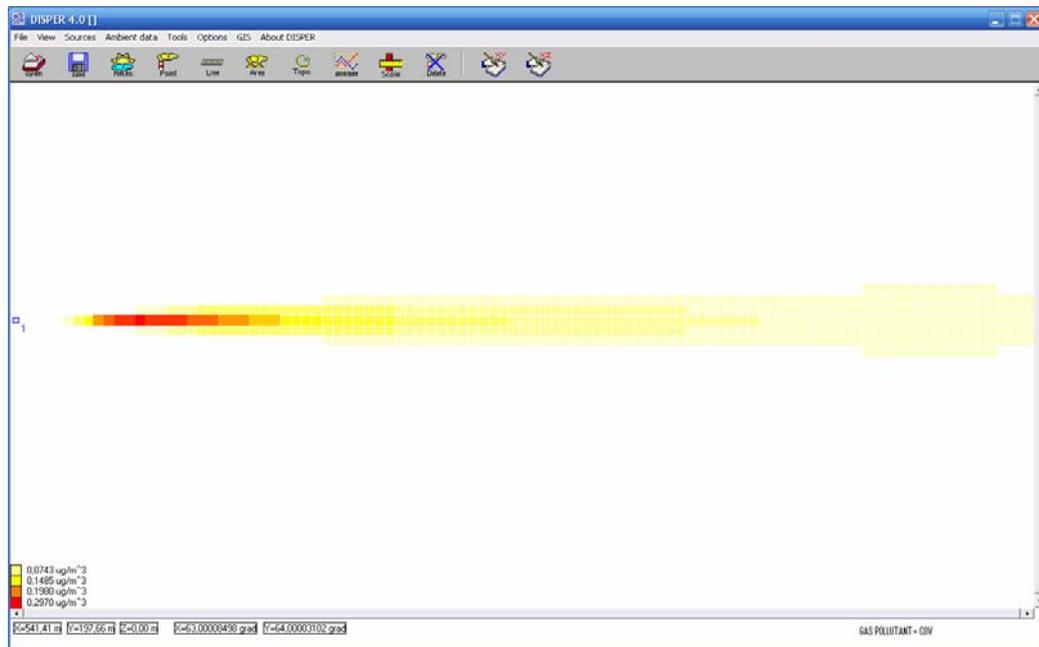


Figura 3.13. . Modelo de dispersión de la práctica nº 6, correspondiente a punto de inflamación y combustión

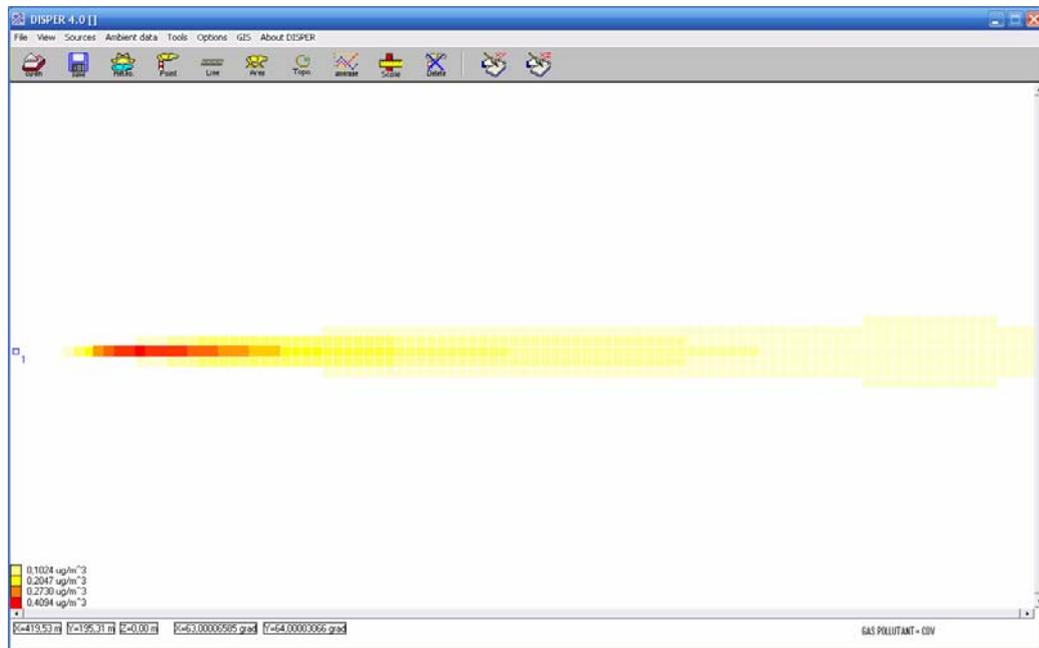


Figura 3.14. . Modelo de dispersión de la práctica nº 7, correspondiente a presión de vapor reid

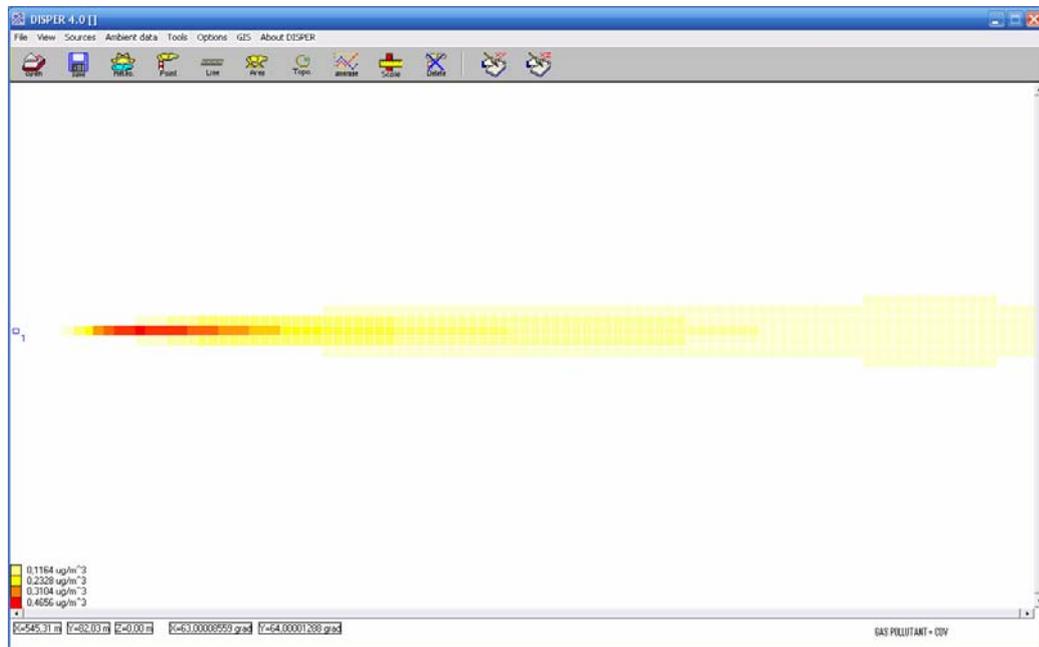


Figura 3.15. Modelo de dispersión de la práctica 8 a, correspondiente a asfaltenos parte I

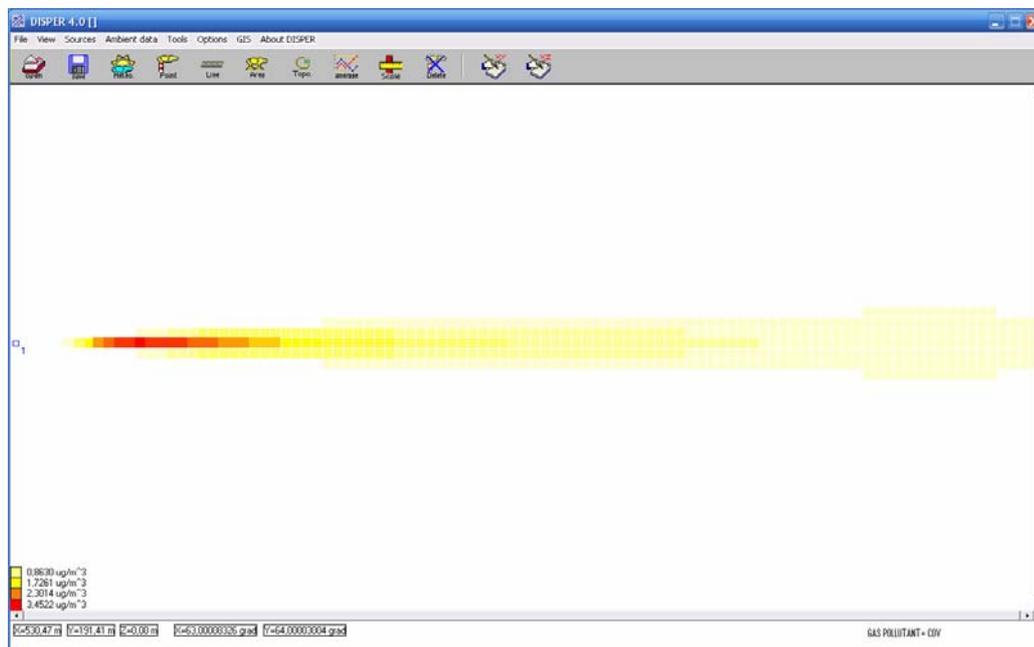


Figura 3.16. Modelo de dispersión de la práctica n° 8 b, correspondiente a asfáltenos parte II

3.5 Proponer estrategias que mejoren el manejo de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos

En las prácticas de Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos se emanan cantidades de gases tóxicos que son nocivos a la salud y al medio ambiente. De acuerdo a las mediciones realizadas con el Detector Multigas Sirius estos gases corresponden a los COV, los cuales, dependiendo de las concentraciones y el tiempo al que esté expuesto el ser humano, pueden ir desde irritación de las mucosas hasta cefaleas, falta de coordinación, colapso, coma e incluso la muerte.

Este tipo de compuestos están regulados por normas nacionales e internacionales, para medios ambientes de trabajo. En el Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos de la Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui no se han encontrado antecedentes de evaluación de estos

compuestos. Es por ello que se hace necesario determinar la cuantificación de los COV que son emitidos, con el propósito de garantizar a las personas que allí laboran un medio ambiente de trabajo y estudio dentro de los límites permitidos, para no causar daños a su salud y cumplir con lo establecido en las normativas de ambiente antes mencionadas.

De acuerdo a las Normas Covenin, los Laboratorios deben cumplir con ciertos parámetros, en cuanto a su estructura para garantizar un medio de trabajo y estudio confortable para las personas que allí se desempeñan. Estas normas establecen que el laboratorio, dependiendo de la naturaleza de sus actividades, debe ubicarse en sitios que no ofrezcan riesgos a terceras personas. Las dimensiones del mismo se deben establecer tomando en cuenta las operaciones a realizar, pero en ningún caso la altura debe ser menor de tres (3) m, medida desde el piso hasta la parte inferior del techo o cielo raso.

También establece que los mesones de trabajo deben ser de diseño simple, contruidos de material liso, no poroso, impermeable, libre de ranuras, resistentes al fuego y a los productos utilizados en el laboratorio, y ubicados de manera tal que permitan su fácil limpieza y la distancia o espacio libre de trabajo entre dos mesones debe ser como mínimo 1,20 m.

Como existe riesgo de exposición real o potencial a contaminantes inhalables se debe utilizar el equipo de protección respiratoria con las características y requisitos establecidos en las Normas Venezolanas COVENIN 1056.

El laboratorio debe tener como mínimo dos (2) salidas, ubicadas entre sí a una distancia tal que permita la evacuación oportuna del personal, éstas deben conducir a pasillos, escaleras, o fuera del edificio, y disponer de ventanillas de un material resistente que permitan la visibilidad en ambos sentidos.

Se deben considerar duchas de seguridad, lavaojos y extintores de fuego, ya que se manipulan sustancias químicas que pueden dar origen a explosiones e incendios. Es recomendable colocarlos próximos a la puerta de acceso o en el pasillo a una distancia no superior a 15 m de la fuente de riesgo

Se evaluaron diferentes opciones para el suministro de una extracción forzada de aire dentro del Laboratorio, tales como los extractores de aire y campanas extractoras y purificadoras de gases en los puntos donde se desarrollaron las prácticas.

En las prácticas: Determinación de Asfaltenos, Destilación Atmosférica y Punto de Inflamación y combustión, se debe considerar el uso de campanas de extracción localizada, ya que en estas prácticas se emite la mayor concentración de gases tóxicos (COV), como se muestra en la Figura 3.17.

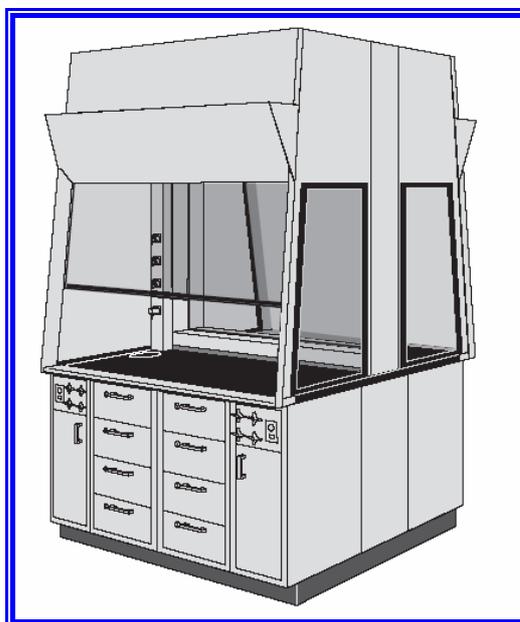


Figura 3.17 Campana de extracción localizada

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

Para las prácticas restantes, Agua y Sedimentos, Gravedad API y Densidad, Viscosidad, Punto de enturbiamiento y fluidez y Vapor Reid, se encuentran

dispersas en el laboratorio, las cuales generan menor concentración de gases tóxicos, se debe aplicar el sistema de extracción de aire forzada, como se observa en la Figura 3.18.

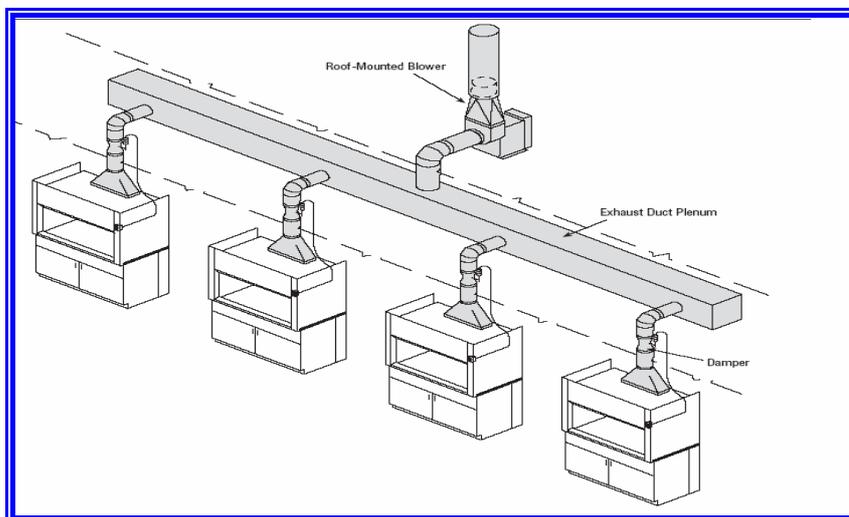


Figura 3.18 Campanas conectadas en serie a extractor de aire forzado

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

Finalmente se puede agregar que el laboratorio debe estar dotado en toda su área donde se realizan las prácticas con campanas extractoras fijas como se muestra en la Figura 3.19, de igual forma deben colocarse gabinetes purificadores de gases para el almacenamiento de sustancias químicas, como tolueno, xileno, y otros.



Figura 3.19 Diseño de campanas fijas instaladas en los mesones en laboratorio

Fuente: Laboratory Fume Hoods (20)

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Establecimiento de las bases y criterios para el análisis de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos

Partiendo desde los límites establecidos por la norma COVENIN y el Decreto 638, considerándose para espacios abiertos, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 4.1 Comparación entre las concentraciones obtenidas y las permisibles según decreto 638.

PRÁCTICA	LEB Obt. (PPM)	LEM Obt. (PPM)	LEB Obt. (Kg/d)	LEM Obt. (Kg/d)	Limites Permisibles (Kg/d)	
Agua y Sedimentos	45.9	81.3	0,00310	0,0055	6.8	
Gravedad API y Densidad	43.3	65.3	0,00290	0,0044	6.8	
Viscosidad Saybolt	30.3	47.9	0,00203	0,0032	6.8	
Viscosidad Fann	28.0	41.6	0,00190	0,0028	6.8	
Destilación	34.7	51.7	0,00230	0,0035	6.8	
Pto. Enturbiamiento y Fluidez	10.9	15.9	0,00073	0,0032	6.8	
Pto. De Inflamación y Combustión	27.4	48.2	0,00180	0,0011	6.8	
Presión de Vapor Reid	26.7	65.4	0,00170	0,0044	6.8	
Asfáltenos	Parte I	45.0	74.4	0,00301	0,005	6.8
	Parte II	45.3	553,0	0,00300	0,038	6.8

Como se puede observar los valores están por debajo de los establecidos. Es de apreciarse que las comparaciones no son las más adecuada para este caso, ya que las emisiones se realizaron en un espacio confinado con una fuente pequeña de contaminación originada por los ensayos desarrollados en el Laboratorio, en comparación con las emisiones emitidas en los procesos industriales, donde están establecidas estas normas.

Otro factor relevante es que el equipo posee unos límites establecidos por especificaciones técnicas del fabricante, (ver anexo E) adaptados para la detección de gases en espacios confinados, razón por la cual los mismos no coinciden con los establecidos por las normas, ya que en espacios confinados las concentraciones de contaminantes se almacenan con facilidad y por ende los límites máximos permisibles deben ser ajustados para garantizar de esta manera que el ambiente de trabajo sea seguro tanto para el personal que se desempeña en el Laboratorio como para el medio ambiente que lo rodea.

4.2 Identificación a través del equipo Detector Multigas Sirius de los distintos gases tóxicos emanados durante las prácticas del Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos

En los diferentes ensayos, los resultados arrojados por el uso del equipo Multigas Sirius variaron con respecto al tiempo de acuerdo a los diferentes procesos y sustancias empleados en cada una de ellas.

En el ensayo de agua y sedimento se esperaban valores elevados de gases tóxicos, ya que la muestra representativa de crudo fue sometida a un baño de circulación a temperatura de 120 °F por espacio de diez minutos en tres intervalos diferentes (según la norma ASTM D96), en el cual se generaron vapores; adicional a ello en este ensayo se usó como solvente el Tolueno que es un compuesto orgánico altamente volátil y tóxico, mejor conocido como uno de los BTEX, arrojando un máximo valor de concentración de 81,3 ppm (los valores de

emisiones con respecto al tiempo para esta práctica están reflejados en la tabla 4.1). Una vez iniciado el ensayo se observó que en los primeros diez minutos comenzó el incremento progresivo de los COV, hasta aproximadamente 30 minutos y luego se mantuvo relativamente constante hasta alcanzar los 50 minutos y fue entre este tiempo y los 60 minutos, donde se observó la mayor emisión de los COV, a partir de entonces y hasta finalizar la prueba, las emisiones se mantuvieron constantes, con valores entre 60 y 70 ppm. Esto se puede apreciar en la Figura 4.1.

Tabla 4.2 Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 1 correspondiente a determinación de agua y sedimentos

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA % DE AYS.					
TIEMPO	CO	H₂S	COV	O₂	LEL
3	0	0	20.8	20.8	0
6	0	0	31.0	20.8	0
9	0	0	36.2	20.8	0
12	0	0	40.1	20.8	0
15	0	0	45.9	20.8	0
18	0	0	48.5	20.8	0
21	0	0	53.2	20.8	0
24	0	0	58.6	20.8	0
27	0	0	60.9	20.8	0
30	0	0	65.4	20.8	0
33	0	0	62.6	20.8	0
36	0	0	62.0	20.8	0
39	0	0	66.3	20.8	0
42	0	0	64.2	20.8	0
45	0	0	63.7	20.8	0
48	0	0	67.0	20.8	0
51	0	0	81.3	20.8	0
54	0	0	73.5	20.8	0
57	0	0	75.4	20.8	0
60	0	0	73.0	20.8	0
63	0	0	74.1	20.8	0
66	0	0	71.8	20.8	0
69	0	0	71.0	20.8	0
72	0	0	69.7	20.8	0
75	0	0	72.7	20.8	0

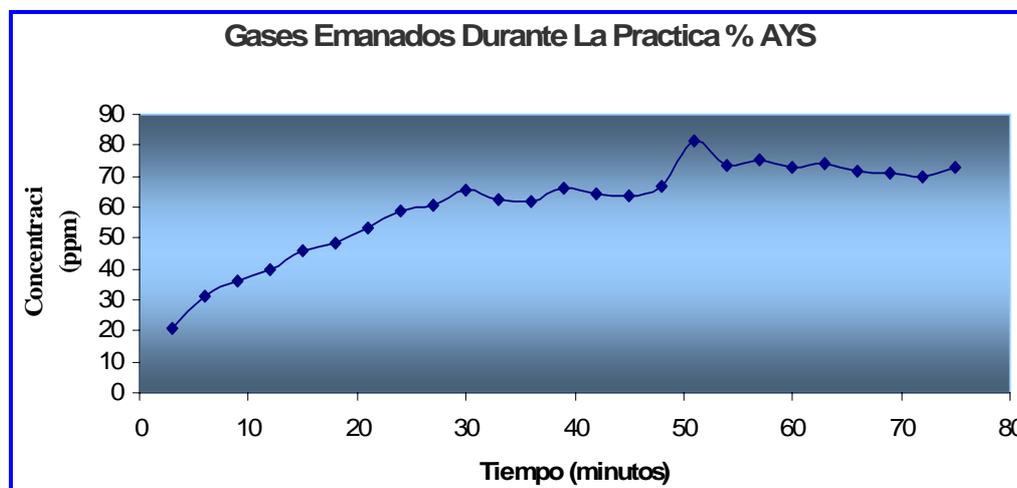


Figura 4.1. Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de agua y sedimentos

Otro de los ensayos que se esperaba arrojara concentraciones de gases tóxicos elevado fue el de destilación (según la norma ASTM D86-67/IP 123), ya que en esta práctica se lleva a cabo el principio físico de evaporación, el cual a través de un aumento de temperatura se fracciona la muestra de crudo en sus diversos componentes, dando lugar a la emisión de los COV contenidos en la muestra; seguidamente a la evaporación, se genera el principio de condensación a bajas temperaturas para obtener los primeros cortes de la muestra de crudo en forma líquida, que son evaluados cada 5 ml para su caracterización. En la figura 4.2 se observa que las emisiones de COV comienzan a incrementarse desde el inicio de la prueba hasta aproximadamente los 20 minutos donde alcanzó su máximo valor en 51,2 ppm y luego de ello se mantuvo prácticamente constante entre los 45 y 51 ppm hasta el final de la prueba que fue a los 354 minutos. Los valores correspondientes a las emisiones de COV con respecto al tiempo están reflejados en la tabla 4.2.

Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica.

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE DESTILACION.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
3	0	0	12,3	20,8	0
6	0	0	17,1	20,8	0
9	0	0	23,1	20,8	0
12	0	0	28,7	20,8	0
15	0	0	34,7	20,8	0
18	0	0	40,9	20,8	0
21	0	0	46,4	20,8	0
24	0	0	51,2	20,8	0
27	0	0	49,7	20,8	0
30	0	0	50,0	20,8	0
33	0	0	49,5	20,8	0
36	0	0	49,1	20,8	0
39	0	0	49,4	20,8	0
42	0	0	49,2	20,8	0
45	0	0	49,3	20,8	0
48	0	0	48,9	20,8	0
51	0	0	49,0	20,8	0
54	0	0	48,5	20,8	0
57	0	0	48,3	20,8	0
60	0	0	48,4	20,8	0
63	0	0	48,7	20,8	0
66	0	0	48,6	20,8	0
69	0	0	48,8	20,8	0
72	0	0	49,2	20,8	0
75	0	0	49,0	20,8	0
78	0	0	49,1	20,8	0
81	0	0	48,8	20,8	0

Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE DESTILACION					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂(PPM)	LEL (%)
84	0	0	48,9	20,8	0
87	0	0	49,0	20,8	0
90	0	0	49,1	20,8	0
93	0	0	48,8	20,8	0
96	0	0	48,9	20,8	0
99	0	0	48,9	20,8	0
102	0	0	49,1	20,8	0
105	0	0	48,9	20,8	0
108	0	0	49,1	20,8	0
111	0	0	49,3	20,8	0
114	0	0	49,0	20,8	0
117	0	0	49,3	20,8	0
120	0	0	49,2	20,8	0
123	0	0	49,1	20,8	0
126	0	0	48,7	20,8	0
129	0	0	48,9	20,8	0
132	0	0	48,8	20,8	0
135	0	0	49,2	20,8	0
138	0	0	48,8	20,8	0
141	0	0	48,8	20,8	0
144	0	0	48,9	20,8	0
147	0	0	49,1	20,8	0
150	0	0	48,9	20,8	0
153	0	0	48,6	20,8	0
156	0	0	48,3	20,8	0
159	0	0	48,5	20,8	0

Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE DESTILACION					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂(PPM)	LEL (%)
162	0	0	48,4	20,8	0
165	0	0	48,4	20,8	0
168	0	0	48,6	20,8	0
171	0	0	48,2	20,8	0
174	0	0	48,1	20,8	0
177	0	0	48,2	20,8	0
180	0	0	48,3	20,8	0
183	0	0	48,1	20,8	0
186	0	0	48,2	20,8	0
189	0	0	48,0	20,8	0
192	0	0	47,9	20,8	0
195	0	0	47,6	20,8	0
198	0	0	47,3	20,8	0
201	0	0	47,0	20,8	0
204	0	0	47,4	20,8	0
207	0	0	47,6	20,8	0
210	0	0	47,3	20,8	0
213	0	0	47,4	20,8	0
216	0	0	47,6	20,8	0
219	0	0	47,5	20,8	0
222	0	0	48,3	20,8	0
225	0	0	47,6	20,8	0
228	0	0	47,8	20,8	0
231	0	0	48,0	20,8	0
234	0	0	47,4	20,8	0

Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE DESTILACION.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
237	0	0	47,3	20,8	0
240	0	0	47,6	20,8	0
243	0	0	47,7	20,8	0
246	0	0	47,4	20,8	0
249	0	0	47,9	20,8	0
252	0	0	47,7	20,8	0
255	0	0	47,9	20,8	0
258	0	0	47,8	20,8	0
261	0	0	47,7	20,8	0
264	0	0	48,0	20,8	0
267	0	0	47,9	20,8	0
270	0	0	48,3	20,8	0
273	0	0	48,4	20,8	0
276	0	0	48,5	20,8	0
279	0	0	48,0	20,8	0
282	0	0	48,2	20,8	0
285	0	0	48,4	20,8	0
288	0	0	49,1	20,8	0
291	0	0	49,5	20,8	0
294	0	0	50,1	20,8	0
297	0	0	49,9	20,8	0
300	0	0	49,2	20,8	0
303	0	0	49,4	20,8	0
306	0	0	50,0	20,8	0

Tabla 4.3. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 4 correspondiente a destilación atmosférica (continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE DESTILACION.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
309	0	0	50,1	20,8	0
312	0	0	51,2	20,8	0
315	0	0	49,5	20,8	0
318	0	0	50,3	20,8	0
321	0	0	49,9	20,8	0
324	0	0	50,8	20,8	0
327	0	0	50,9	20,8	0
330	0	0	51,0	20,8	0
333	0	0	51,2	20,8	0
336	0	0	51,6	20,8	0
339	0	0	50,8	20,8	0
342	0	0	50,9	20,8	0
345	0	0	50,1	20,8	0
348	0	0	51,5	20,8	0
351	0	0	50,4	20,8	0
354	0	0	51,7	20,8	0

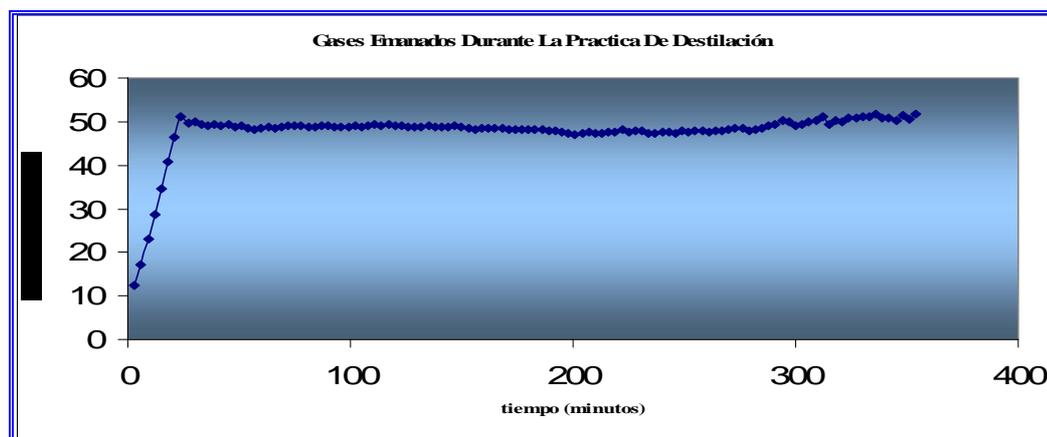


Figura 4.2 Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de destilación.

La práctica donde se registró la mayor concentración de COV fue la correspondiente a Asfaltenos con 553 ppm a los 207 minutos de prueba, esto debido a la utilización de componentes altamente volátiles como el xileno y heptano, y aunado a ello, los procesos de evaporación y reflujo a que fue sometida la muestra de crudo, a diferencia de la primera parte de ésta misma práctica que arrojó un valor máximo de concentración de 74,4 ppm a los 117 minutos de prueba, debido a que en esta parte no se utilizó xileno. En esta práctica en su totalidad se presentaron diversas fluctuaciones con respecto a la concentración de los COV, debido a los diversos procesos que componen este ensayo. Este comportamiento puede observarse en la figura 4.3 y 4.4.

Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfaltenos parte I.

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS I.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
3	0	0	16,6	20,8	0
6	0	0	22,8	20,8	0
9	0	0	29,1	20,8	0
12	0	0	38,3	20,8	0
15	0	0	45,0	20,8	0
18	0	0	52,3	20,8	0
21	0	0	55,6	20,8	0
24	0	0	57,6	20,8	0
27	0	0	58,4	20,8	0
30	0	0	59,8	20,8	0
33	0	0	60,2	20,8	0
36	0	0	66,0	20,8	0
39	0	0	60,0	20,8	0
42	0	0	62,9	20,8	0
45	0	0	61,8	20,8	0
48	0	0	61,4	20,8	0
51	0	0	61,7	20,8	0

Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS I.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
54	0	0	62,9	20,8	0
57	0	0	66,6	20,8	0
60	0	0	63,0	20,8	0
63	0	0	63,4	20,8	0
66	0	0	66,6	20,8	0
69	0	0	65,2	20,8	0
72	0	0	65,8	20,8	0
75	0	0	65,0	20,8	0
78	0	0	66,3	20,8	0
81	0	0	66,5	20,8	0
84	0	0	68,2	20,8	0
87	0	0	66,8	20,8	0
90	0	0	67,2	20,8	0
93	0	0	68,1	20,8	0
96	0	0	68,8	20,8	0
99	0	0	68,6	20,8	0
102	0	0	70,7	20,8	0
105	0	0	72,9	20,8	0
108	0	0	72,8	20,8	0
111	0	0	73,9	20,8	0
114	0	0	74,2	20,8	0
117	0	0	74,4	20,8	0

Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS I.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
120	0	0	74,0	20,8	0
123	0	0	73,6	20,8	0
126	0	0	73,2	20,8	0
129	0	0	72,6	20,8	0
132	0	0	72,2	20,8	0
135	0	0	71,1	20,8	0
138	0	0	70,7	20,8	0
141	0	0	70,3	20,8	0
144	0	0	69,6	20,8	0
147	0	0	70,1	20,8	0
150	0	0	68,7	20,8	0
153	0	0	68,0	20,8	0
156	0	0	67,1	20,8	0
159	0	0	66,3	20,8	0
162	0	0	65,9	20,8	0
165	0	0	65,7	20,8	0
168	0	0	65,4	20,8	0
171	0	0	64,9	20,8	0
174	0	0	64,7	20,8	0
177	0	0	64,4	20,8	0
180	0	0	64,1	20,8	0
183	0	0	64,1	20,8	0

Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS I.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
186	0	0	63,8	20,8	0
189	0	0	63,0	20,8	0
192	0	0	62,9	20,8	0
195	0	0	62,6	20,8	0
198	0	0	62,6	20,8	0
201	0	0	62,6	20,8	0
204	0	0	62,3	20,8	0
207	0	0	62,5	20,8	0
210	0	0	61,9	20,8	0
213	0	0	62,4	20,8	0
216	0	0	62,1	20,8	0
219	0	0	61,9	20,8	0
222	0	0	62,4	20,8	0
225	0	0	61,7	20,8	0
228	0	0	61,4	20,8	0
231	0	0	61,9	20,8	0
234	0	0	61,6	20,8	0
237	0	0	62,0	20,8	0
240	0	0	62,2	20,8	0
243	0	0	62,0	20,8	0
246	0	0	61,7	20,8	0
249	0	0	61,8	20,8	0

Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS I.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
252	0	0	61,6	20,8	0
255	0	0	62,0	20,8	0
258	0	0	61,7	20,8	0
261	0	0	61,2	20,8	0
264	0	0	61,6	20,8	0
267	0	0	61,4	20,8	0
270	0	0	61,4	20,8	0
273	0	0	61,8	20,8	0
276	0	0	61,7	20,8	0
279	0	0	61,5	20,8	0
282	0	0	61,8	20,8	0
285	0	0	61,7	20,8	0
288	0	0	61,5	20,8	0
291	0	0	61,9	20,8	0
294	0	0	61,7	20,8	0
297	0	0	61,6	20,8	0
300	0	0	61,5	20,8	0
303	0	0	61,3	20,8	0
306	0	0	61,2	20,8	0
309	0	0	61,0	20,8	0
312	0	0	61,3	20,8	0
315	0	0	61,4	20,8	0

Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS I.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
318	0	0	61,1	20,8	0
321	0	0	60,9	20,8	0
324	0	0	60,5	20,8	0
327	0	0	60,4	20,8	0
330	0	0	60,3	20,8	0
333	0	0	60,6	20,8	0
336	0	0	60,5	20,8	0
339	0	0	60,5	20,8	0
342	0	0	60,5	20,8	0
345	0	0	60,1	20,8	0
348	0	0	60,2	20,8	0
351	0	0	60,4	20,8	0
354	0	0	60,2	20,8	0
357	0	0	61,8	20,8	0
360	0	0	61,6	20,8	0
363	0	0	62,0	20,8	0
366	0	0	61,7	20,8	0
369	0	0	61,2	20,8	0
372	0	0	61,6	20,8	0
375	0	0	61,4	20,8	0
378	0	0	61,4	20,8	0
381	0	0	61,8	20,8	0

Tabla 4.4. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte I (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS I.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
384	0	0	61,7	20,8	0
387	0	0	61,5	20,8	0
390	0	0	61,8	20,8	0
393	0	0	61,7	20,8	0
396	0	0	61,5	20,8	0
399	0	0	61,9	20,8	0
402	0	0	61,7	20,8	0
405	0	0	61,6	20,8	0
408	0	0	61,5	20,8	0

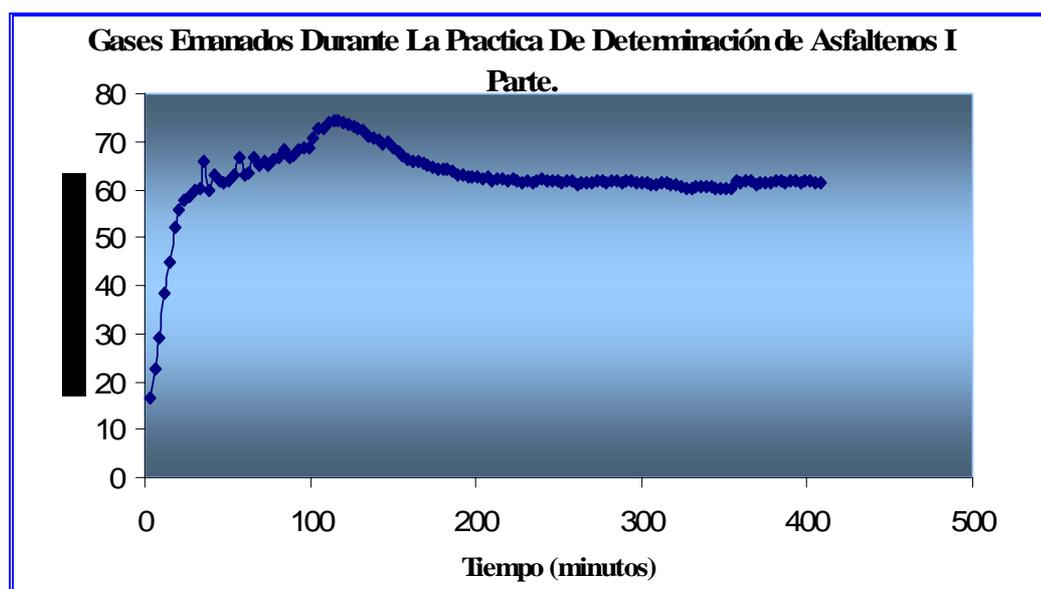


Figura 4.3 Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de asfáltenos I.

Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte II.

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS II PARTE.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂ (PPM)	LEL (%)
3	0	0	10,1	20,8	0
6	0	0	23,4	20,8	0
9	0	0	29,8	20,8	0
12	0	0	37,4	20,8	0
15	0	0	45,3	20,8	0
18	0	0	51,0	20,8	0
21	0	0	55,5	20,8	0
24	0	0	56,1	20,8	0
27	0	0	57,2	20,8	0
30	0	0	56,1	20,8	0
33	0	0	56,6	20,8	0
36	0	0	57,9	20,8	0
39	0	0	56,2	20,8	0
42	0	0	56,4	20,8	0
45	0	0	56,0	20,8	0
48	0	0	57,0	20,8	0
51	0	0	56,9	20,8	0
54	0	0	56,8	20,8	0
57	0	0	57,0	20,8	0
60	0	0	56,8	20,8	0
63	0	0	67,4	20,8	0
66	0	0	60,0	20,8	0

Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte II (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS II PARTE.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂(PPM)	LEL (%)
69	0	0	59,5	20,8	0
72	0	0	60,5	20,8	0
75	0	0	59,0	20,8	0
78	0	0	59,3	20,8	0
81	0	0	60,0	20,8	0
84	0	0	59,5	20,8	0
87	0	0	59,9	20,8	0
90	0	0	60,0	20,8	0
93	0	0	60,0	20,8	0
96	0	0	58,7	20,8	0
99	0	0	58,5	20,8	0
102	0	0	59,3	20,8	0
105	0	0	58,6	20,8	0
108	0	0	58,9	20,8	0
111	0	0	58,7	20,8	0
114	0	0	60,1	20,8	0
117	0	0	59,9	20,8	0
120	0	0	59,7	20,8	0
123	0	0	58,8	20,8	0
126	0	0	59,1	20,8	0
129	0	0	59,0	20,8	0
132	0	0	60,0	20,8	0

Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte II (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS II PARTE.					
TIEMPO (MIN)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂(PPM)	LEL (%)
135	0	0	60,1	20,8	0
138	0	0	58,8	20,8	0
141	0	0	59,7	20,8	0
144	0	0	58,7	20,8	0
147	0	0	59,2	20,8	0
150	0	0	59,4	20,8	0
153	0	0	58,8	20,8	0
156	0	0	59,2	20,8	0
159	0	0	59,5	20,8	0
162	0	0	60,2	20,8	0
165	0	0	59,2	20,8	0
168	0	0	59,4	20,8	0
171	0	0	59,7	20,8	0
174	0	0	106,4	20,8	0
177	0	0	95,0	20,8	0
180	0	0	102,3	20,8	0
183	0	0	79,4	20,8	0
186	0	0	76,5	20,8	0
189	0	0	140,0	20,8	0
192	0	0	80,4	20,8	0
195	0	0	256,3	20,8	0
198	0	0	121,4	20,8	0

Tabla 4.5. Concentraciones registradas con respecto al tiempo para la práctica n° 8 correspondiente a asfáltenos parte II (Continuación).

GASES EMANADOS DURANTE LA PRÁCTICA DE ASFALTENOS II PARTE.					
TIEMPO (MINUTOS)	CO (PPM)	H₂S (PPM)	COV (PPM)	O₂(PPM)	LEL (%)
201	0	0	129,3	20,8	0
204	0	0	131,6	20,8	0
207	0	0	553,0	20,8	0
210	0	0	406,3	20,8	0
213	0	0	314,0	20,8	0
216	0	0	232,0	20,8	0
219	0	0	246,0	20,8	0
222	0	0	295,0	20,8	0
225	0	0	323,0	20,8	0
228	0	0	361,0	20,8	0
231	0	0	283,0	20,8	0
234	0	0	311,0	20,8	0
237	0	0	194,3	20,8	0
240	0	0	168,9	20,8	0
243	0	0	154,1	20,8	0
246	0	0	149,8	20,8	0

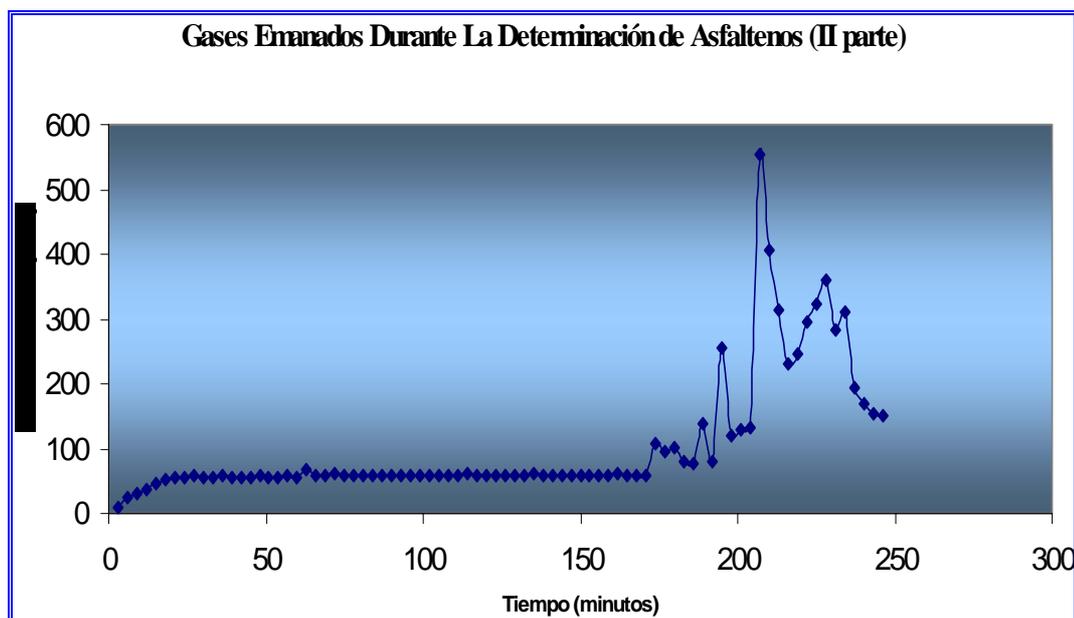


Figura 4.4 Comportamiento de las concentraciones emitidas durante el desarrollo de la práctica de asfaltenos II.

4.3 Comparación de las concentraciones máximas permisibles de gases tóxicos en el organismo establecidas por las normativas de ambiente con las obtenidas en el laboratorio

Las normas que regulan las emisiones de gases contaminantes al ambiente establecen ciertos límites máximos permisibles para tal acción, que fueron nuestras bases principales para conocer si las concentraciones de COV obtenidas durante el desarrollo de las prácticas de Laboratorio de Procesamiento están dentro del rango permisible o no.

De acuerdo al Decreto 638 las emisiones de COV máximas son de 6,8 kg/día o 1,3 kg/horas y las concentraciones obtenidas en todas las prácticas están por debajo de estos valores y se pueden observar en la tabla 4.5. Sin embargo hay que tener en cuenta que esta normativa regula las emisiones al ambiente y no las emisiones máximas que puede tolerar el ser humano en un espacio confinado, por que de ser así el valor permisible tendría que ser mucho menor, pues se han puesto

de manifiesto en algunas personas que han estado expuestas a estas emisiones, los síntomas característicos de estos compuestos en el organismo, tales como mareos, vómitos, dolores de cabeza, entre otros. Por todo lo antes mencionado los valores de COV obtenidos en el desarrollo de las prácticas no son comparables con los establecidos por el Decreto 638.

Tabla 4.6. Comparación de los límites establecidos por el decreto 638 y las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas expresadas en kg. /día.

PRÁCTICA		Concentración de COV (kg/día)
Agua y Sedimentos		0,0055
Gravedad API y Densidad		0,0044
Viscosidad Saybolt		0,0032
Viscosidad Fann		0,0028
Destilación		0,0035
Pto. Enturbiamiento y Fluidez		0,0032
Pto. De Inflamación y Combustión		0,0011
Presión de Vapor Reid		0,0044
Asfáltenos	Parte I	0,005
	Parte II	0,038

Por otra parte la Norma Covenin 2253:2001 establece límites máximos permisibles para cada compuesto orgánico volátil por separado y no en general, como se obtuvo en las prácticas, con valores para el butano y propano de 1389 y 800 ppm respectivamente, para el metano el etano no establece límites máximos por considerarlos como gases o vapores que aún estando presentes en el aire en altas concentraciones actúan principalmente como simples asfixiantes, sin

provocar otros efectos fisiológicos importantes. Por ello para poder realizar una comparación entre los valores obtenidos y los establecidos por esta ley se considero promediar entre los componentes orgánicos de C1, C2, C3 y C4, obteniendo una media a partes iguales que se consideró el límite máximo permisible de COV con un valor de 547 ppm y de esta forma poder realizar las comparaciones. Se obtuvo que en todas las prácticas con excepción de la segunda parte de asfaltenos los valores eran inferiores como se puede observar en la tabla 4.6. Mientras que en la segunda parte de asfaltenos el valor obtenido que fue 553 ppm era mayor que el promedio con 547 ppm, esto se debe a que en esta parte se trabajó con xileno, el cual es un BTEX caracterizado por su alta volatilidad y su alto nivel de toxicidad. Sin embargo este valor límite promedio de 547 ppm debe considerar las emanaciones de los solventes aromáticos, debido a que no se sabe con certeza cuales son los componentes orgánicos volátiles que están siendo emanados durante las prácticas.

Tabla 4.7. Comparación de las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas y el valor promedio como base de la norma covenin 2253:2001.

PRÁCTICAS		LEB Obt. (ppm)	LEM Obt. (ppm)	VPMP (ppm)
Agua y Sedimentos		45.9	81.3	547
Gravedad API y Densidad		43.3	65.3	547
Viscosidad Saybolt		30.3	47.9	547
Viscosidad Fann		28.0	41.6	547
Destilación		34.7	51.7	547
Pto. Enturbiamiento y Fluidez		10.9	15.9	547
Pto. De Inflamación y Combustión		27.4	48.2	547
Presión de Vapor Reid		26.7	65.4	547
Asfaltenos	Parte I	45.0	74.4	547
	Parte II	45.3	553,0	547

Donde:

- **LEB Obt.:** Es el límite de exposición breve (correspondiente a 15 minutos), obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón
- **LEM Obt:** Es el límite de exposición máximo obtenido en el desarrollo de las prácticas, expresado en partes por millón.
- **VPMP:** Valor Promedio Máximo Permisible, calculado según los valores establecidos por la Norma COVENIN 2253:2001, expresado en partes por millón.

La otra comparación que se realizó fue con respecto a los valores establecidos por el Detector Multigas Sirius. A pesar de que estos valores están establecidos por el fabricante, se consideran más adecuados, ya que este equipo está calibrado para ser utilizado en espacios confinados, donde el riesgo de sufrir algún daño por gases tóxicos es mayor, por cuanto los límites máximos son más estrictos, estableciendo que el límite de exposición breve (medido a los 15 minutos) no debe ser mayor de 25 ppm y el límite máximo permisible es de 100 ppm. De acuerdo a estos valores, la segunda parte de la práctica de asfaltenos está por encima del límite máximo con 553 ppm, las otras prácticas cuyos valores están cerca del máximo corresponde a las prácticas de agua y sedimentos con 81,3 ppm y la primera parte de la práctica asfaltenos con 74,4 ppm. Sin embargo todas las prácticas con excepción de la determinación de punto de enturbiamiento y fluidez que registró 10,9 ppm, superan el límite de exposición breve que es de 25 ppm, el cual se toma en referencia a los quince minutos. Los valores referenciales, se pueden observar en la tabla 4.8 y se muestra a continuación:

Tabla 4.8. Comparación de los límites establecidos por el detector sirius y las concentraciones obtenidas en el desarrollo de las prácticas.

PRÁCTICA	LEB Obt. (ppm)	LEM Obt. (ppm)	LEB Permisible (ppm)	LEM Permisible (ppm)	
Agua y Sedimentos	45.9	81.3	25	100	
Gravedad API y Densidad	43.3	65.3	25	100	
Viscosidad Saybolt	30.3	47.9	25	100	
Viscosidad Fann	28.0	41.6	25	100	
Destilación	34.7	51.7	25	100	
Pto. Enturbiamiento y Fluidez	10.9	15.9	25	100	
Pto. De Inflamación y Combustión	27.4	48.2	25	100	
Presión de Vapor Reid	26.7	65.4	25	100	
Asfáltenos	Parte I	45.0	74.4	25	100
	Parte II	45.3	553,0	25	100

4.4 Modelado del comportamiento de los gases encontrados en el laboratorio con el software disper 4.0

Una vez obtenidas las concentraciones de los gases tóxicos emitidos de las diferentes prácticas, estos valores se introdujeron en el simulador Disper 4.0 para conocer su dispersión y como era el comportamiento de la concentración con respecto a la distancia, distancia que se tomo dentro del perímetro del

departamento en donde se demostró sus emisiones, obteniéndose del mismo una concentración máxima correspondiente al punto de emisión y de igual forma una mínima para la máxima distancia que alcanzan los gases emanados en cada ensayo como se observa en la tabla 4.9.

Partiendo de la información arrojada por el simulador, se evaluaron las concentraciones de los COV en diferentes distancias en puntos estratégicos en el edificio de la Escuela de Petróleo como: la salida posterior, la salida lateral, el área administrativa o Jefatura y la salida delantera, ubicadas a 18, 28, 30 y 38 metros respectivamente del punto de emisión (Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos); esto se hace debido a que en estas áreas se realizan actividades constantemente por parte de los estudiantes, personal docente, administrativo y obrero, percibiéndose el impacto de los COV, considerando de igual forma al medio ambiente.

Las prácticas que alcanzaron un área mayor de dispersión son las correspondientes a agua y sedimentos y determinación de asfaltenos, como se puede observar en las figuras 3.7, 3.15 y 3.16 por arrojar las concentraciones más elevadas y seguido a estas por su procedimiento experimental están destilación atmosférica y punto de inflamación y combustión que se observan en las figuras 3.11 y 3.13 ya que las mismas dependen de una fuente de calentamiento para su realización. Sin embargo las figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.12 y 3.14 arrojaron una menor dispersión. Apareciendo en la totalidad de todas las simulaciones obtenidas, se distinguen una coloración roja indicando que se está en zona de riesgo y otra zona de color amarillo y en una trayectoria con degradación de su color a amarillo más claro que nos indica poder estar en dicha zona, con tiempo mínimo de exposición y se percibió un alcance de dispersión fuera del perímetro del Laboratorio por no contar con los dispositivos establecidos por las normas para controlar estas situaciones, tales como: extractores de aire forzado y campanas extractoras- purificadoras en los puntos más críticos.

El comportamiento de dispersión de los COV respecto a la distancia se muestra en las figuras 4.5 a 4.14.

Tabla 4.9. Distribución de las concentraciones con respecto a la distancia

Práctica	Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Concentraciones Respecto A Las Distancias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				Distancia (m)		
	Máx.	Mín.	18	28	30	38	Máx.	Mín.	
Agua y Sedimento	0,5138	0,21285	0,4305	0,4464	0,4415	0,4223	125	0	
°API y Densidad	0,4094	0,1024	0,3634	0,3378	0,3327	0,3122	120	0	
V. Saybolt Furol	0,2970	0,0743	0,2636	0,2451	0,2413	0,2265	120	0	
V. Fann	0,2569	0,0642	0,2280	0,2120	0,2087	0,1959	120	0	
Destilación	0,3292	0,0823	0,2945	0,2752	0,2713	0,2560	128	0	
Pto. de Enturbiamiento y Fluidez	0,1044	0,0261	0,0927	0,0861	0,0848	0,0796	120	0	
Pto de Inflamación y Combustión	0,2970	0,0743	0,2661	0,2490	0,2456	0,2319	130	0	
Presión de Vapor Reid	0,4094	0,1024	0,3634	0,3378	0,3327	0,3122	120	0	
Asfaltenos	Parte I	0,4656	0,1164	0,4179	0,3915	0,3862	0,3651	132	0
	Parte II	3,4522	0,8630	3,1069	2,9152	2,8768	2,7234	135	0

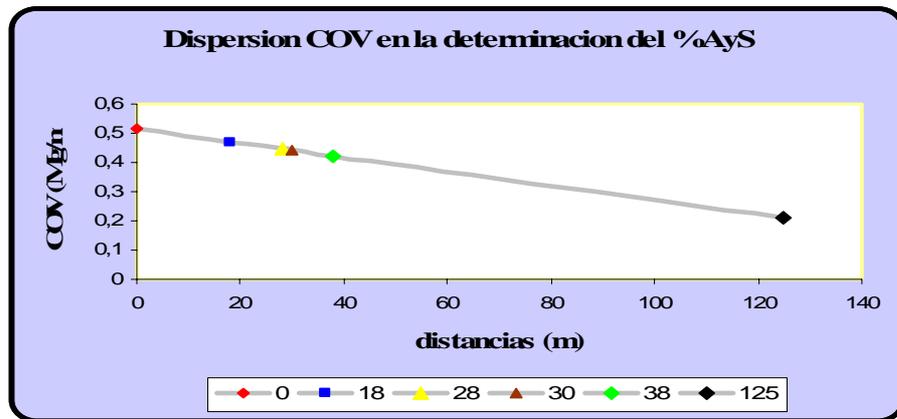


Figura 4.5. Concentraciones vs. distancias para la práctica de agua y sedimentos

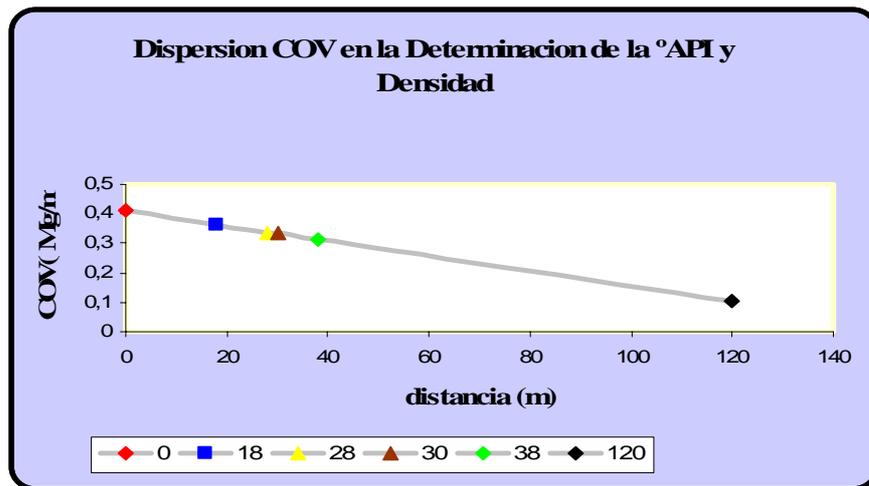


Figura 4.6. Concentraciones vs. distancias para la práctica °API y densidad

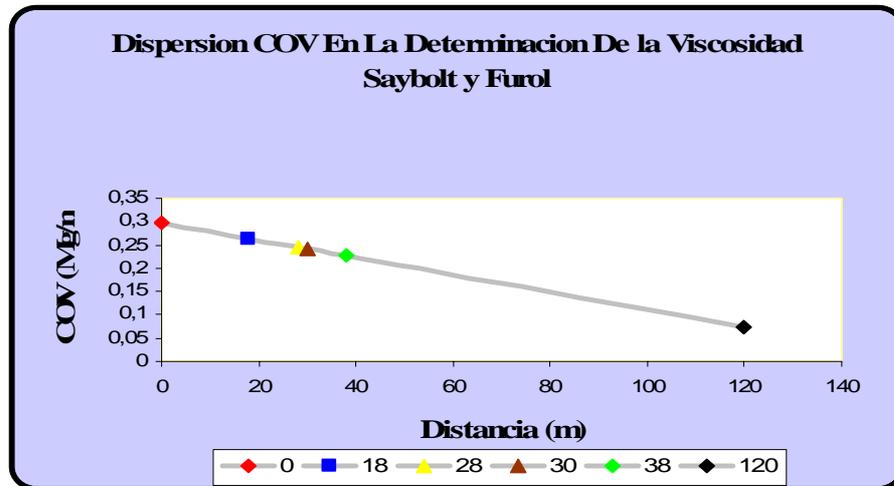


Figura 4.7 Concentraciones vs. distancias para la práctica viscosidad saybolt furol

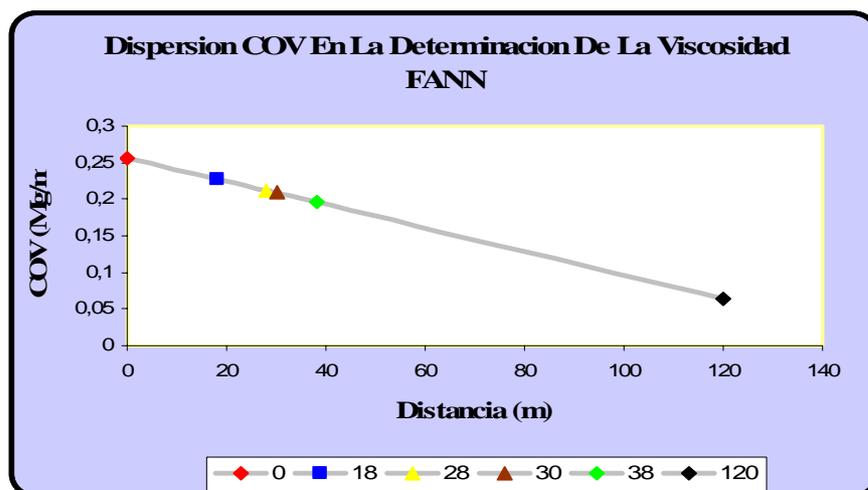


Figura 4.8. Concentraciones vs. distancias para la práctica viscosidad fann

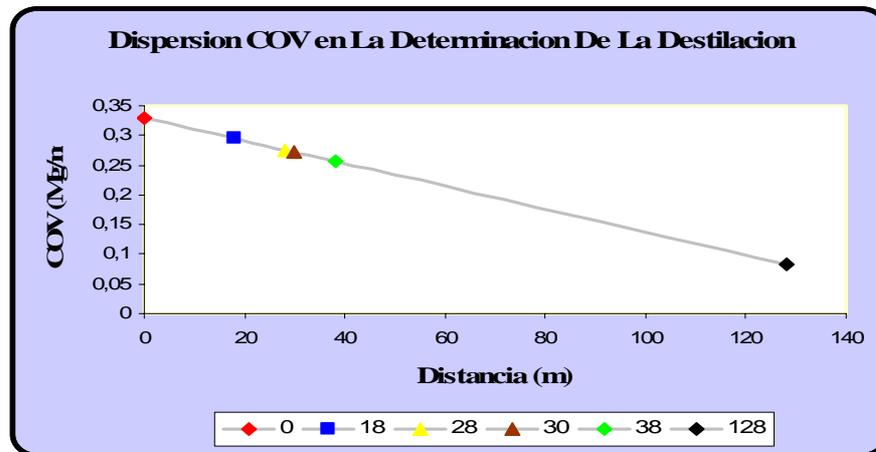


Figura 4.9. Concentraciones vs. distancias para la práctica destilación atmosférica

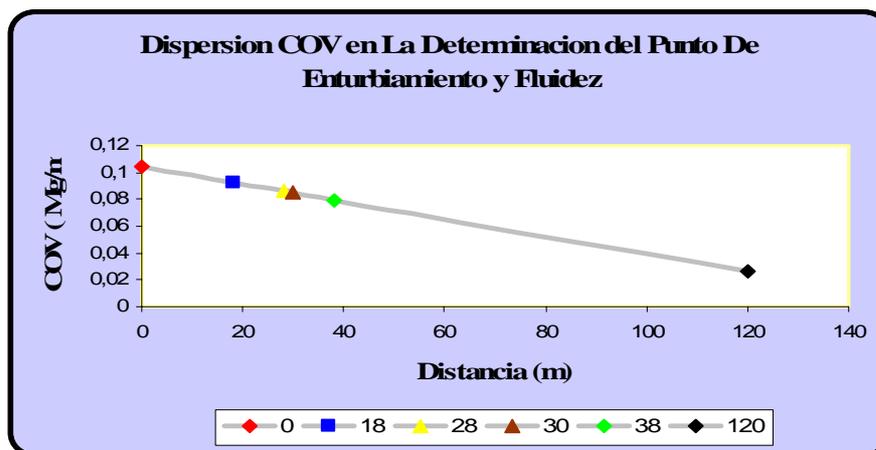


Figura 4.10. Concentraciones vs. distancias para la práctica punto de enturbiamiento y fluidez

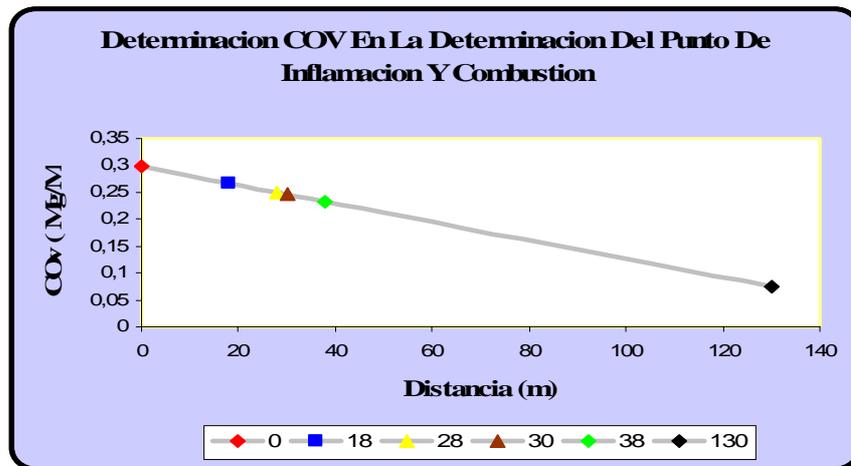


Figura 4.11. Concentraciones vs. distancias para la práctica punto de inflamación y combustión.

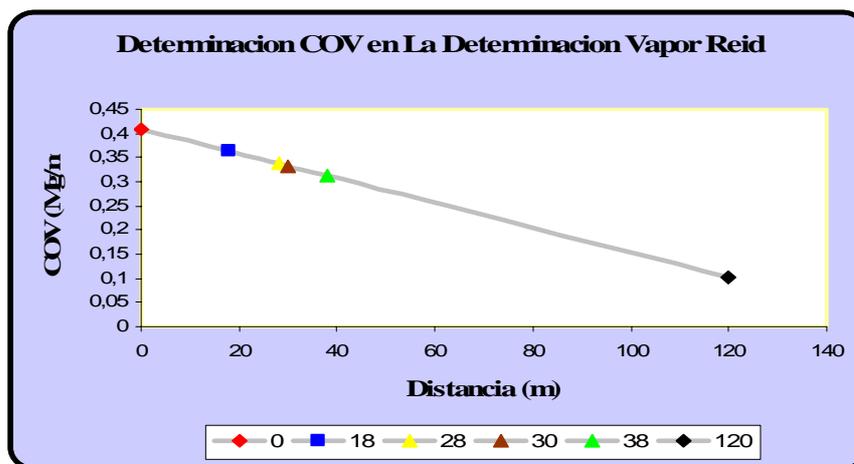


Figura 4.12. Concentraciones vs. distancias para la práctica presión de vapor reid

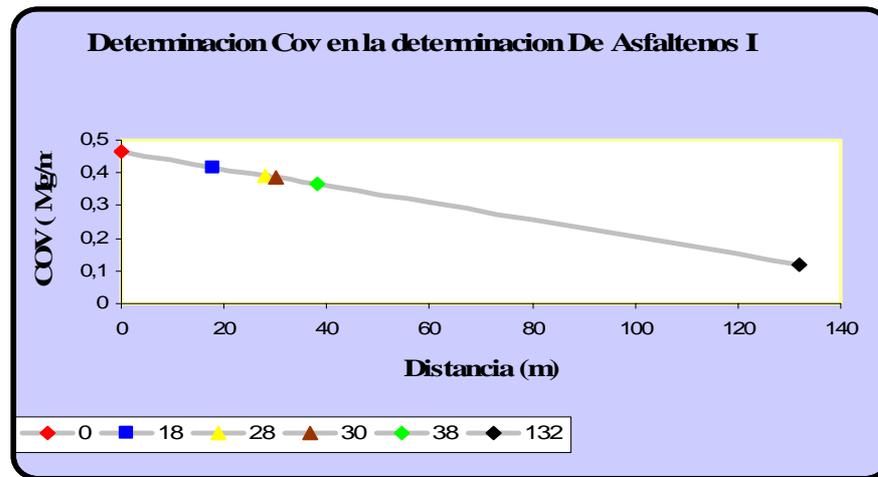


Figura 4.13. Concentraciones vs. distancias para la práctica determinación de asfaltenos parte I.

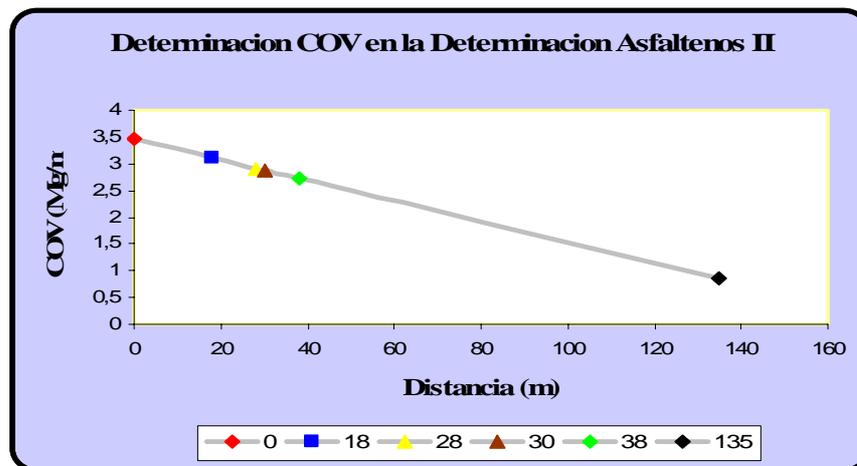


Figura 4.14. Concentraciones vs. distancias para la práctica determinación de asfaltenos parte II.

El comportamiento de estas dispersiones está dado gráficamente, con una recta en forma inclinada descendente con respecto a las distancias, a medida que se aleja del laboratorio la concentración se hace menor, las cuales están representadas: el color rojo con su máxima concentración en Agua y Sedimento, °API y Densidad, Viscosidad Saybolt Furol, Viscosidad Fann, Destilación, Punto

de Enturbamiento y Fluidez, Punto de Inflamación y Combustión, Presión de Vapor Reid y Determinación de Asfáltenos en su parte I y II son: 0.5138, 0.4094, 0.2970, 0.2569, 0.3292, 0.1044, 0.2970, 0.4094, 0.4656 y 0.4522 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. En los puntos representados por los colores azul, amarillo, marrón, verde y negro se observa una declinación a medida que la distancia se hace mayor disminuyendo sus concentraciones en sus mínimos valores: 0.21285, 0.1024, 0.0743, 0.0642, 0.0823, 0.0261, 0.0743, 0.1024, 0.1164 y 0.8630 respectivamente. Dichas distancias están representadas a la salida, en el área de los baños, a nivel de la jefatura y a la entrada del departamento, sin embargo estas dispersiones han llegado dentro del departamento de petróleo y fuera del perímetro, afectando a toda persona.

4.5 Proponer estrategias que mejoren el manejo de los gases tóxicos emanados durante las prácticas del laboratorio de procesamiento de hidrocarburos

Una vez realizadas las pruebas de detección se encontró que las emisiones de contaminantes son en muchos casos elevadas para tratarse de un espacio confinado y no un ambiente industrial y el Laboratorio no cuenta con las instalaciones adecuadas para controlar dicha situación. Por ello se sugieren medidas para prevenir daños a la salud de las personas que allí laboran como para el medio ambiente.

Estas acciones correctivas van desde la instalación de equipos extractores de aire hasta una remodelación completa del Laboratorio.

El techo del Laboratorio debe ser sustituido ya que el que está actualmente tiene una serie de filtraciones y aberturas por las cuales se desplazan los gases contaminantes a otros espacios cercanos. El nuevo techo del Laboratorio debe ser liso e impermeable y debe colocarse a una altura del piso no menor a 3 metros.

El piso del Laboratorio debe ser liso, antirresbalante, no poroso, impermeable, libre de ranuras y los ángulos de las esquinas cóncavos (redondeados), debido a que hay gases más densos que el aire y quedarían atrapados en las esquinas y al ser estos combustibles sería susceptible a cambio de temperatura que pudieran dar origen a explosiones e incendios.

El acceso al Laboratorio es limitado a una entrada, esto debe ser corregido creando por lo mínimo otro acceso adicional como salida de emergencia, colocada opuesta a la salida principal que permita la evacuación oportuna del personal en el momento que ocurra una contingencia, y deben conducir al pasillo y fuera del edificio, porque en el laboratorio se manipulan sustancias químicas inflamables que pueden ocasionar incendios y en estos casos es necesario contar con el mayor número posible de salidas, también se requieren la colocación de extintores de fuego a base de hidrocarburos y/o eléctricos en los puntos mas cercano a los ensayo de mayor riesgos como también materiales de oficina y mobiliarios.

Los mesones de trabajo deben ser de diseño simple, contruidos de material liso, no poroso, impermeable, libre de ranuras, resistentes al fuego y a las sustancias utilizadas en el Laboratorio. Deben ubicarse de tal manera que la distancia o espacio libre de trabajo entre dos mesones debe ser como mínimo 1,20 metros, y el ancho debe ser tal que los estudiantes y demás personal puedan realizar sus labores con seguridad. Cabe señalar que en los actuales momentos las condiciones de los mesones están en un completo deterioro y agrietamiento en algunas de sus partes, esto permite que en el momento que se derrame algún aditivo o componentes químicos, los mismos se infiltraran ocasionando problemas secundarios o dañando a otros materiales e insumos. La figura 4.15 muestra el diseño de mesones ideales para ser usado en el laboratorio.

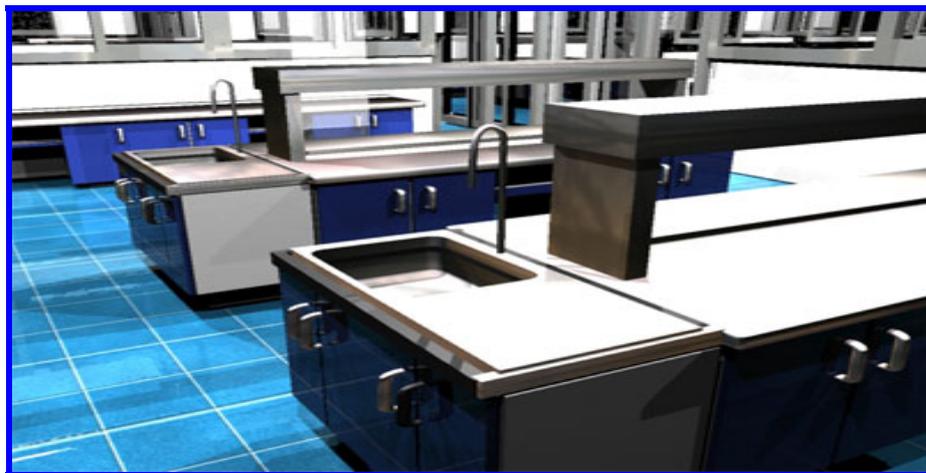


Figura 4.15. Prototipo de mesones ideales de laboratorio

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007).

Debe diseñarse un medio de recolección y/o drenaje en caso de derrame, disposición o fuga de sustancias o materiales. El mismo debe contar con una serie de equipos o accesorio, como tanques de almacenamiento con capacidad de 220 lts siendo el promedio utilizado en un semestre convencional, instalado y/o conectado a bateas de acero inoxidable para que el laboratorio en general tenga un buen sistema de desagüe. El mismo debe ser apropiado para el tipo de residuos generados. Los residuos del Laboratorio están compuestos por materiales ácidos, disolventes y contaminantes químicos o biológicos los cuales aunque sean en pequeñas cantidades pueden afectar las tuberías. Deben utilizarse tuberías de desagües de plomo o fibrocemento, aunque pueden emplearse materiales plásticos de resistencia garantizada a los agresivos químicos habituales y resistentes a temperaturas de 50 a 60°C. Las tuberías utilizadas para drenaje, deben ser de material que no reaccione con soluciones o solventes. Estas tuberías deben estar preferiblemente pintadas y no deben estar empotradas en pared. No se deben utilizar las mismas líneas de drenaje que el desecho sanitario, por lo tanto se requiere que el residuo generado de las prácticas sean almacenados en tanques diseñados para tal fin, para posteriormente ser enviados a fosas permisibles por el

Ministerio del Ambiente, para finalmente ser tratados y clasificados para su reutilización.

Las tuberías de las instalaciones deben aislarse contra condensación, calor, frío, ruido, tanto en las mesas de trabajo como en la construcción en general; deberán estar ocultos no solo por estética y funcionalidad, sino también para evitar posibles accidentes, pero los contactos eléctricos y las tomas de todos ellos deberán estar estratégicamente distribuidos. Debe contarse con un tablero de control de las instalaciones eléctricas y una llave de seguridad que controle la salida de gas tanto general como de cada una de las mesas de trabajo, así como el acceso en algunas partes a las instalaciones que permitan su reparación en caso necesario; para un mejor mantenimiento y uso de ellas los colores característicos de las tuberías se muestran a continuación en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Especificaciones para identificación de las acometidas de servicios

Agua	Verde
Agua caliente	Verde – Rojo
Vapor	Rojo
Gas	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Nitrógeno	Negro
Vacío	Gris

Se debe considerar la ubicación de los equipos de socorrismo y protección personal requeridos de acuerdo a los riesgos derivados de los materiales usados. Sobre la base del riesgo existente, se debe diseñar e instalar un sistema de protección contra incendios que abarca la instalación de extintores de polvo seco a base de CO₂ como se observa en la figura 4.16, colocados en los puntos donde se desarrollan las prácticas de mayor riesgo como: destilación atmosférica, punto de inflamación y combustión y determinación de asfaltenos en crudos pesados; al

igual que duchas de seguridad de acero inoxidable como se observa en la figura 4.17 y/o lavaojos, que preferiblemente deben contar con dos rociadores de alto rendimiento como se observa en la figura 4.20, los cuales son recomendable colocarlos próximos a las puertas de acceso o en el pasillo a una distancia no superior a 3 m del Laboratorio.



Figura 4.16 Extintor de fuego a base de CO₂

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)



Figura 4.17 Duchas corporales de emergencia

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)



Figura 4.18 Classicline lavaojos manuales

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

El laboratorio debe contar con un Programa de Higiene y Seguridad Industrial, elaborado según la Norma Venezolana COVENIN 2260, el cual debe permitir la vigilancia permanente de los factores de riesgo asociados a las actividades propias del laboratorio y un Plan de Control de Emergencia según lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 2226, de acuerdo con la legislación venezolana vigente sobre la materia. Ambos deben ser del conocimiento de todo el personal.

Los gabinetes o estantes especiales para almacenar sustancias químicas que necesiten ventilarse continuamente, deben estar provistos de un sistema de extracción independiente de los otros sistemas y funcionar las 24 h del día. Dentro de los muchos modelos que se encuentran en el mercado, se eligió de acuerdo a las necesidades, el modelo Hamilton Gabinetes Forense, y se muestra a continuación en la Figura 4.21



Figura 4.19 Gabinete hamilton forense

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

Hamilton Gabinetes Forense proporciona protección para el personal del Laboratorio de gases peligrosos y los olores generados durante el almacenamiento y/o tratamiento de los materiales. Estos Gabinetes poseen tres cámaras, cada cámara puede funcionar de forma independiente y dispone de una lámpara incandescente de vapor-prueba de la luz.

Otro factor de gran relevancia que debe considerarse es el sistema de ventilación y extracción de contaminantes, ya que de acuerdo a las pruebas realizadas se pudo conocer que en el desarrollo de las prácticas de Laboratorio se emanan grandes cantidades de COV, los cuales son tóxicos para los seres humanos y el ambiente y el Laboratorio no cuenta con los equipos adecuados para su tratamiento y extracción, por lo que estos gases se almacenan y dispersan

dentro y fuera del Laboratorio; por ello se debe realizar la instalación de equipos extractores de aire, considerando el más adecuado la campana modelo Horizon, registrado por la marca Hamilton y se muestra a continuación conjuntamente con sus especificaciones en las figuras 4.6, 4.7 y 4.8 respectivamente:

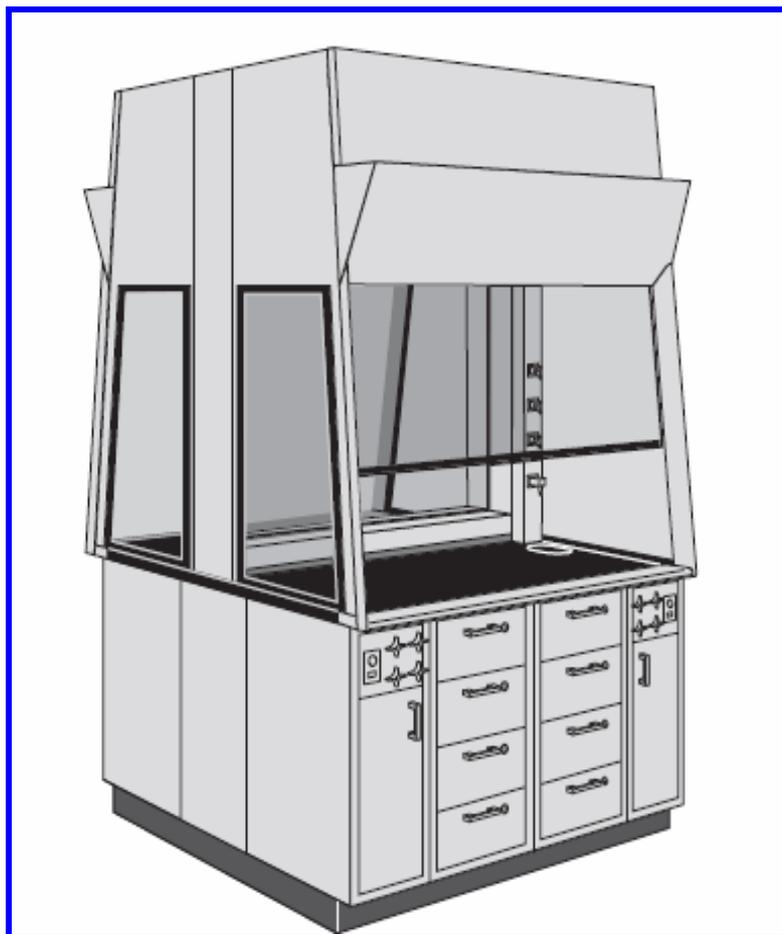


Figura 4.20 Campana horizon

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

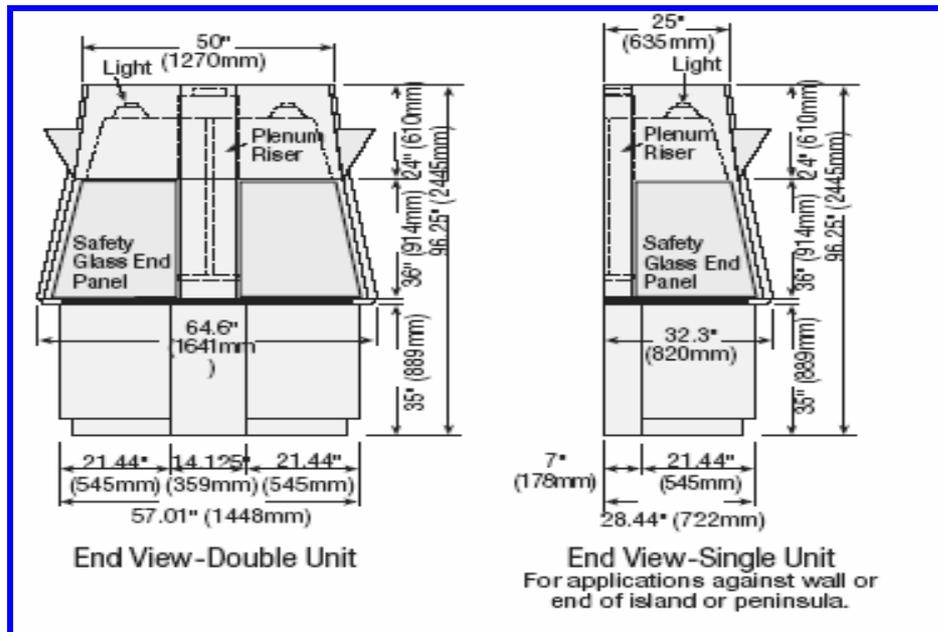


Figura 4.21 Dimensiones de la campana horizon

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

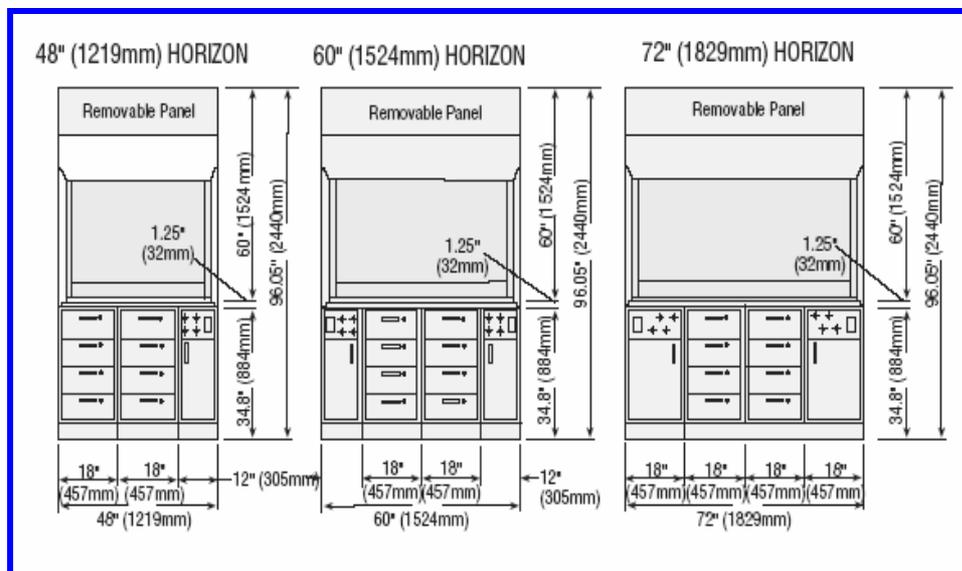


Figura 4.22 Dimensiones de la campana horizon (continuación)

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

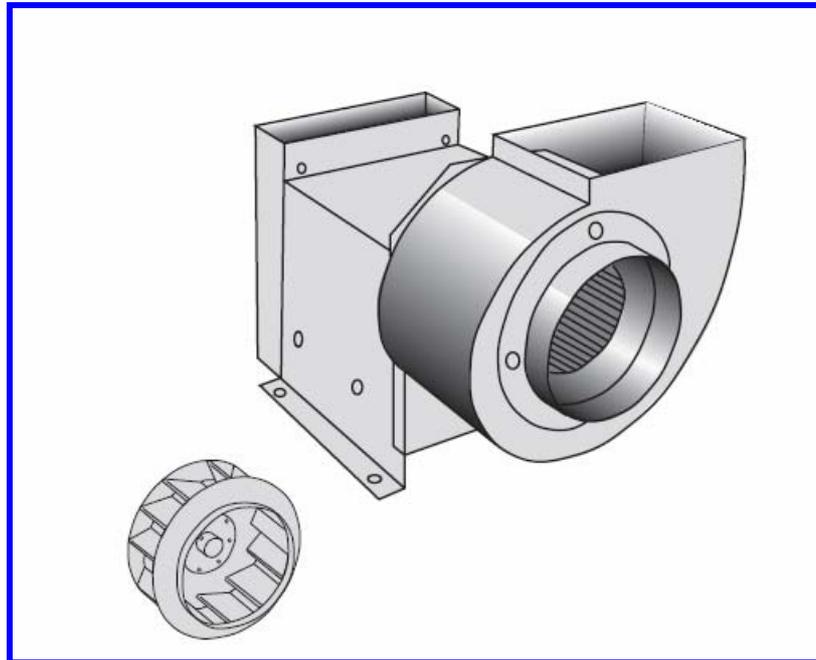


Figura 4.23. Extractor de aire forzado modelo backward curve

Fuente: Laboratory Fume Hoods (2007)

CONCLUSIONES

1. Los valores establecidos por las normas COVENIN y el Decreto 638 no aplican a las condiciones dadas en el Laboratorio por ser este un espacio confinado.
2. Los gases tóxicos que se emanan en el desarrollo de las prácticas de Laboratorio están constituida por Compuestos Orgánicos volátiles.
3. Las prácticas en las que usan solventes orgánicos aromáticos como xileno y tolueno muestran las mayores en las emanaciones de COV.
4. Los valores de concentración obtenidos en el desarrollo de las prácticas de Laboratorio están por debajo de los establecidos por las Normas COVENIN y el Decreto 638.
5. Los valores permisibles por el Detector Multigas Sirius fueron en la mayoría de los casos superados por los valores de concentración obtenidos en las prácticas.
6. Las prácticas donde se existe una mayor área de dispersión son las de agua y sedimentos, punto de inflamación y combustión, destilación atmosférica y determinación de asfaltenos.
7. El área de dispersión de contaminantes en todas las prácticas supera los límites del perímetro del Laboratorio y del edificio del departamento.
8. El Laboratorio no está dotado de los equipos requeridos para controlar adecuadamente los niveles de emisión de contaminantes.
9. El diseño del mobiliario y el acondicionamiento del Laboratorio no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la Norma Venezolana de Medidas De Seguridad e Higiene Ocupacional En Laboratorios.

RECOMENDACIONES

- Utilizar un equipo de Detección de Gases automatizado a las Normativas de Ambiente y Seguridad del Laboratorio.
- Aplicar el proceso de Cromatografía de gas para conocer específicamente cuales son los componentes que están contenidos en los COV.
- Realizar remodelaciones al Laboratorio, como reemplazar el techo que no se encuentra en buen estado por uno nuevo que sea liso e impermeable, cumpliendo en este caso con La Norma Covenin 1082.
- El sistema de extracción de contaminantes debe ser independiente del sistema de ventilación, y cuya descarga debe situarse estratégicamente lo más alejada posible de la toma de aire fresco.
- Las operaciones que puedan producir vapores tóxicos se deben realizar bajo una campana de extracción, las cuales deben poseer filtros para evitar emisiones al ambiente de contaminantes con concentraciones superiores a las permisibles.
- Dotar los estantes donde se guardan sustancias químicas tóxicas de un sistema de extracción independiente que permita la ventilación continua para evitar la concentración masiva de vapores contaminantes.
- Los equipos deben estar en buenas condiciones de operación para evitar posibles fugas de vapores contaminantes, por lo que debe hacerse una inspección adecuada para seleccionar los equipos que están aptos para su utilización y los que deben ser reemplazados.

- Diseñar un sistema de reciclaje de los desechos provenientes del desarrollo de las prácticas del Laboratorio.

- Reestructurar la infraestructura del Laboratorio basándose en las normas de seguridad, para incluir una puerta adicional que funcione como salida de emergencia en caso de presentarse una contingencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. R. Martínez. “Diccionario del Petróleo Venezolano”. Los Libros de El Nacional. 2ª Edición. Caracas – Venezuela. (1997).
2. FUNDAUDO. “Estudio y adecuación de las emisiones ambientales del Complejo Muscar, estado Monagas”. Centro de Ingeniería y Proyectos. Puerto La Cruz. (1999).
3. Enviromental Assessments Acasia, C.A. “Evaluación de las emisiones por las chimeneas de los hornos de aceite caliente D1- 11101 y D1-21101; hornos de gas de regeneración calentadores de gas D1- 10301 y D1-20301, hornos de rehervidores de glicol D2-10318 y D2-20318; turbocompresores D4- 10303.
4. ZEECO, Inc. “Incineración de BTEX – Planta ACCROVEN San Joaquín”. Venezuela. (2004).
5. PDVSA Gas. “Ingeniería conceptual. Evaluación de emisiones de gases BTEX en la planta de Refrigeración San Joaquín”. Superintendencia de Estudios y Asesorías. Venezuela. (2006).
6. T. Randolph. Sensibilidad Química. (2001). Disponible en: <http://www.ecoport.com.ar/articulos/containt.htm>.
7. E. E. Barberii. “El Pozo Ilustrado”. Programa de Educación Petrolera. Fondo Editorial del Centro Internacional de Educación y de Desarrollo (FONCIED). Primera Edición de CD-ROM. Caracas – Venezuela. (1998).

8. DE NEVERS, N. “Ingeniería de control de la contaminación del aire”. Editorial McGraw – Hill. México. (1997).
9. Occupational Safety and Health Administration. “Technical Manual” (2007). Disponible en: <http://www.osha.gov/> .
10. Norma venezolana COVENIN 2253:2001 “Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición”. Tercera revisión. (2001).
11. Decreto 638. “Normas sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica”. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.899. (2005).
12. [U.S. Environmental Protection Agency](http://www.epa.gov/air/caa/). “Clean Air Act” (2008). Disponible en: <http://www.epa.gov/air/caa/>.
13. GONZÁLEZ, J. L. y RONDÓN, E. “Estado del arte en tecnologías de deshidratación de gas con glicoles. Emisiones de BTEX. Métodos de medición y tecnologías de control” - Custodia y alerta tecnológica en gas, INTEVEP. Los Teques. (1994).
14. ESPERT, V. y LÓPEZ, A. “Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera”. Primera Edición. Grupo Editor Alfaomega. México (2004).
15. Matos, Y. “Efecto Invernadero” (2007). Disponible en: <http://yerimatos.wordpress.com/2007/05/>.
16. Strauss, W. “Contaminación del Aire. Causas, Efectos y Soluciones”. Editorial Trillas, S.A. México, (1990).

17. GALLARDO, L. “Modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos” (2008). Disponible en:
18. https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2004/1/GF515/1/material_docente/objeto/26120
19. TURMO, E. y CUSCÓ, J. “Modelos de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas” (2008). Disponible en: http://www.jmcprl.net/NTPs/@Datos/ntp_329.htm
20. TORRES, R. “Modelos de dispersión en la atmósfera” (2008). Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/eco/036993-I/036993-1.8.pdf>
21. MSA. Manual de Operación del Detector Multigas Sirius (2005). Disponible en: <http://media.msanet.com/Internacional/Argentina/Fichas%20tecnicasT/Instrumentos/Gas%20Detection/Portatiles/ManualSirius>.
22. Canarina. Manual de Operación del Software Disper 4.0 (2003). Disponible en: <http://www.canarina.com>.
23. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. “Acondicionamiento ambiental del laboratorio” (2007). Disponible en: http://www.fiso-web.org/Opciones/biblioteca_ampliacion2.aspx?id=2398&tc=2.
24. Blamis Dotaciones Laboratorio. “Campanas extractoras de gases” (2008). Disponible en: <http://www.blamis.com.co/cabinas-extractoras-laboratorio-campanas.php>

ANEXOS

MUESTRA DE CÁLCULOS

- **CORRECCION DE LA °API :**

Utilizando las tablas respectivas de los factores de corrección a temperatura estándar 60 °API, se tiene:

A T= 77 °C

TEMPERATURA	°API
17	16.1
17.5	X = 16.6^a API corregida
18	17.1

- **CALCULO DE DENSIDAD POR EL METODO DEL PICNOMETRO:**

$$\rho = \frac{\text{masadelpicnometrolleno} - \text{masapicnometrovacio}}{\text{volumendelpicnometro}}$$

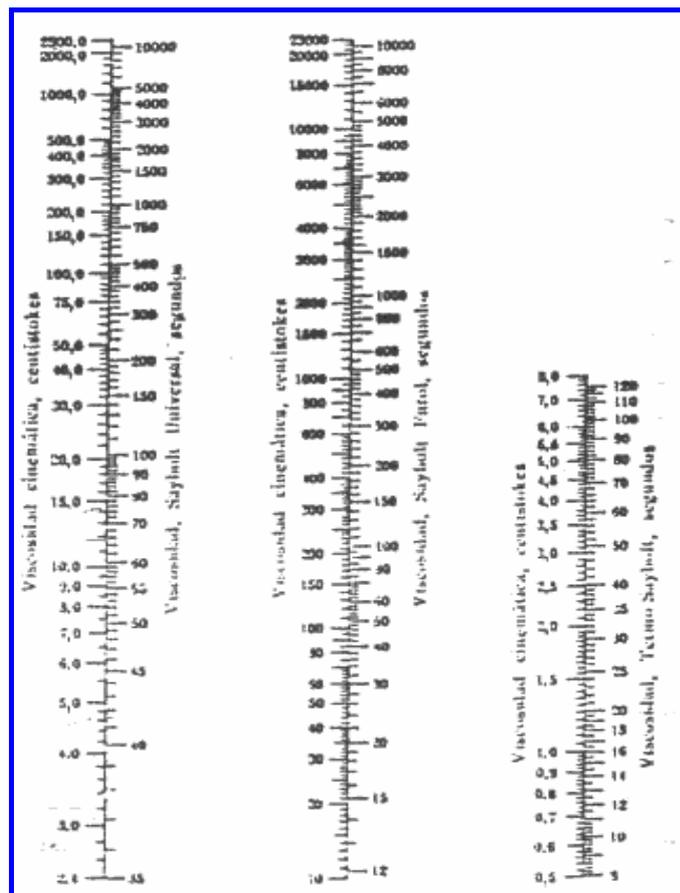
$$\rho_{t \text{ ambiente}} = \frac{79.1205 - 31.9335}{50}$$

$\rho = 0.94374 \text{ gr/cc. @ Ambiente} = 75 \text{ °F}$ y así sucesivamente para cada una de las temperaturas.

EQUIVALENCIAS ENTRE VISCOSIDAD CINEMÁTICA, SAYBOLT UNIVERSAL Y FUROL (NOMOGRAMA)

- **CALCULO DE VISCOSIDAD SAYBOLT Y/O FUROL:**

Con los valores de tiempos promedios obtenidos durante el desarrollo de la práctica se entro a las graficas de Balance de Materia y Energía y se leyó los respectivos valores de viscosidad cinemática, donde los valores del crudo fueron obtenidos de la tabla de furol ya que el crudo en estudio es un crudo pesado. La escala es la siguiente:



Viscosidad cinemática a 100 °F = 480 ctk.

$$\mu_{cinematica} = \frac{480cps}{gr/CC} * 0.932004$$

$\mu_{cinematica} = 447.3612cps @ T=100 ^\circ F$ y así sucesivamente para cada una de las temperaturas.

- **CALCULO DE VISCOSIDAD FANN:**

Se calcula por medio del reograma: con la combinación rotor – vástago y el factor de corrección y calculando θ y τ para construir la grafica de esfuerzo de corte Vs. Tasa de corte.

$$\tau = 43.84 * fc * \phi$$

Donde:

$$Fc = 0,8891$$

ϕ = Lectura del Dial.

$$\tau = 43.84 * 0.8891 * 58$$

$$\tau = 2260,7324 \text{ dinas/ seg}^2.$$

$$\theta = 0,2683 * RPM$$

$$\theta = 0,2683 * 600$$

$$\theta = 160,98 \text{ seg}^{-1}$$

Así sucesivamente para cada lectura del dial y rpm, como la práctica se realizo a tres temperaturas diferentes se procedió de igual manera para cada temperatura

Luego se procedió a graficar τ Vs. θ , para cada una de las temperaturas y la pendiente de cada una de estas rectas a cada temperatura representa la viscosidad absoluta. Para la parte de la pendiente se tomaron los puntos de la parte mas recta de la curva en la grafica “Esfuerzo de Corte Vs. Tasa de Corte” para cada una de las temperaturas.

Calculo de la pendiente “m”:

$$m = \mu_{absoluta} = \frac{\Delta\tau}{\Delta\theta}$$

$$m = \frac{2260,7324 - 1169,3443}{160,98 - 80,49}$$

$$m = 13,5593cps$$

$$\mu_{absoluta} @ T = 75^{\circ}F = 13,5593 cps.$$

- **Destilación:**

Calculo De Pérdida:

$$Pérdida = 100 - (Vol. Recuperado + Residuo)$$

$$Pérdida = 100 - (66 + 1)$$

$$Pérdida = 33ml$$

Corrección De La Temperatura Observada:

Esta corrección solo se debe hacer cuando las temperaturas son mayores o iguales a 475 °F.

$$T_c = T_{obs} + D$$

$$D = 10^{[-1,587 + (0,00473 * T_{obs})]}$$

$$D = 10^{[-1,587 + (0,00473 * 550)]}$$

$$D = 10.3395$$

$$T_c = 550 + 10.3395$$

$$T_{c_1} = 560.3395^{\circ}F$$

De igual forma se corrigen las temperaturas mayores a 475 °F.

Corrección del Volumen por Pérdidas:

La ecuación para efectuar esta corrección, es la siguiente:

$$VCP = Vol. leído + VCPi$$

$$VCPi = \frac{Vol. leído}{Vol.Total + Vol. Residual}$$

$$VCPi_1 = \frac{5}{100 + 1}$$

$$VCPi_1 = 0.0495$$

$$VCP_1 = (5 + 0.0495)ml$$

$$VCP_1 = 5.0495ml$$

De igual manera se procede a corregir los demás valores de volumen.

Calculo del Porcentaje Recuperado:

Se grafica Vcp Vs. Temperatura y se obtienen los siguientes valores mostrados en la siguiente tabla:

Volumen %	Vcp	T °F
100	66.6534	
90	X= 59.9880	463.91
10	X= 6.6653	437.76

Luego se procede al cálculo de la pendiente (m) que es S para este caso y se calcula mediante la siguiente formula:

$$S = \frac{T_{90\%} - T_{10\%}}{V_{CP\%}(90 - 10)}$$

$$S = \frac{463.91 - 437.76}{59.9880 - 6.6653}$$

$$S = 0.4904$$

Calculo de la Temperatura Media de Ebullición:

$$MeABP = VABP \pm f$$

$$VABP = \frac{\sum T_{corregidas}}{n}$$

$$VABP = \frac{5976.8243}{14}$$

$$VABP = 426.9160$$

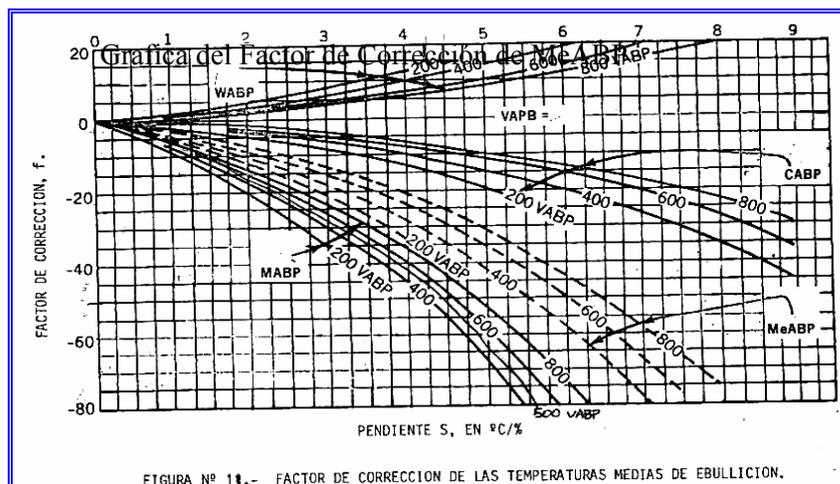
Con el valor de VABP y S se busca "F" en la grafica de factor de corrección de las temperaturas medias de ebullición, y este valor es:

$$F = -2$$

$$MeABP = 426.9160 - 2$$

$$MeABP = 424.9160^{\circ}F$$

$$MeABP = 884.916^{\circ}R$$



Calculo del Factor de Caracterización del Crudo (K):

$$K = \frac{\sqrt[3]{MeABP}}{\gamma_{@60^{\circ}F}}$$

$$\gamma_{@60^{\circ}F} = \frac{141,5}{131,5 + ^{\circ}API_{@60^{\circ}F}}$$

$$\gamma_{@60^{\circ}F} = \frac{141,5}{131,5 + 16,6}$$

$$\gamma_{@60^{\circ}F} = 0,9554$$

$$K = \frac{\sqrt[3]{884,916}}{0,9554}$$

$$K = 10,0488$$

El Factor de Caracterización nos permite clasificar el crudo como un petróleo de Base Aromática ligera o Pura.

Dado que las concentraciones se tienen en ppm y los límites establecidos por las normas de ambiente se encuentran en kg/día, es necesario realizar conversiones:

Ppm ----- $\mu\text{l/l}$

Teniendo en cuenta que $d = \frac{m}{v}$, densidad= masa/ volumen

Se calcula una densidad promedio para los COV (se tomará como COV los compuestos C1, C2, C3 y C4, ya que el detector está calibrado con isobutano y detecta los compuestos inferiores a él).

dC1= 0,717 kg/m³
porcentaje

Se asume que cada componente es equitativo en un

dC2= 548 kg/m³ 25%.

dC3= 8 kg/m³

dC4= 2,52 kg/m³

$$\Sigma d = (0,25 \times 0,717) + (0,25 \times 548) + (0,25 \times 8) + (0,25 \times 2,52) = 139,81$$

Con el valor de densidad promedio se calcula la concentración en kg/día para cada una de las prácticas.

PRACTICA 1: Agua y Sedimento

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 81,3 = 11366,553 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 1,137 * 10^{-5} / 3 \text{ min} = 3,79 * 10^{-6} \text{ Kg/min}$$

$$3,79 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{min}} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} = 0,0055 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{dia}} \rightarrow \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

$$0,0055 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} = 0,000064 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

PRACTICA 2: °API y Densidad

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 65,3 = 9129,593 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 9,13 * 10^{-6} / 3 \text{ min} = 3,04 * 10^{-6} \text{ Kg/min}$$

$$3,04 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{min}} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} = 0,0044 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{dia}} \rightarrow \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

$$0,0044 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} = 0,000051 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

PRACTICA 3a: Saybolt y/o Furol

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 47.9 = 6696,899 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 6,7 * 10^{-6} / 3 \text{ min} = 2,23 * 10^{-6} \text{ Kg/min}$$

$$2,23 * 10^{-6} \frac{kg}{\text{min}} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} = 0,0032 \frac{kg}{\text{dia}}$$

$$\frac{kg}{\text{dia}} \rightarrow \frac{g}{s}$$

$$0,0032 \frac{kg}{\text{dia}} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1 \text{ dia}}{86400s} = 0,000037 \frac{g}{s}$$

PRACTICA 3 b: Fann

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 41.6 = 5816,096 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 5,82 * 10^{-6} / 3 \text{ min} = 1,94 * 10^{-6} \text{ Kg/min}$$

$$1,94 * 10^{-6} \frac{kg}{\text{min}} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} = 0,0028 \frac{kg}{\text{dia}}$$

$$\frac{kg}{\text{dia}} \rightarrow \frac{g}{s}$$

$$0,0028 \frac{kg}{\text{dia}} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1 \text{ dia}}{86400s} = 0,000032 \frac{g}{s}$$

PRACTICA 4: Destilación

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 51.7 = 7228,177 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 7,23 * 10^{-6} / 3 \text{ min} = 2,41 * 10^{-6} \text{ Kg/min}$$

$$2,41 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{min} * \frac{1440 min}{dia} = 0,0035 \frac{kg}{dia}$$

$$\frac{kg}{dia} \rightarrow \frac{g}{s}$$

$$0,0035 \frac{kg}{dia} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1dia}{86400s} = 0,000041 \frac{g}{s}$$

PRACTICA 5: Enturbiamiento y Fluidez

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 15.9 = 2222,979 \mu g$$

$$1 kg \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 2,22 * 10^{-6} / 3min = 7,41 * 10^{-7} Kg/min$$

$$7,41 * 10^{-7} \frac{kg}{min} * \frac{1440 min}{dia} = 0,0011 \frac{kg}{dia}$$

$$\frac{kg}{dia} \rightarrow \frac{g}{s}$$

$$0,0011 \frac{kg}{dia} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1dia}{86400s} = 0,000013 \frac{g}{s}$$

PRACTICA 6: Inflamación y Combustión

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 48.2 = 6738,842 \mu g$$

$$1 kg \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 6,74 * 10^{-6} / 3min = 2,25 * 10^{-6} Kg/min$$

$$2,25 * 10^{-6} \frac{kg}{min} * \frac{1440 min}{dia} = 0,0032 \frac{kg}{dia}$$

$$\frac{kg}{dia} \rightarrow \frac{g}{s}$$

$$0,0032 \frac{kg}{dia} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1dia}{86400s} = 0,000037 \frac{g}{s}$$

PRACTICA 7: Presión de Vapor Reid

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 65,4 = 9143,574 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 9,14 * 10^{-6} / 3 \text{ min} = 3,05 * 10^{-6} \text{ Kg/min}$$

$$3,05 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{min}} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} = 0,0044 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{dia}} \rightarrow \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

$$0,0044 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} = 0,000051 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

PRACTICA 8a: Asfaltamos Parte I

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 74,4 = 10401,864 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 1,04 * 10^{-5} / 3 \text{ min} = 3,46 * 10^{-6} \text{ Kg/min}$$

$$3,46 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{min}} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} = 0,005 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{dia}} \rightarrow \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

$$0,005 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} = 0,000058 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

PRACTICA 8b: Asfaltamos Parte II

$$M = \rho * V$$

$$M = 139,81 * 553,0 = 77314,93 \mu g$$

$$1 \text{ kg} \text{ ----- } 10^9 \mu g$$

$$Kg = 7,73 * 10^{-5} / 3 \text{ min} = 2,58 * 10^{-5} \text{ Kg/min}$$

$$2,58 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{min}} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} = 0,038 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

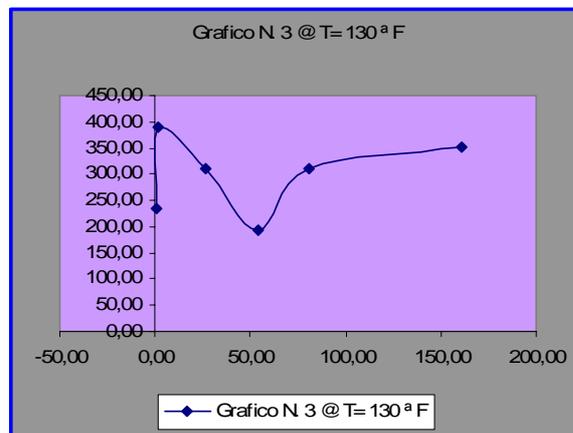
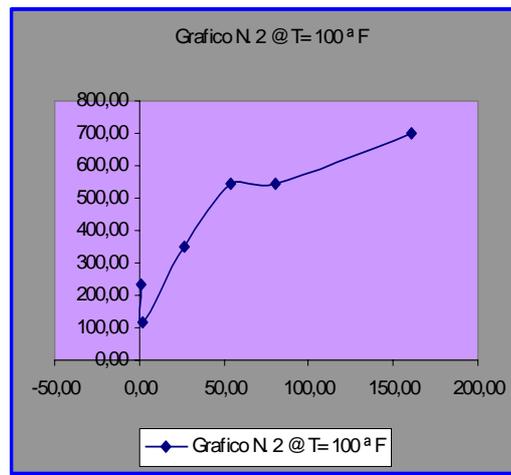
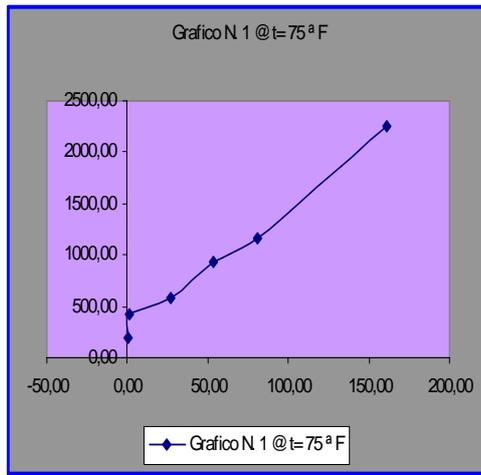
$$\frac{kg}{dia} \rightarrow \frac{g}{s}$$

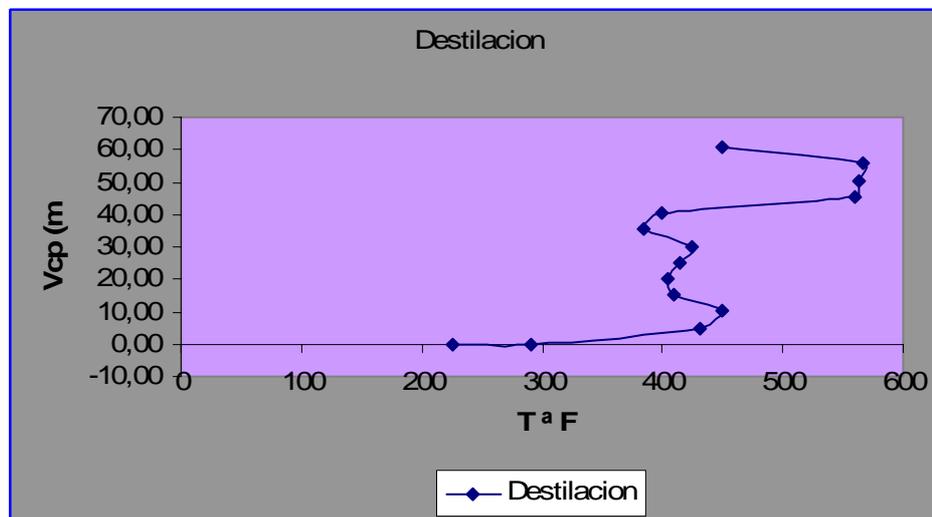
$$0,038 \frac{kg}{dia} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1dia}{86400s} = 0,00043 \frac{g}{s}$$

PRÁCTICA	C. PROMEDIO (PPM)	C. EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C. EN Kg/día	C. EN g/seg
Agua y Sedimentos	81.3	11366,553	0,0055	0,000064
°API y Densidad	65.3	9129,593	0,0044	0,000051
Viscosidad Fann	47.9	6696,899	0,0032	0,000037
Viscosidad Saybolt	41.6	5816,096	0,0028	0,000032
Destilación	51.7	7228,177	0,0035	0,000041
Punto de Inflamación y Combustión	48.2	6738,842	0,0032	0,0000037
Punto de Enturbiamiento y Fluidez	15.9	2222,979	0,0011	0,000013
Presión de Vapor Reid	65.4	9143,574	0,0044	0,000051
Determinación de Asfáltenos I	74.4	10401,864	0,005	0,000058
Determinación de Asfáltenos II	553,0	77314,93	0,038	0,00043

APENDICE A

GRÁFICOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD FANN A DIFERENTES TEMPERATURAS.



GRÁFICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DESTILACIÓN.

APENDICE B

NORMAS ASTM Y COVENIN

NORMA VENEZOLANA MEDIDAS DE SEGURIDADE HIGIENE OCUPACIONAL EN LABORATORIOS. PARTE 1: GENERAL

(1ra Revisión)COVENIN

2340-1:2001

FONDONORMA

PRÓLOGO

La presente norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN **2340/1-89**, fue revisada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT6 Higiene, Seguridad y Protección**, por el Subcomité Técnico **SC1 Prevención de accidentes** y aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior **N° 2001-11** de fecha **28/11/2001**.

En la revisión de esta Norma participaron las siguientes entidades: Aventis Pharma; C.A. Metro de Caracas; CANTV; Electricidad de Caracas; Ericcson; FUNSEIN; INCE; Ministerio de Salud y Desarrollo Social; PDVSA; U.C.V.

1 OBJETO

1.1 Esta Norma Venezolana suministra información y establece recomendaciones, procedimientos generales y precauciones, destinadas a promover la seguridad e higiene ocupacional de las personas y las instalaciones de los laboratorios. Los aspectos de seguridad descritos aplican al personal, incluyendo pasantes, personal de mantenimiento, contratistas, personal de seguridad y cualquier otro personal autorizado o visitantes que usen dichas instalaciones.

1.2 Esta Norma no contempla las medidas específicas de seguridad en laboratorios de acuerdo a la actividad que desarrolla, para lo cual debe consultarse normas, códigos de buena práctica o disposiciones legales vigentes.

2. OTRAS NORMAS REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones mas recientes de las normas citadas seguidamente:

COVENIN 187-92 Colores, símbolos y dimensiones para señales de seguridad.

COVENIN 200:1999 Código Eléctrico Nacional.

COVENIN 253:1999 Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos.

COVENIN 474:1997 Registro, clasificación y estadísticas de lesiones de trabajo.

COVENIN 761:1997 Guantes dieléctricos de goma. Requisitos.

COVENIN 810:1998 Características de los medios de escape en edificaciones según el tipo de ocupación.

COVENIN 815:1999 Cascos de seguridad para uso industrial.

COVENIN 823-88 Guía instructiva sobre los sistemas de detección, alarma y extinción de incendios.

COVENIN 955-76 Protectores oculares y faciales.

COVENIN 1056/I-91 Criterios para la selección y uso de los equipos de protección respiratoria. Parte I.

COVENIN 1056/II-91 Equipos de protección respiratoria contra partículas. Parte II.

COVENIN 1056/III-91 Equipos de protección respiratoria combinados para gas o vapor y partículas.

COVENIN 1082-76 Plafones. Clasificación y uso según el coeficiente de propagación de llama.

COVENIN 1565:1995 Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación.

COVENIN 1642:1995 Planos de uso bomberil para el servicio contra incendios.

COVENIN 1927-82 Guantes de cuero para uso industrial.

COVENIN 2165-84 Guantes de goma natural y materiales sintéticos para uso industrial.

COVENIN 2226-90 Guía para la elaboración de planes para el control de emergencias.

COVENIN 2237-90 Ropa, equipos y dispositivos de protección personal. Selección de acuerdo al riesgo ocupacional.

COVENIN 2239/I-91 Materiales inflamables y combustibles. Almacenamiento y manipulación. Parte I: Líquidos.

COVENIN 2239/II-85 Materiales inflamables y combustibles. Almacenamiento y manipulación. Parte II:

Materiales comunes. Almacenamiento en interiores y exteriores.

COVENIN 2239/IV-91 Materiales inflamables y combustibles. Almacenamiento y manipulación. Parte IV:

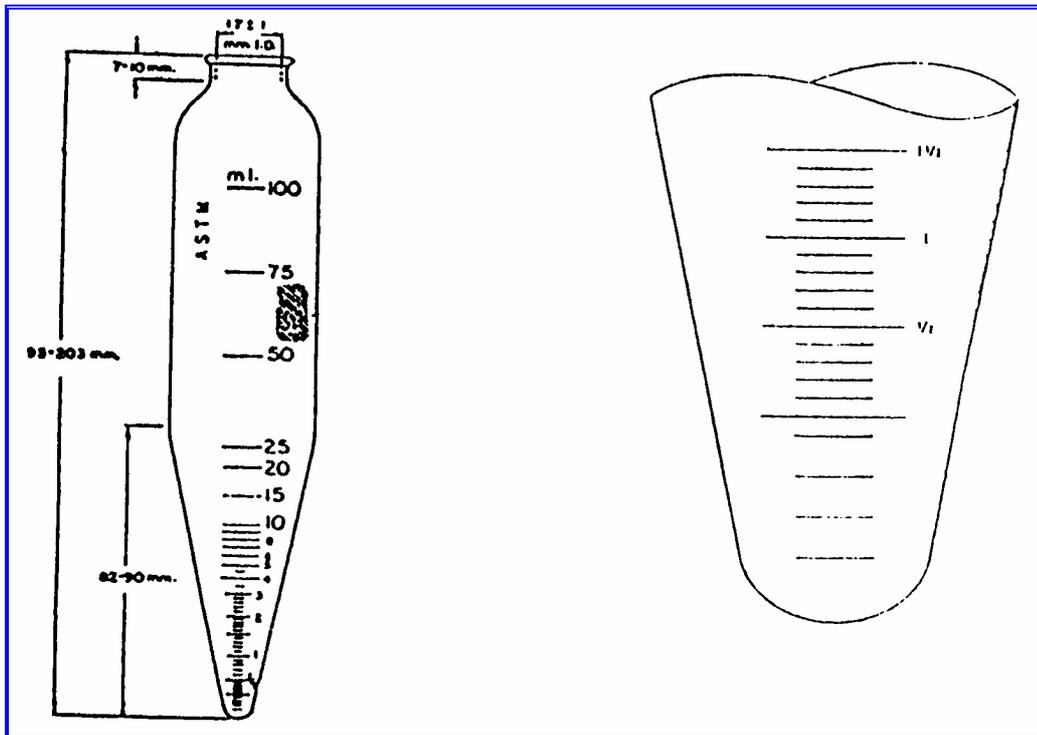
Sustancias de acuerdo a su incompatibilidad.

- COVENIN 2249-93** Iluminancias en tareas y áreas de trabajo.
- COVENIN 2250:2000** Ventilación de los lugares de trabajo.
- COVENIN 2253:1997** Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición.
- COVENIN 2260-88** Programa de higiene y seguridad industrial. Aspectos generales.
- COVENIN 2670:1998** Materiales peligrosos. Guía de respuesta de emergencias a incidentes o accidentes.
- COVENIN 3298:2001** Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Espacios urbanos y rurales. Señalización.
- COVENIN 3299:1997** Programa de Protección Radiológica. Requisitos.
- COVENIN 3655:2001** Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Pasillos y galerías. Características generales.
- COVENIN 3656:2001** Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Rampas fijas.
- COVENIN 3657:2001** Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Escaleras.
- COVENIN 3659:2001** Accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios urbanos y rurales. Vías de circulación peatonales horizontales.
- COVENIN 3478:1999** Socorrismo en las empresas.
- COVENIN 4001:2000** Sistema de Gestión de Seguridad e Higiene Ocupacional (SGSHO). Requisitos.

APENDICE C

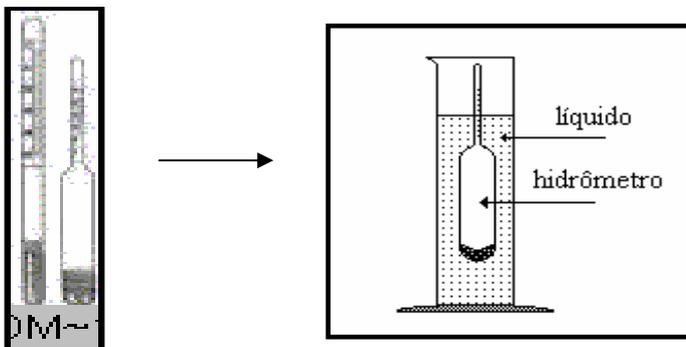
EQUIPOS DE LABORATORIO

EQUIPOS UTILIZADOS:



Tubo de Centrifuga utilizado para la Determinación del Contenido de Agua y Sedimento.

Hidrómetros para medir °API.





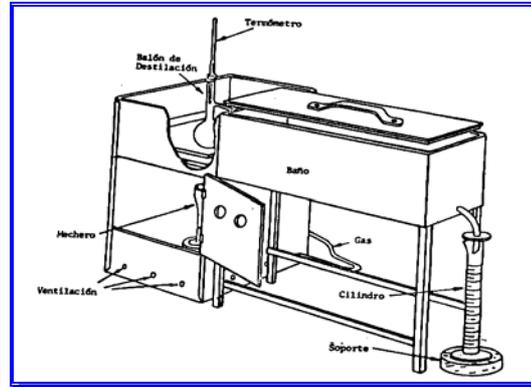
Hidrómetro utilizado en la prueba de los grados API.



Viscosímetro Saybolt Universal y/o Furol.



Viscosímetro FANN.



Equipo De Destilación Atmosférica

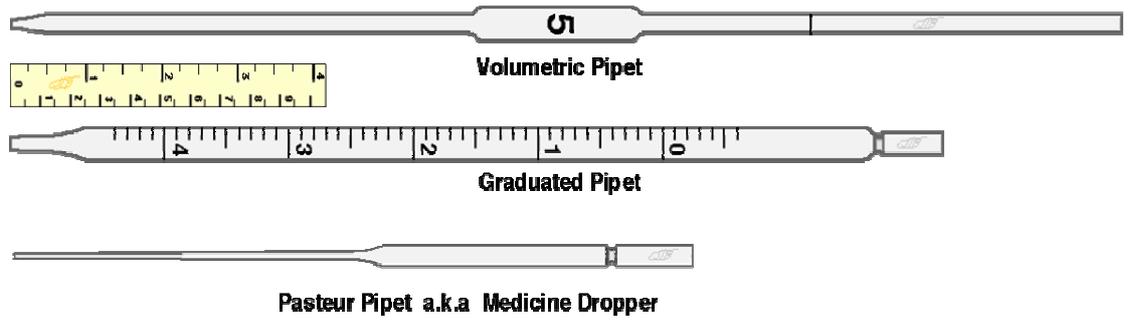


Equipo de presión de vapor Reid

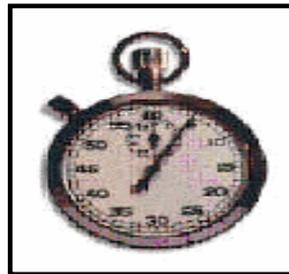


Centrifuga

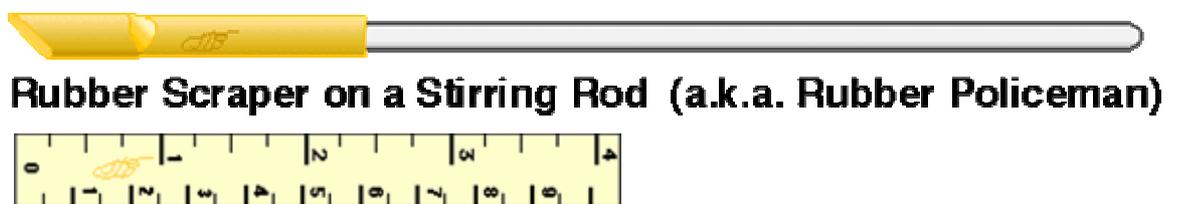
Probetas y Pipetas.



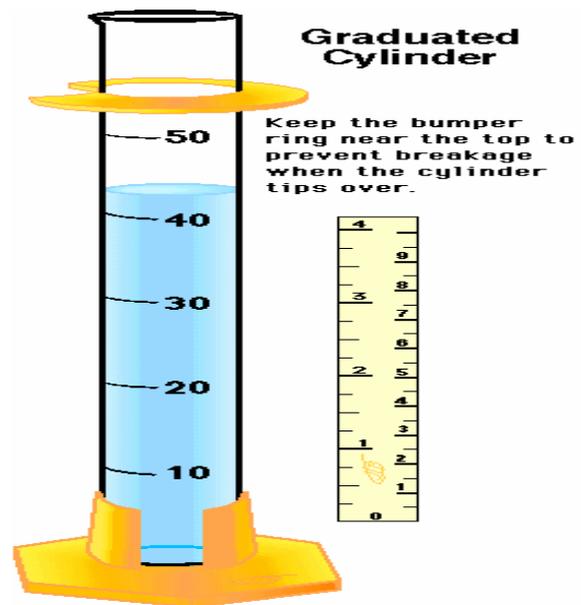
Cronometro.



Agitador Manual.



Cilindro Graduado.



APÉNDICE D

DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS PARA LA DETECCIÓN DE GASES TÓXICOS



Procedimiento para la determinación de asfaltenos en crudos pesado.



Determinación de viscosidades Saybolt y Fann



Determinación de la destilación del crudo

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	Medición de los gases emanados en las prácticas de laboratorio de procesamiento de hidrocarburo del Departamento de Petróleo de la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Ruiz M. Simon A.	CVLAC: 8.328.429 E MAIL: ruizs_united@hotmail.com
Yegres R. Rosnimar S. J.	CVLAC: 17.540.221 E MAIL: rosyegresruiz@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Laboratorio de Procesamiento
Hidrocarburos
Medición
Emisiones Gaseosas
Contaminantes

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería de Petróleo

RESUMEN (ABSTRACT):

En el Laboratorio de Procesamiento de Hidrocarburos se realizan prácticas como determinación de agua y sedimentos, determinan Gravedad API y Densidad, Viscosidad, Destilación atmosférica, Punto de inflamación y combustión, Punto de Enturbiamiento y Fluidez, Presión de vapor Reid y Determinación de Asfaltenos en los crudos pesados. A través de una muestra representativa de crudo, se desarrollaron las prácticas antes mencionadas, cuyo objetivo es evaluar las emisiones gaseosas que se emanaron durante su desarrollo, las cuales se consideran de gran interés por el tipo y cantidad de contaminantes potenciales presentes. Es por ello que se empleó el Detector Multigas Sirius, con la finalidad de evaluar las concentraciones de gases tóxicos en el ambiente y los riesgos que estos puedan causar a la salud del personal dentro del Laboratorio y en su entorno. Como principal resultado significativo se evidenció que los ensayos “Destilación Atmosférica”, “Punto de inflamación y Combustión” y “Determinación de Asfaltenos”, emitieron las mayores concentraciones de gases tóxicos (C.O.V) con valores de 51.7ppm, 48.2ppm y 553ppm respectivamente. Posteriormente, se simularon mediante el Software Disper 4.0, que estudia una gran cantidad de emisores de contaminantes atmosféricos. Basados en los resultados obtenidos, se recomendó la colocación de gabinetes purificadores de emisiones tóxicos para el almacenaje de sustancias químicas y muestra de crudos con el cual se desarrollan los ensayos, también el uso de Campanas Extractoras - Purificadoras de gases en los puntos de mayor concentración, además de los dispositivos de extracción de aire de renovación forzada, que minimicen el impacto de los contaminantes que pudiesen quedar en el área del laboratorio por el desarrollo de otros ensayos, ya que al ser estas muy elevadas ocasionan graves daño en el ser humano y el ambiente que nos rodea.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E MAIL				
Patiño, Rayda	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:	11.833.699			
	E MAIL	raydapatino@gmail.com			
	E MAIL				
Guerra, Oly	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	3.733.796			
	E MAIL	olyguerra1@hotmail.com			
	E MAIL				
Ortiz, Franciscol	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	2.804.221			
	E MAIL	Francisco_ortiz@yahoo.es			

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2009	12	3

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis.MedicióndeGasesEmanados.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
 J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x
 y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero en Petróleo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Petróleo

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado “Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento el consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”

AUTOR**AUTOR****AUTOR****TUTOR****JURADO****JURADO****POR LA SUBCOMISION DE TESIS**