

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN QUÍMICA COHORTE 2021

Tema: Estudio a nivel de laboratorio de retención de mercaptanos generados por la descomposición de residuos sólidos urbanos.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Química, mención Química-Física

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyectos de desarrollo

Autora: Ing. Maritza Tatiana Chaglla Cango.

Directora: Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón, PhD.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg., e integrado por los señores: *Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás Mg.*, *Biof. Rosa Maricela Ormaza Hugo MSc.*, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “*Estudio a nivel de laboratorio de retención de mercaptanos generados por la descomposición de residuos sólidos urbanos*” elaborado y presentado por la *señorita Ing. Maritza Tatiana Chaglla Cango*, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Química Mención Química-Física; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal

Quím. Lander Vinicio Pérez Aldás Mg.
Miembro del Tribunal

Biof. Rosa Maricela Ormaza Hugo M.Sc.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Estudio a Nivel de Laboratorio de Retención de Mercaptanos Generados por la Descomposición de Residuos Sólidos Urbanos”, le corresponde exclusivamente a: Ing. Maritza Tatiana Chaglla Cango, Autora bajo la Dirección de Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón PhD, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Maritza Tatiana Chaglla Cango

c.c.:1804484002

AUTORA

Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón PhD.

c.c.:1717442121

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Maritza Tatiana Chaglla Cango
c.c.:1804484002

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<i>PORTADA</i>	<i>i</i>
<i>A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial</i>	<i>ii</i>
<i>AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</i>	<i>iii</i>
<i>DERECHOS DE AUTOR</i>	<i>iv</i>
<i>INDICE GENERAL DE CONTENIDOS</i>	<i>v</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>viii</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>ix</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>xi</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>xii</i>
<i>RESUMEN EJECUTIVO</i>	<i>xiii</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>15</i>
<i>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</i>	<i>15</i>
1.1. Introducción	<i>15</i>
1.2. Justificación.....	<i>16</i>
1.3. Objetivos	<i>18</i>
3.5.1. General	<i>18</i>
1.3.2. Específicos	<i>18</i>
<i>CAPITULO II</i>	<i>19</i>
<i>FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA</i>	<i>19</i>

2.1.	Contaminación Ambiental	19
2.2.	Contaminación odorífica.....	20
2.3.	Residuos sólidos.....	22
2.4.	Disposición final de los residuos sólidos	24
2.5.	Descomposición de residuos sólidos.....	30
2.6.	Enfermedades causadas por los olores	33
2.7.	Mercaptanos	35
<i>CAPITULO III.....</i>		38
<i>MARCO METODOLÓGICO</i>		38
3.1.	Tipo de investigación	38
3.2.	Población o muestra	38
3.3.	Prueba de Hipótesis.....	42
3.4.	Recolección de información.....	43
3.5.	Procesamiento de la información y análisis estadístico	45
3.5.1.	Procedimiento de media.....	45
3.5.2.	Variabes respuesta.....	46
3.5.3.	Tipo de muestreo.....	46
3.5.4.	Fórmulas utilizadas para realizar el muestreo tipo C	46
<i>CAPITULO IV.....</i>		49
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>		49
4.1.	Análisis y discusión de los resultados.....	49
4.2.	Medición de concentración de Metil mercaptano y Ter butil mercaptano .	49
4.3.	Cálculo de la Dosis de concentración (D).....	56
4.3.	Plan de mitigación de olores	58

4.3.1. Alcance.....	58
4.3.2. Antecedes del plan de mitigación de olores	59
4.3.4. Gestión de residuos sólidos.....	62
4.3.5. Detalles del material.....	64
4.3.6. Implementación de la geomembrana HDPE.....	65
4.3.7. Análisis y discusión de los resultados con Geomembrana	66
4.3.8. Contraste de hipótesis	74
4.3.9. Propuesta de plan de acción para mitigar los olores	76
<i>CAPÍTULO V</i>	79
<i>CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS</i>	79
5.1. Conclusiones	79
5.2. Recomendaciones.....	80
5.3. Bibliografía	80
5.4. Anexos	89
5.4.1. Datos obtenidos del ter butil mercaptano.....	89
5.4.2. Datos obtenidos de metil mercaptano	98
5.4.3. Datos obtenidos de ter butil mercaptano con geomembrana	107
5.4.4. Datos obtenidos de metil mercaptano con geomembrana.....	116
5.4.5. Certificado de calibración	127
5.4.6. Norma NTP 320	129
5.4.7. Norma NTP:108.....	137
5.4.8. Registro fotográfico	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de muestras a tomar según la UNE-EN 689.	41
Tabla 2. Características del IBRID MX6.	43
Tabla 3. Valores de TLV - TWA.	48
Tabla 4. Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado. .	56
Tabla 5. Estándares de la dosis de olor según la INSHT.	48
Tabla 6. Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado. .	73
Tabla 7. Estadística de muestras emparejadas.	74
Tabla 8. Correlaciones de muestras emparejadas.....	75
Tabla 9. Prueba de muestras emparejadas.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos de percepción de olor.	22
Figura 2. Esquema de un relleno sanitario.	26
Figura 3. Total de residuos sólidos por material en los Estados Unidos en el 2018. 31	
Figura 4. Caracterización de Residuos Sólidos a nivel nacional 2019.	33
Figura 5. Número de puntos de muestreo.	39
Figura 6. Tipos de muestreo en una jornada de trabajo.	40
Figura 7. Composición de los residuos sólidos.	42
Figura 8. Histograma de prueba kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano en el día 1.	50
Figura 9. Histograma de prueba kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano en el día 2.	51
Figura 10. Histograma de prueba kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano en el día 3.	52
Figura 11. Histograma de prueba kolmogorov-Smirnov para el Ter butil mercaptano en el día 1.	53
Figura 12. Histograma de prueba kolmogorov-Smirnov para el Ter butil mercaptano en el día 2.	54
Figura 13. Histograma de prueba kolmogorov-Smirnov para el Ter butil mercaptano en el día 3.	55
Figura 14. Composición física de residuos sólidos en el Ecuador.	63
Figura 15. Tipo de residuo de área urbana en el Ecuador.	64
Figura 16. Colocación de geomembranada tipo sánduche.	66
Figura 17. Prueba kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano día 1 con geomembrana.	67
Figura 18. Prueba kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano día 2 con geomembrana.	68

Figura 19. Prueba kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano día 3 con geomembrana.	69
Figura 20. Prueba kolmogorov-Smirnov para el ter butil mercaptano día 1 con geomembrana.	70
Figura 21. Prueba kolmogorov-Smirnov para el ter butil mercaptano día 2 con geomembrana.	71
Figura 22. Prueba kolmogorov-Smirnov para el ter butil mercaptano día 3 con geomembrana.	72
Figura 23. Monitor Multigas IBRID MX6.....	142
Figura 24. Área de deposición final de residuos.	142
Figura 25. Evaluación de mercaptanos sin geomembrana HDPE.	143
Figura 26. Disposición final de residuos con geomembrana HDPE.....	143
Figura 27. Evaluación de mercaptanos con geomembrana HDPE.	144

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría para hacer las mejores elecciones para mi vida personal y profesional.

Un agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, prestigiosa institución que me abrió sus puertas para continuar con mis estudios.

A mis padres, hermano y abuelita porque con su apoyo incondicional fue posible que se cumpla mi objetivo personal.

A la Doctora Carolina Montero Calderón PhD. por ser mi tutora y mentora en todo mi proceso de formación académica, gracias a su paciencia, profesionalismo, dedicación y comprensión ha dejado sembrado en mi la semilla de investigación, un campo que realmente me apasiona.

Al la UEM Amazonas por permitirme desarrollar la fase experimental final del trabajo de investigación en sus instalaciones de laboratorios.

A mis docentes Químico Lander Pérez, Msc. & Biof. Rosa Ormaza, y al Ing. Manolo Córdova quienes con su paciencia y su tiempo realizaron significativos aportes en el presente trabajo de investigación.

Expreso mi gratitud a personas importantes como Leonel, Marlon, Vanessa, Teobaldo, Tatiana, Graciela y mis amigas, quienes me han acompañado en esta etapa de formación profesional, sin ellos no lo hubiera logrado.

DEDICATORIA

Con mucho amor, cariño y humildad, dedico el presente logro académico a mis padres Pedro Vicente Chaglla & Edilma Marilin Cango Rojas, pero en especial a mi papá porque nunca me dejó sola en este proceso, siempre estuvo motivándome y dando aliento para no rendirme, es el pilar fundamental en mi vida, ha contribuido con esfuerzo, ejemplo, pero sobre todo con mucho amor y cariño en mi formación profesional y ahora se ve recompensado en este logro que no es solo mío sino de los dos.

A mi hermano Cristhian Jasmany Chaglla Cango, porque es amigo y confidente, nuestro cariño se ha fortalecido con el tiempo y con cada logro, alentarnos mutuamente a salir adelante en todas las metas propuestas.

A mi abuelita, María Etelvina Chaglla porque su ejemplo, buenos consejos y motivaciones han dejado una gran huella en mi vida.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN QUÍMICA
COHORTE 2021

TEMA:

*ESTUDIO A NIVEL DE LABORATORIO DE RETENCIÓN DE MERCAPTANOS
GENERADOS POR LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyectos de desarrollo

AUTORA: *Ing. Maritza Tatiana Chaglla Cango.*

DIRECTORA: *Ing. Carolina del Rocío Montero Calderón PhD.*

FECHA: *Veinte y cuarto de octubre del dos mil veinte y tres.*

RESUMEN EJECUTIVO

Los contaminantes en el aire y las emisiones de olores generados por la descomposición de los residuos sólidos en los rellenos sanitarios afectan negativamente a la salud humana y al bienestar social. Por lo tanto, es necesario controlar y regular estos gases odoríferos. La propagación de olores causa quejas públicas por parte de la población sobre la calidad del aire. El propósito del presente estudio es evaluar la retención de mercaptanos en la descomposición de residuos sólidos urbanos con la cuantificación de la concentración de los compuestos químicos relacionados con el olor, y analizar el efecto de la superación de los límites permisibles de estos contaminantes. El estudio se realizó en el laboratorio de la Unidad Educativa del milenio Amazonas (UEMA) en la ciudad del Orellana, con la ayuda del monitor Multigas IBRID MX6, instrumento 130935W-001, con sensor de fotoionización (PID) calibrado se tomaron muestras continuas (mañana, medio día y noche) durante un periodo de 4 horas por día, este

proceso se lo repitió en tres días. Los datos se procesaron en el programa estadístico SPSS versión 29.00 y finalmente se realizó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para cada compuesto químico con la finalidad de conocer su distribución normal. Los resultados muestran que la concentración de metil mercaptano y ter butil mercaptano la suma total de la dosis es de 4,377 ppm lo cual se encuentra en un riesgo crítico nivel de control según la INSHT: NTP 108. Mientras que, aplicando la geomembrana HDPE de 500 micras la suma total de la dosis es de 0,696 ppm que según la INSHT: NTP 108 se encuentra en un riesgo medio nivel de acción. Por lo tanto, se concluye que el metil mercaptano y ter butil mercaptano sin la geomembrana superan el valor propuesto del TLV-TWA. Mientras que, el metil mercaptano y ter butil mercaptano con la geomembrana el resultado fue efectivo ya que la concentración fue menor. El hallazgo puede ayudar a mejorar la protección del medio ambiente y la calidad de aire de los trabajadores y la comunidad.

DESCRIPTORES: *GEOMEMBRANA, METIL MERCAPTANO, OLORES, RESIDUOS SÓLIDOS, TER BUTIL MERCAPTANO.*

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Los vertederos desempeñan un papel fundamental en la eliminación de los residuos sólidos debido a su bajo costo y alta usabilidad. La contaminación por olores causada por los rellenos sanitarios son un problema ambiental crítico, y ha causado una insatisfacción pública (Yang, Ci, et al., 2022). Las mediciones de olores son la base para evaluar y resolver los problemas de olor, así como la base para juzgar si la emisión de gases cumple con el requisito de las regulaciones de olores y así tomar decisiones administrativas (Y. Wang et al., 2023).

La emisión de gases olorosos de los vertederos resulta principalmente de la producción de compuestos gaseosos durante la descomposición de los residuos sólidos depositados en los vertederos. Se han identificado varios compuestos químicos, incluido sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H_2S), metil mercaptano (CH_3SH), etil mercaptano (C_2H_5SH), ter butil mercaptano ($(CH_3)_3CSH$), sulfuro de dimetilo ($(CH_3)_2S$) y amoníaco (NH_3), entre los cuales los compuestos de azufre se han identificado como los principales contribuyentes a los olores fétidos en los rellenos sanitarios.

Los mercaptanos son gases con un olor distintivo a podrido y son compuestos organosulfurados unidos a un grupo tiol (SH). La exposición a estos gases puede ocasionar problemas en la salud humana, además, estos olores influyen en el bienestar psicosocial de los habitantes Wang (2023).

El relleno sanitario a cielo abierto ubicado en el km 9 vía El Auca, parroquia el Dorado, de la provincia de Orellana, ha presentado varias quejas por parte de los moradores que

viven alrededor del vertedero por contaminación de olores, mal manejo de desechos municipales y por el incumplimiento a la disposición estatal.

Por lo tanto, con este proyecto se busca generar una alternativa para la retención de mercaptanos mediante el uso de una geomembrana HDPE, con el objeto de mejorar la calidad de aire y los daños en la salud pública ya que las evaluaciones de la calidad de aire se detectan, se reconoce y se produce la queja o molestia, por lo que es importante para conocer si los compuestos químicos olorosos cumplen con los límites permisibles.

1.2. Justificación

En las zonas pobladas los hedores han sido una temática de gran impacto e interés para la población y las autoridades, sin embargo, hay ciudades dónde sigue existiendo esta problemática, lo cual afecta a las comunidades que habitan en sus alrededores. Los compuestos químicos que generan malos olores son generalmente los compuestos volátiles de sulfuro por el azufre, así como compuestos aromáticos orgánicos que son percibidas por la nariz Wang et al., (2023).

Cheng et al., (2018) indica que los vertederos son la principal fuente de quejas de las comunidades aledañas debido a las emisiones malolientes que causan problemas al aire y afectan a la salud humana. Arman et al., (2022) evaluó las fuentes, los impactos de los olores y los riesgos en la salud pública de los compuestos olorosos en la instalación de gestión de residuos sólidos de Teherán (Irán) y las áreas vecinas concluyendo que estos compuestos causan efectos significativos en la salud humana, pueden ser cancerígenas y no cancerígenas, por lo que se debe tomar medidas de mitigación para el control de olores.

Ramos Rincon et al., (2018) menciona que es una situación dónde las autoridades deben preocuparse, por: monitorear, atender las quejas públicas y buscar soluciones inmediatas a los reclamos de las comunidades afectadas, no es saludable ni agradable vivir respirando un aire de mala calidad o en condiciones insalubres. Las molestias

causadas por olores fuertes se asocian principalmente con la eliminación de residuos sólidos. Los compuestos volátiles como los aromáticos, de sulfuro y entre otros, son los principales contribuyentes a la contaminación odorífica generada por la disposición final de los desechos sólidos (Piccardo et al., 2022).

Los principales compuestos olorosos emitidos en la putrefacción de residuos sólidos urbanos son: sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3), compuestos orgánicos volátiles (COV's) y mercaptanos, entre otros, los cuales son las principales fuentes de olor en los sitios de disposición final.

Los Mercaptanos son compuestos de azufre que poseen un olor desagradable y que son detectables a bajas concentraciones y responsable del olor característico a peces o muy parecido a un repollo podrido en el medio ambiente. El metil mercaptano, el dimetil mercaptano y el ter butil mercaptano son gases olorosos muy típicos de los rellenos sanitarios que han recibido muy poca atención en comparación con el ácido sulfhídrico (H_2S) (Jin et al., 2020).

En el relleno sanitario de Orellana ubicado al km 9 vía el Auca, los pobladores han manifestado que se presentan fuertes olores, los cuales son emanados del depósito de residuos sólidos. Muchos de ellos manifiestan que las consecuencias de estos fuertes hedores han provocado malestares en su salud como dolor de cabeza o migrañas, pérdida de apetito, estrés, náuseas, vómito, cambios de humor, insomnio, etc. La Organización Mundial de la Salud adiciona los problemas respiratorios y el estado de ánimo negativo a los señalados anteriormente, como las enfermedades ocasionadas por esta problemática (M. L. Santillán, 2021).

Por esta razón, surge la necesidad de realizar una evaluación de mercaptanos en la descomposición de residuos sólidos urbanos a nivel de laboratorio para conocer si superan los límites permisibles al ser emitidos al aire.

1.3. Objetivos

3.5.1. General

Realizar la evaluación de retención de mercaptanos en la descomposición de residuos sólidos urbanos.

1.3.2. Específicos

Cuantificar la concentración de mercaptanos relacionados con el olor que se generan en la descomposición de residuos sólidos urbanos en condiciones controladas.

Analizar el efecto de la superación de los límites permisibles de los mercaptanos y cómo afectaría a la población.

Diseñar un plan de mitigación de olores mediante el uso de geomembrana para la descomposición de la materia orgánica.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.1. Contaminación Ambiental

En los últimos años, la contaminación ambiental se ha convertido en uno de los problemas más críticos e importantes del mundo. Por tal razón, es fundamental tomar conciencia de ello y buscar alternativas para su pronta solución (Guevara Mamani et al., 2023).

Contaminación ambiental se denomina a la presencia de cualquier factor físico, químico, biológico o la combinación de factores en lugares, formas y concentraciones que perjudican la higiene pública, la seguridad y el bienestar de la población, o simplemente puede ser perjudicial para todos los seres vivos (Palacios & Moreno, 2022). Es decir, que la contaminación hoy en día está acabando con la flora y la fauna del medio ambiente, y el ser humano es el mayor causante de este daño.

Leal Esper, (2021) en su investigación concluyó que “La contaminación ambiental está estrechamente relacionada con el concepto de salud pública y por tal motivo debe entenderse como el bienestar físico y social que posee el ser humano, lo que enfatiza que disfrutar de un ambiente saludable es uno de los factores para alcanzar un nivel de calidad óptimo de vida”.

Por tanto, la contaminación ambiental es un problema que va aumentando paulatinamente a nivel mundial, y ha venido provocando la presencia de organismos, microorganismos y sustancias extrañas que perturban y dañan la salud de las personas, los recursos naturales y el equilibrio ecológico. Ruiz Vicente, (2020) indica que los efectos producidos por la inadecuada producción y tratamiento de los desechos sólidos modifican significativamente los ecosistemas que se encuentran a los alrededores de los vertederos. También, es importante señalar que en el Ecuador existe normativa

sobre el uso y manejo de los residuos urbanos, sin embargo, no se está aplicando adecuadamente.

Finalmente, la contaminación ambiental tiene un papel dominante en los seres humanos, con efectos significativos y alarmantes en la salud. Dicha problemática incluye algunos aspectos importantes como la contaminación del aire, agua y suelo, los cuales generan diversas enfermedades como el estrés, irritabilidad, decaimiento al sistema inmunológico, estados depresivos, entre otros (Juliño Carliño et al., 2021). Lo cual indica que a pesar de la adaptación humana a estos cambios negativos la contaminación excesiva en el medio ambiente puede provocar consecuencias irreversibles y muy graves para la salud pública.

2.2. Contaminación odorífica

La exposición a olores desagradables o malos olores, es una contaminación atmosférica, que consiste en la acumulación y concentración elevada de contaminantes en el aire (Vidal, 2020), que proviene del desarrollo de diversas actividades industriales y humanas, las cuales liberan partículas odoríferas al ambiente. Se caracterizan por ser compuestos químicos volátiles y por producir una calidad del aire no óptimo para la población, lo que afecta a su salud de varias maneras (Ramos Rincón et al., 2018). Esta contaminación por olores constituye un importante problema de salud pública porque provoca diversas molestias en las personas como irritación de garganta, pérdida de apetito, náuseas, dolores de cabeza, trastornos del estado de ánimo, etcétera (Cárdenas Valbuena et al., 2018).

Actualmente a nivel mundial, la contaminación del aire está catalogada como uno de los problemas ambientales más importantes y a la vez alarmantes, porque altera el equilibrio de la calidad del aire. Cambia las proporciones de sus componentes e introduce sustancias tóxicas o indeseables en la atmósfera que afecta finalmente a la calidad ambiental (Guevara Mamani et al., 2023).

La contaminación odorífica se da cuando las moléculas suspendidas en el medio ambiente son absorbidas por el olfato utilizando los receptores de la cavidad nasal, estos olores son interpretados como agradables o desagradables en función de la memoria olfativa propia de cada persona (Cueva, 2020). Por tanto, la suspensión de estas partículas odoríficas afecta de manera directa a la calidad de aire y a su vez a la salud pública.

El olor es uno de los principales problemas de estrés ambiental, por tal razón, es necesario evitar el impacto negativo que éste causa. La tolerancia de los seres humanos a los impactos de los olores cada vez aumenta, olores continuos o intermitentes emitidos por los vertederos genera molestias a los residentes que viven en sus alrededores, generando un aumento de quejas de la comunidad (Yang, Li, et al., 2022). Además, Bermúdez et al., (2018) concluye que este tipo de contaminación es un problema notable en la salud pública, porque se han encontrado olores que resultan ser ofensivos y que causan enfermedades como dolor de cabeza, migrañas o jaquecas, pérdida del apetito, trastornos del estado de ánimo, entre otras. Por lo que, es necesario buscar soluciones rápidas a este problema ya que vivir inhalando constantemente aire contaminado no es saludable ni cómodo.

Además, hay un proceso que es importante tomar en cuenta, el de percepción de olor o conocido como el olor en inmisión, este empieza cuando las partículas se encuentran libres en el ambiente, por lo que su dispersión depende mucho de las condiciones climáticas. Posteriormente a ello, puede generar molestias y esto va a depender mucho de la percepción de los habitantes y, si son considerados desagradables éste culmina con una queja (Cueva, 2020), tal y como se muestra en la siguiente figura 1.



Figura 1. Procesos de percepción de olor.

Tomado de: (Cueva, 2020)

Por último, esta contaminación genera malestares a la salud de los seres humanos, debido a que el sistema del olfato se satura al estar expuestos durante mucho tiempo a un mal olor, por lo que termina acostumbrándose a este (Santillán, 2021). Entonces, los malos olores producidos por los rellenos sanitarios son un tipo de contaminación ambiental causando afectaciones respiratorias, lo que ocasiona niveles de descontento tan negativos como cualquier otro problema medio ambiental.

Actualmente, en el Ecuador no se cuenta con una legislación específica que permita la regulación de la contaminación odorífica, así como tampoco no se cuenta con un mecanismo de prevención. Los países como Chile y Colombia están más adelantados con esta problemática ambiental, cuentan con normativa que regula a los olores dañinos para la salud y medio ambiente. Sin embargo, en Ecuador no existe una regulación específica, ni a nivel estatal, ni autónomo sobre esta problemática que cada vez va incrementando.

2.3. Residuos sólidos

Son una problemática que se debe abordar y gestionar de manera adecuada con la finalidad de proteger la salud de las personas, el medio ambiente y la conservación de los recursos naturales. Hoy en día, la población no se da cuenta que los desechos sólidos tienen un enorme impacto en el cambio climático. La eliminación de los residuos

genera la liberación de gases de efecto invernadero y de olores, lo que afecta en gran medida al medio ambiente. Una vez que los desechos orgánicos se descomponen en los rellenos sanitarios y no están controlados se generan gases y olores que afectan drásticamente al clima y al ambiente (Gao et al., 2021)

La acumulación de los desechos sólidos urbanos no tratados es considerada uno de los mayores problemas a nivel global. La producción y acumulación descontrolada de estos elementos, es causada por el rápido crecimiento demográfico y desarrollo de la urbanización, y los sistemas ineficientes de gestión de residuos sólidos urbanos. Sondh et al., (2022) especifica como residuos sólidos urbanos aquellos restos que no son deseados y son producidos en el hogar, las instituciones, las industrias, entre otras. Por ende, la generación de estos en todo el mundo es un motivo de preocupación ya que se producen peligros para la salud de las personas y medio ambiente debido a la acelerada generación.

Por otra parte, Maghsoudi et al., (2023) indica que los residuos sólidos se han venido estudiando mucho en las últimas décadas, y una sociedad civilizada debe encargarse de gestionarlos de manera eficaz y eficiente. Asimismo, menciona que los residuos sólidos urbanos se pueden definir a cualquier sustancia, material u objeto que el titular descarte o deseche. Nanda & Berruti, (2021) menciona que este tipo de desechos también son llamados basura y son todos los elementos o materiales que la población descarta diariamente. Su generación se da básicamente por el acto de consumir bienes o servicios, estos pueden ser domésticos, industriales o de servicio.

Varela, (2018) indica que la basura es todo aquello que no se puede volver a dar otro uso, es decir que no se pueden reciclar, y los residuos son todos aquellos que separados de manera correcta se les puede dar otra oportunidad. Sin embargo, los términos desecho sólido y residuo son sinónimos tanto en lenguaje técnico y legal (Alea et al., 2019). Por tanto, los desechos sólidos municipales son residuos sólidos generados o producidos como resultado de actividades domésticas, comerciales, industriales,

institucionales, mercados, restaurantes, entre otros. Genera alteraciones a los ecosistemas, produce contaminación al aire, al suelo y al agua, lo que representa una amenaza a la salud humana.

La falta de información sobre las consecuencias e impactos adversos, el control inadecuado de la contaminación del ambiente y el daño a los recursos naturales son preocupaciones alarmantes para la humanidad (Kang et al., 2023). Además, a medida del crecimiento demográfico, la cantidad de basura aumenta debido al incremento de actividades humanas, esta acumulación de desechos es muy perjudicial para el medio ambiente y ser humano.

2.4. Disposición final de los residuos sólidos

La disposición final de los residuos sólidos ordinarios es considerado un problema ambiental principal e importante que afecta a la región de Latino América (Velásquez et al., 2018). La recogida, el procedimiento y la eliminación de basura municipal en las zonas urbanas, además de una inadecuada gestión y eliminación son las principales causas que provocan daño irreparable al ambiente como la contaminación del suelo, aire, agua y estética. Además, estos también están relacionados con los trastornos de la salud humana a causa del aumento de gases de efecto invernaderos y fuertes olores (Abdel-Shafy & Mansour, 2018).

Los residuos sólidos urbanos son enviados al vertedero o también llamado relleno sanitario. Las cantidades, la calidad y la importancia de esta eliminación son poco conocidas, pues la falta de cultura sobre la clasificación y los problemas medio ambientales hace que la población elimine todo tipo de desechos en un mismo recipiente. Bello et al., (2022) indica que los residuos sólidos urbanos deben cumplir con una adecuada gestión que cuenta de varias etapas: la recolección, la clasificación, el almacenamiento, el transporte, la disposición final, el proceso y la eliminación, haciendo énfasis en el cuidado del ambiente y la salud pública.

De acuerdo a Aderoju et al., (2020), la disposición final proporciona una eliminación rápida y fácil de los desechos, la cual puede tener consecuencias negativas si no se gestionan de manera correcta y adecuada. También, indica que la ausencia de vertederos deben ser un desafío que requiere de toda la atención por parte de las autoridades competentes. Por tanto, es evidente que la eliminación de los residuos en terrenos abiertos es inadecuada y genera riesgos para la salud y al entorno que lo rodea.

Por otra parte, Ferronato & Torretta (2019), menciona que los rellenos sanitarios al aire son muy visibles en los países en desarrollo. Por lo tanto, se considera una técnica muy aplicada en la eliminación de los residuos sólidos urbanos. Además, estos han sido estudiados desde distintos campos de estudio (González & Stamm, 2022).

El mismo autor menciona que el terreno de un relleno sanitario debe tener una pendiente adecuada cuyo fondo del terreno sea impermeable para prevenir fugas de líquidos o también llamados lixiviados que se producen por la disgregación de los desechos, ya que los componentes químicos pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas, como se muestra en la figura 2. Asimismo, indica que una vez que el vertedero comienza a llenarse se deben instalar chimeneas para controlar los gases que se producen, como por ejemplo el metano (CH₄).

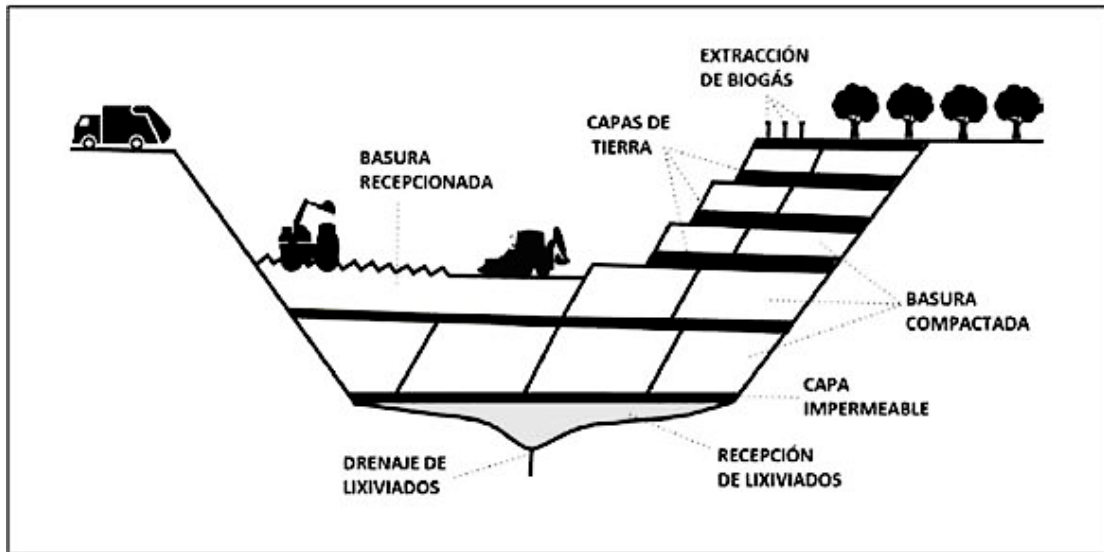


Figura 2. Esquema de un relleno sanitario.

Fuente: (González & Stamm, 2022)

Vallero & Blight, (2019) postula que, para la disposición final de los desechos, el relleno sanitario o vertedero es la técnica comúnmente preferida para abordar la cantidad cada vez más grande de residuos. Del mismo modo, Wan et al., (2022) indica que los vertederos son considerados la forma más fácil y conveniente para la eliminación de la basura. Para Ataúd et al., (2023), los rellenos sanitarios son un componente crítico del entorno de ingeniería, que sirve como repositorio final de los residuos sólidos comerciales, de consumo e industriales. Asimismo, Ren et al., (2022) en su investigación menciona que el vertedero es el método más común, económico y conveniente para la eliminación de los desechos urbanos en todo el mundo. Mientras tanto, Mohanty et al., (2023) también coincide en que el relleno sanitario es la técnica más utilizado para la eliminación de residuos a nivel mundial.

Por tanto, los rellenos sanitarios son aquellas áreas de terreno, lugares o sitios que tienen como objeto almacenar todo tipo de residuos sólidos urbanos ya sea de manera directa en el suelo o para llenar un agujero. Además, deben proteger al medio ambiente de los contaminantes y evitar enfermedades para el ser humano. Sin embargo, los

vertederos al aire libre son perjudiciales ya que amenazan con enfermedades como daños respiratorios, contaminación a las aguas superficiales y subterráneas, y contaminación a todos los lugares aledaños.

En el Ecuador existe un orden cronológico de la normativa a utilizar en la gestión de residuos sólidos y disposición final de los mismos. Primero, La Constitución de la República del Ecuador del 2008 es la normativa jurídica suprema vigente, que posee artículos sobre el cuidado y protección del medio ambiente, que promueve una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la naturaleza, para alcanzar el *sumak kawsay* o buen vivir. En el Art. 14. *“Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado [...]”* Art. 66. En su numeral 27. Se reconoce y garantizará a las personas: *“El derecho a vivir en un ambiente sano libre de contaminación [...]”* (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

Segundo, las leyes orgánicas está el Código de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) literal d del Art. 55 establece las competencias exclusivas del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) en: *“Prestar los servicios públicos de manejo de desechos sólidos [...]”*. Art. 136. Ejercicio de las competencias de gestión ambiental, en el cuarto párrafo indica que los GADs *“establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos [...]”*. En el tercer párrafo del art. 137. Ejercicio de las competencias de prestación de servicios públicos, dice que los GADs deben ejecutar con sus respectivas normativas *“las competencias de prestación de servicios públicos manejo de desechos sólidos [...]”*. Art. 418. Bienes afectados al servicio público, aquellos que se han adscrito administrativamente a un servicio público de competencia del GAD. Constituye en el inciso e *“los activos destinados a servicios públicos como el de recolección, procesamiento y disposición final de desechos sólidos”* (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

Tercero, Código Orgánico del Ambiente (COA) Art. 27. Las facultades de los GAD's metropolitanos y municipales en materia ambiental, literal 6. *“Elaborar proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos [...]”*. Art. 225. Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos, en los siguientes apartados menciona:

1. *“Manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente”*
3. *“fortalecimiento de la educación y cultura ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación al manejo de los residuos y desechos”*
4. *“fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y desechos...”*
7. *“Estímulo a la aplicación de buenas prácticas ambientales, en todas las fases de la gestión integral de los residuos o desechos”*
9. *“Fomento al establecimiento de estándares para el manejo de residuos y desechos en la generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final”*
10. *“Sistematización y difusión del conocimiento e información, relacionados con los residuos y desechos entre todos los sectores”*
11. *“Jerarquización en la gestión de residuos y desechos”*

Corroborando con el inciso 11 el art. 226. Habla de los principios de jerarquización de la gestión de residuos y desechos que deben cumplir con el siguiente orden:

1. Prevención

2. Minimización de la generación en la fuente
3. Aprovechamiento o valorización
4. Eliminación
5. Disposición final

La disposición final se limitará a aquellos desechos que no se puedan aprovechar, tratar, valorizar o eliminar en condiciones ambientalmente adecuadas y tecnológicamente factibles.

Además, refiere que los GAD's municipales o metropolitanos *“promoverán y fomentarán en la ciudadanía [...] en general la gestión de residuos y desechos”*.

Asimismo, dentro de ésta, el capítulo II “gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos” artículos del 228 al 234 hablan sobre la *“gestión apropiada de estos residuos que contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales [...]”* (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018).

Cuarto, Decretos Ejecutivos, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA). En los artículos del capítulo VI sobre la Gestión de residuos sólidos no peligrosos, y desechos peligrosos y/o especiales, menciona que el Estado Ecuatoriano declara a esta gestión como prioridad nacional. Art. 46 inciso segundo *“Tanto las políticas como las regulaciones contenidas en la legislación pertinente, así como en el TULSMA y en las normas técnicas, son de ejecución prioritaria a nivel nacional; su incumplimiento será sancionado [...]”*. Art. 49. Literal i. *“Fomento al establecimiento de estándares mínimos para el manejo de residuos y/o desechos en [...] la disposición final”*.

Art. 57. sobre las responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, literal g *“Eliminar los botaderos a cielo abierto existentes en el cantón*

[...]”. Literal j “*Garantizar una adecuada disposición final de los residuos y/o desechos generados en el área de su competencia, en sitios con condiciones técnicamente adecuadas y que cuenten con la viabilidad técnica otorgada por la Autoridad Ambiental competente [...]*”. Literal K “*Deberán determinar en sus Planes de Ordenamiento Territorial los sitios previstos para la disposición final de residuos y/o desechos no peligrosos [...]*” (Ministerio del Ambiente (MAE), 2017).

Quinto, Ordenanzas municipales, en Orellana no existen ordenanzas destinadas a los residuos sólidos y a su disposición final. Únicamente hay una ordenanza OM-019-2022 que regula el servicio de la disposición final y tratamiento de los desechos sólidos al sector privado.

Sexto, Programa Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (PNGIDS). Acuerdo Ministerial 121. Art. 3 en el tercer párrafo de Principio de jerarquía del manejo de residuos sólidos: “*Establece el fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y/o desechos [...]*” y en el literal d indica la Disposición final, (Ministerio del Ambiente (MAE), 2016).

2.5. Descomposición de residuos sólidos

El comportamiento de estabilización de los residuos municipales en los rellenos sanitarios desempeña un papel muy importante en el diseño, operación y mantenimiento de dichos lugares destinados para la disposición de final de desechos. La estabilización depende de los procesos de descomposición biológica de estos residuos (Chen et al., 2020). Feng et al., (2019) sostiene que la degradación de los desechos conduce a la disminución de estos con respecto al peso en un determinado tiempo.

Por otra parte, Abdel-Shafy & Mansour, (2018) describe a la degradación de estos materiales de acuerdo con el tiempo como un componente muy importante porque rige

el monto total del material reciclable. Según la Environmental Protection Agency (EPA), (2022) estimó que la estimación total de generación de residuos municipales de los Estados Unidos en el 2018, fue de 146.1 millones de toneladas. Además, detalla que la comida es el componente más grande con alrededor del 24%, los plásticos más del 18%, el papel y cartón cerca del 12%, los textiles, caucho y cuero con más del 11% y otros materiales menos del 10%, figura 3.

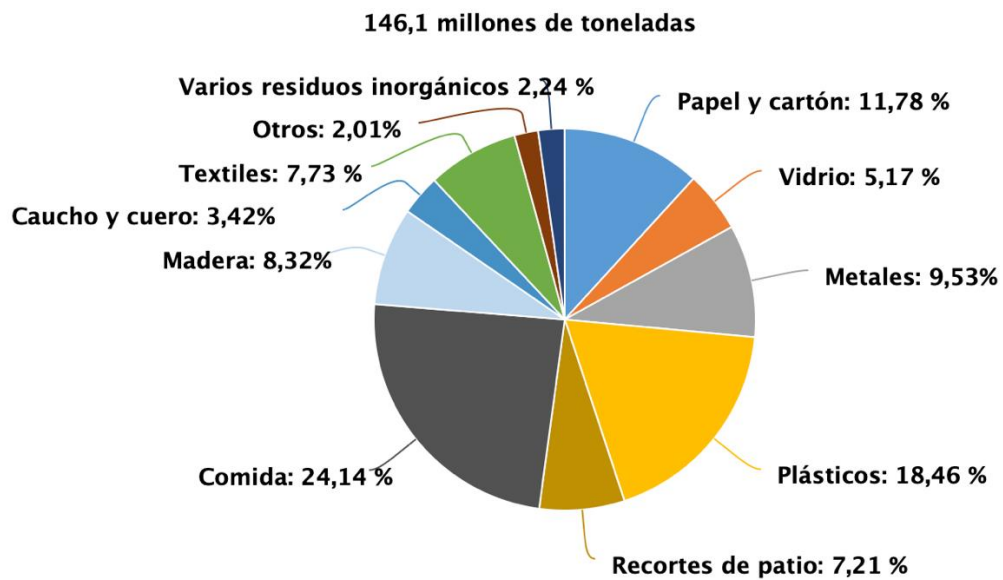


Figura 3. Total de residuos sólidos por material en los Estados Unidos en el 2018.

Fuente: (EPA, 2022)

El aumento de los desechos es notable conforme pasan los años, debido a las necesidades del ser humano. Además, se observa que los desechos domésticos producidos en mayor cantidad son los alimentos que a su vez son biodegradables, estos tienen una desintegración natural que dura un determinado tiempo y que a su vez genera olores desagradables (Ortega Ramírez et al., 2021). Asimismo, por más estrategias que se han diseñado para tratar los residuos sólidos la reducción del volumen no es el suficiente debido a la complejidad de su tratamiento.

Tito, (2020) define a la descomposición de residuos sólidos como la reducción en volumen de desechos mediante procesos naturales como la digestión por microorganismos para la obtención de materia orgánica. De igual forma, Fuentes Aliaga, (2018) detalla que la descomposición es la reintegración de forma natural de los residuos orgánicos e inorgánicos a la naturaleza por medio de un desgaste o corrosión generados por los factores climáticos tales como la humedad, la luz, la temperatura, entre otros. Sin embargo, en la desintegración de estos elementos, se generan olores fuertes que afectan al medio ambiente y al ser humano, por tal razón se debe realizar una gestión integral.

A pesar de que la descomposición de la basura busca minimizar la cantidad de desperdicios en los tiraderos, el proceso genera olores muy desagradables y líquidos tóxicos lo cual provoca contaminación al suelo, agua, aire, ser humano y los sectores aledaños a la disposición final generando disgusto a la población.

En el Ecuador, El Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), solicitó la actualización del Dictamen de Prioridad del Proyecto “Gestión Integral de Desechos Sólidos” periodo 2010-2021. Los 221 Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), en el año 2010 produjo 3’988.750 toneladas anuales de residuos sólidos. Para el año 2019, se estimó una producción de 4,8 millones de toneladas anuales. En la figura 4 se presenta la caracterización de residuos sólidos a nivel nacional en el año 2019 (INEC - PNGIDS 2019, 2021).

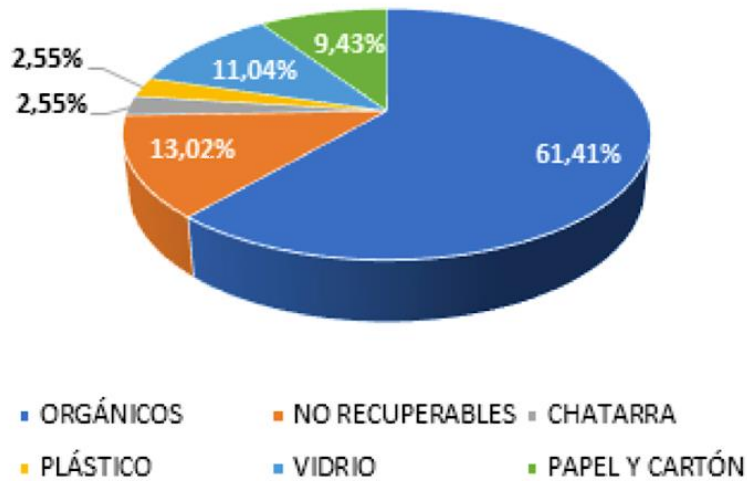


Figura 4. Caracterización de Residuos Sólidos a nivel nacional 2019.

Fuente: (INEC - PNGIDS 2019, 2021)

En la ciudad de Ambato capital de la provincia Tungurahua Acosta & Ramón, (2016) en su investigación “*Evaluación y Control de olores en el área de disposición final de desechos en Tenería Amazonas*” menciona que la biodegradación de la materia orgánica acumulada en el depósito final, genera molestias tanto a los trabajadores de la empresa y los habitantes que viven por el sector de la empresa, mismas que son causadas por los fuertes olores producidos en descomposición de los residuos generados del curtido del cuero. Además, concluye que las sustancias químicas con mayores olores fétidos son: amoníaco (NH_3), sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H_2S) y los compuestos orgánicos volátiles (COV’s), que causan daños a la salud del ser humano sin son inhalados con frecuencia (Acosta & Ramón, 2016).

2.6. Enfermedades causadas por los olores

El derecho de residir en un ambiente sano y libre de contaminación brinda a la población la oportunidad de desarrollarse y vivir una vida plena. Sin embargo, las actividades humanas tienen un alto impacto en el ambiente y no siempre de manera positiva, por ejemplo, un aspecto que daña al entorno es la producción de desperdicios,

además del manejo, procedimiento y almacenamiento inadecuado. Cárdenas Valbuena et al., (2018) en su investigación concluye que la incorrecta disposición final de la basura en los vertederos causa riesgos potenciales de contingencia, enfermedades como respiratorias, cutáneas, accidentes a la salud y daños ambientales ocasionando contaminación y sobrecalentamiento.

Los olores emitidos por los rellenos sanitarios puedan dar lugar a quejas por parte de la población que residen cerca. Estos hedores pueden causar síntomas temporales como náuseas y dolor de cabeza. Sin embargo, las personas que sufren algún tipo de enfermedades respiratorias como el asma son más sensibles (Tansel & Inanloo, 2019). Del mismo modo, Fang et al., (2022) menciona que el alto contenido de humedad de los residuos causa molestia y ésta es una de las razones de las quejas de los habitantes aledaños.

Cheng et al., (2019) indica que la identificación del olor es primordial para la comprensión de los residuos sólidos a gran escala, por tanto, entre el vertedero y una planta de compostaje descubrió que ésta última sufre una contaminación más pesada por olores. Por tal razón, Wang et al., (2023) menciona que las mediciones de olores son la base para evaluar y resolver los problemas de salud ocasionados por estos.

Además, Siddiqua et al., (2022) señala que los producidos en los vertederos están asociados con problemas de salud respiratoria y ciertos tipos de cáncer (cáncer de pulmón). La investigación concluye que la contaminación ambiental que causan los rellenos sanitarios crean mayor riesgo para los infantes que habitan a los alrededores de los vertederos. Asimismo, Wu et al., (2018) indica que las molestias causadas por los fuertes olores producidos en la disposición final de los residuos y que son creados por compuestos olorosos es preocupante, pues la exposición prolongada a éstos genera cambios irritantes que van desde el estrés emocional hasta los síntomas físicos, como las ansiedad, migrañas, náuseas y vómitos, irritación ocular y complicaciones

respiratorias. También, menciona que el aumento de quejas por parte de los habitantes destaca la necesidad de evaluar la contaminación por olores.

Es decir, la contaminación odorífica la cuál es causada por los olores incontrolables producidos en los vertederos es una de las contaminaciones que está afectando al medio ambiente humano. En la actualidad, los problemas y las quejas por olores de los rellenos sanitarios han aumentado drásticamente, debido a que afecta la vida cotidiana de las comunidades, además, los cambios climáticos, la dirección del viento influye en la propagación de los olores llegando a cubrir un área muy grande. A esto también se suma las preocupaciones médicas que presentan los residentes, siendo el más común los dolores de cabeza y el estrés causado.

2.7. Mercaptanos

La contaminación odorífica producida por los residuos sólidos urbanos de los rellenos sanitarios ha venido generando preocupación pública, pues los compuestos liberados en estos lugares poseen una composición compleja. Por ende, identificar los compuestos con olores requiere de monitoreo y evaluación (Chang et al., 2019).

Por otra parte, Gao et al., (2021) menciona que los contaminantes por olores de un relleno sanitario pueden generar graves impactos en el medio ambiente y en los residentes. Asimismo, indica que los sulfuros orgánicos, los ácidos orgánicos y la amina son los principales contaminantes malolientes emitidos por la disposición final de los residuos sólidos.

La evaluación del impacto de los olores de varias fuentes productoras es un tema ambiental importante, pero medirlo a nivel ambiental es difícil y muy costoso (Motalebi Damuchali & Guo, 2019). Este ha sido el principal problema por el cual no se realizan mediciones de compuestos olorosos.

Fang et al., (2022) en su investigación de evaluación de los compuestos olorosos en los residuos sólidos urbanos examinó nueve compuestos comunes, los cuales son: tres compuestos de azufre (sulfuro de hidrógeno, metil mercaptano y disulfuro de dimetilo), dos compuestos oxigenados (acetaldehído y acroleína), dos hidrocarburos aromáticos (estireno y 1,3,5-trimetilbenceno), y dos hidrocarburos halogenados. Dónde los tres compuestos de azufre: sulfuro de hidrógeno, disulfuro de dimetilo y metil mercaptano presentaron puntuaciones altas con respecto a las molestias olfativas.

Los mercaptanos son considerados los compuestos de azufre más indeseables debido a su mal olor y su naturaleza altamente corrosiva, por lo que se debe eliminar debido a los problemas ambientales que generan (Gao et al., 2021). Del mismo modo, Pletneva et al., (2022) menciona que los compuestos de azufre son corrosivos dentro de ellos están el sulfuro de hidrógeno y los mercaptanos de metilo y etilo, asimismo su alta volatilidad es una causa de riesgos ambientales.

Estos elementos son moléculas de fórmula general R-SH, dónde R es una fracción en la que un átomo de carbono (C) se une de manera directa al azufre (S). También, son conocidos como tioles o compuestos de sulfhidrilo, están presentes en toda la naturaleza ya sea en seres vivos como no vivos. Estos tioles se oxidan fácilmente a compuestos de disulfuro (R-S-S-R), que a su vez se puede reducir a un tiol inicial. Asimismo, tienen un olor muy desagradable que se puede detectar en concentraciones de ppb (partes por billón) y a concentraciones muy altas son tóxicos (Van & Farris, 2023).

Wang (2023), indica que estos elementos son compuestos de tiol orgánicos. Algunos mercaptanos son: metil mercaptano (CH_3SH) y etil mercaptano ($\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$). Son encontrados en el oro negro o petróleo y en el gas natural, son peligrosos en concentraciones bajas y tienen un olor pesado en concentraciones extremadamente bajas. Los límites de concentración de olores para el metil mercaptano es de 0.5 ppm y

2.1 ppb. Por otra parte, Ostrom, (2023) hace referencia al metil mercaptano y menciona que es un químico altamente tóxico, pero su olor puede ser detectado en muy bajas concentraciones en las cuales no se considera riesgosas para la salud humana.

Existen algunos mercaptanos ya que son una familia química. El azufre está presente en su estructura y se lo conoce generalmente como mercaptano, de igual forma son una clase de compuestos orgánicos formado por un grupo arilo o alquilo y un grupo tiol. Sin embargo, los más estudiados son: metil mercaptano y etil mercaptano.

Metanotiol o también llamado metil mercaptano (CH_3SH) es un gas que causa irritación a los ojos, la piel y las vías respiratorias. Además, puede afectar las vías respiratorias y a los pulmones. Otros efectos son el dolor de cabeza, mareos, temblores y convulsiones, náuseas y vómitos, falta de coordinación.

Etanotiol o etil mercaptano es un líquido o gas incoloro o amarillento, conocido como un compuesto organosulfurado de fórmula $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$. Posee un olor repugnante a ajo o podrido, consiste en un grupo etilo (CH_3CH_2) unido a un grupo tiol (SH). Se utiliza para pesticidas tóxicos sin olor para darles un olor de advertencia, debido a que es altamente tóxico (Sung et al., 2022).

Además, también se encuentra el ter butil mercaptano (CH_3)₃CSH que pertenece a la familia del alquilo mercaptano y ha sido catalogado como peligroso bajo las regulaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Se lo utiliza para varios fines, como odorización del gas natural, en la industria del caucho, entre otras. Este gas causa preocupación a nivel ambiental, de salud y de seguridad pública. Estar expuesto a este material, puede provocar irritación a los ojos y la piel, además de causar reacciones alérgicas, parálisis muscular, mareos, náuseas y depresión del sistema nervioso central (Roohi & Fatehifar, 2019).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es un proyecto experimental de desarrollo, en la que se utilizan metodologías de calidad de aire en interiores basado en la norma UNE 171330-2; la norma UNE-EN 689, que indica la sucesión de preferencia para elegir un modelo de muestreo; la norma NTP 320 para Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas, y finalmente se comparara el valor límite en concentración de partes por millón (ppm) y Riesgo químico sistemático para la evaluación higiénica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España.

La investigación que se aplicó en el presente trabajo fue experimental, ya que se utilizó la práctica y la intervención de un analista para la determinación de las concentraciones en ppm de metil mercaptano y ter butil mercaptano, el cuál fue fundamental para la investigación.

3.2. Población o muestra

Se utilizó la norma UNE 171330-2 de la Unión Europea, de Calidad ambiental en interiores para la determinación de puntos de muestreo. Para lo cuál en la figura 4, se marca los puntos que se muestreó dentro de una área de 100 m² (Laboratorio de Ciencias Naturales de la Unidad Educativa del Milenio Amazonas (UEMA)) obteniendo un único punto a muestrear.

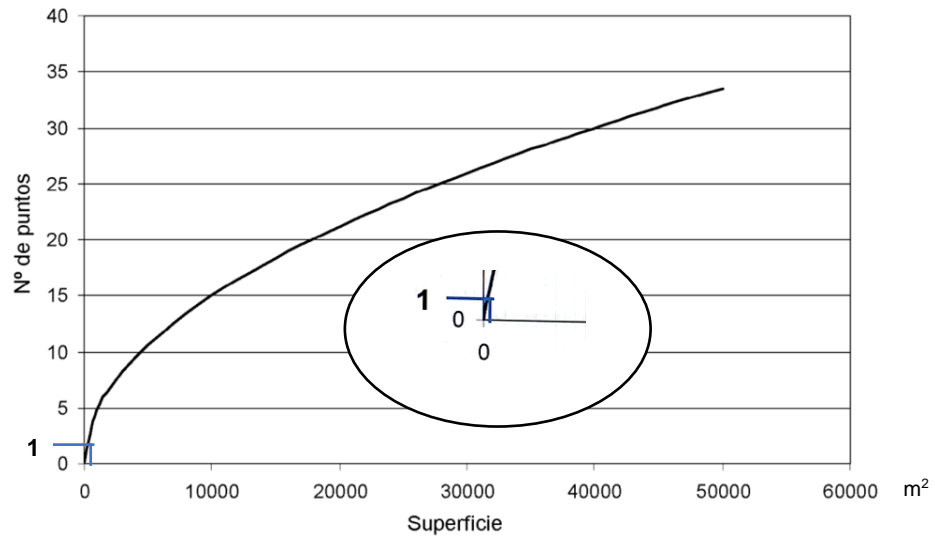


Figura 5. Número de puntos de muestreo.

Fuente: UNE 171330-2, (2014)

También, se utilizó la gráfica del tipo de muestreo por jornada, tal y como menciona la norma UNE-EN 689, que indica el orden de preferencia al seleccionar un modelo de muestreo. En la figura 5, se analiza y se selecciona el tipo de muestreo que se acopla a al presente trabajo de desarrollo.

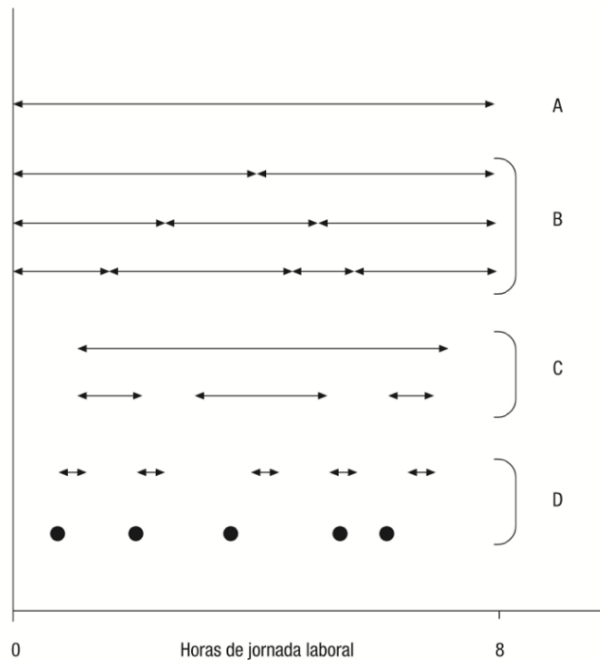


Figura 6. Tipos de muestreo en una jornada de trabajo.

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2010)

Se utilizó 1 punto a muestrear y se lo colocó en el centro del laboratorio. Además, se escogió el muestreo tipo C, que es de periodo continuo dividiendo las mediciones en tres partes, con una muestra única o muestras consecutivas. Para una jornada de 8 h, el periodo muestreado no debió ser inferior a 4 h, es decir que se tomaron mediciones de una muestra en un lapso de tiempo de 4 h durante toda la jornada de trabajo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2010). Por lo antes mencionado, se tomaron muestras continuas dividiendo las mediciones en tres partes del día, durante la mañana, medio día y noche, en un periodo de 4 h diarias, esto se lo repite por tres días, con la finalidad de obtener datos confiables.

Tabla 1. Número de muestras a tomar según la UNE-EN 689.

Duración de la muestra	Unidad de medida	Número mínimo de muestras por jornada de trabajo
10	s	30
1	min	20
5	min	12
15	min	4
30	min	3
1	h	2
≥ 2	h	1

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), (2010)

La Tabla 1, determina el número de muestras que se debe analizar y, debe ser al menos el 25% del tiempo de exposición, evitando que no se generen cambios significativos en la concentración en ppm del compuesto químico a lo largo de dicho tiempo. Por tanto, se tomaron 2 muestras en la mañana, 4 muestras al medio día y 2 muestras en la noche cada una con 30 min de diferencia hasta cumplir las 4 h.

Es importante mencionar que el equipo registra los datos cada cinco segundos, por lo cual se prende el equipo y se deja por tres minutos para que tome un total de 36 datos en cada medición. Los datos fueron tomados a las 7:00, 7:30, 13:00, 13:30, 14:00, 14:30, 19:00 y 19:30.

Maza, (2016) en su estudio *“Propuesta de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios del área urbana del cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana”* determina que ver figura 7.

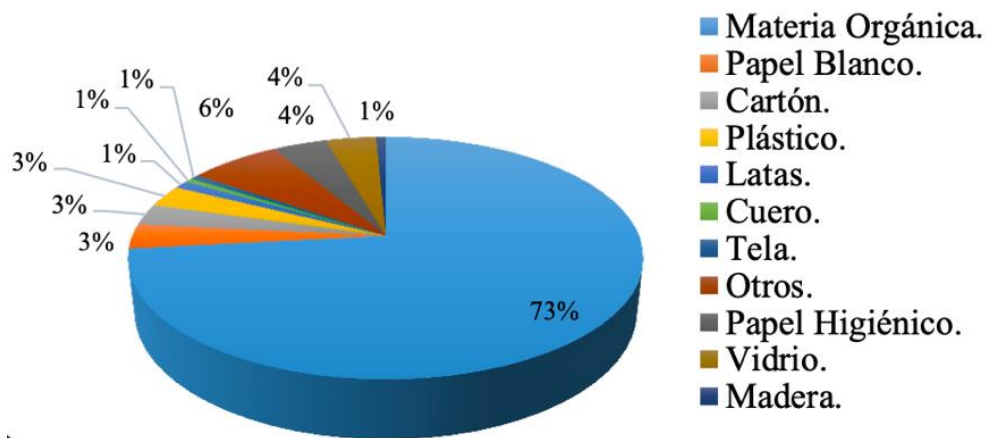


Figura 7. Composición de los residuos sólidos.

Fuente: (Maza, 2016)

La caracterización de los residuos sólidos municipales en Francisco de Orellana incluye 73% que equivale a 582,47 ton/mes de materia orgánica, 6% corresponde a 47,87 ton/mes de escombros y otros tipos de residuos no descritos, 13% con una producción de 103,73 ton/mes representa a los plásticos, cartón, papel y vidrio, 8% concierne a 63,83 ton/mes de residuos sólidos como latas, tela, madera, cuero, papel higiénico. Por tanto, la generación total de desechos en el cantón es de 797,90 ton/mes, el cual ocupa un volumen total de 103,70m³/mes (Maza, 2016), (figura 7).

Por lo antes mencionado, el presente trabajo se centró en los desechos de materia orgánica que en la ciudad de Orellana representa el 73% de la muestra, además los mercaptanos poseen un olor muy característico al repollo en putrefacción. Es por eso, que las mediciones se darán en la descomposición de los residuos orgánicos.

3.3.Prueba de Hipótesis

H0: El uso de geomembrana no disminuye los olores en la descomposición de residuos sólidos urbanos de Orellana en condiciones controladas.

H1: El uso de geomembrana disminuye los olores en la descomposición de residuos sólidos urbanos de Orellana en condiciones controladas.

3.4.Recolección de información

En la investigación se utilizó un método automático para las mediciones de la concentración en ppm de los mercaptanos, los cuales son liberados en los residuos sólidos de materia orgánica. Se utilizó el equipo IBRID MX6 que actualmente se lo utiliza para medir concentraciones de gases tóxicos en la industria.

La información de los mercaptanos se obtuvo del equipo Multigas IBRID MX6, instrumento 130935W-001, con sensor de fotoionización (PID) calibrado y se registró los datos de manera digital y de forma extra se mantuvo un registro manual todas las mediciones que se realizaron en los residuos sólidos a nivel de laboratorio. Los datos obtenidos por el equipo están en unidades de concentración ppm, al final se realizó un promedio y se comparó con la norma NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas.

En la Tabla 2 se presenta las características con las que generalmente se trabaja el equipo multigas Ibrid MX6.

Tabla 2. Características del IBRID MX6.

Ítems	Característica
Tipo de batería	Placa de sensor
SN del sensor	1002892
Número de serie	130935W-001
Tipo de sensor	Sensor PID
Gas de calibración	ISOBUTILENO (10 ppm)
Fabricante	Industrial Scientific

Tipo	MX6 iBRID
Número de pieza	MX6-0000R213
Número de trabajo	130935
Técnico de Instalación	SGB
Intervalo de calibración	90 días
Intervalo de registro	5 segundos
Opción de retroiluminación	Temporizado
Base de tiempo TWA	8 horas
Editar sitio en planta	Apagado
Alarma vibratoria permitida	Encendido
Vibración de buen funcionamiento permitida	Apagado
Alarma visual permitida	Encendido
Puede calibrar en campo	Encendido
Usuario activo indicado al encender	Apagado
Visualización de fecha al encender	Encendido
Flash de buen funcionamiento permitido	Apagado
Pantalla reversible a 180 grados	Apagado
Editar factor de respuesta PID en planta	Encendido
Visualización de registro de datos en planta permitida	Encendido

Editar factor de correlación LIE en planta	Apagado
Puede poner a cero en campo	Encendido
Visualización del registro de eventos en planta permitida	Encendido
Sobre escritura de registro de datos activada	Encendido
Alarma audible permitida	Encendido
Nombre de la empresa mostrado en el arranque	Apagado
Modo pantalla	Modo gráfico

Fuente: (INDUSTRIAL SCIENTIFIC, 2023)

3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico

3.5.1. Procedimiento de media

La guía técnica para evaluar y prevenir los riesgos relacionados con los compuestos químicos presentes en los lugares de trabajo, indica que el muestreo durante la jornada laboral estimando el valor más probable de la media aritmética se debe comparar con la norma NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas.

Para constatar que los datos obtenidos y procesados por las diferentes fórmulas matemáticas sigue una distribución normal, se aplicó una prueba no paramétrica llamada Kolmogorov-Smirnov para cada mercaptano en cada una de las réplicas; una vez comprobado que tipo de distribución sigue se realiza la prueba estadística T de student para muestras relacionadas con el fin de dar respuesta a la hipótesis planteada (Acosta & Ramón, 2016)

3.5.2. Variables respuesta

Para estudiar la retención de mercaptanos, el tamaño de muestra de la medición directa, la concentración de cada uno de los compuestos químicos, la estimación de los parámetros del modelo y como variable respuesta la concentración en ppm de metil-mercaptano y ter butil-mercaptano.

3.5.3. Tipo de muestreo

Se utilizó un tipo de muestreo Tipo C según la norma UNE-EN 689, dividiendo las mediciones en tres partes, con una muestra única Para una jornada laboral de 8 h, el tiempo de muestreo no debe ser inferior a 4 h, es decir que se debe tomar las mediciones de una muestra en un lapso de 4 h durante toda la jornada de trabajo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2010).

3.5.4. Fórmulas utilizadas para realizar el muestreo tipo C

- **Cálculo de le exposición diaria.**

$$ED = \frac{\sum C_i * t_i}{\sum t_i} * \frac{J}{8}$$

Ec.1

Dónde:

C_i = concentración de la exposición laboral en el tiempo t_i (ppm)

t_i = tiempo de exposición (horas)

8 = tiempo de referencia del valor límite (horas)

J = Duración de la jornada (horas)

Y donde $\sum t_i$ sería la duración de la jornada en horas, que puede ser inferior, igual o superior a 8 horas.

- **Cálculo del índice de exposición**

$$I = \frac{ED}{VLA - ED}$$

Ec.2.

ED = Exposición diaria de un trabajador al compuesto químico (ppm)

VLA - ED = Valores límites Ambientales de la exposición diaria (ppm)

- **Cálculo de la concentración promedio**

Se calculó una concentración promedio C de cada contaminante.

$$C = \frac{C_i * t_i}{\sum t_i}$$

Ec.3.

- **Cálculo de la concentración de exposición diaria C₈**

Se calculó la concentración de exposición diaria C₈ con la ecuación 4.

$$C_8 = \frac{\sum C_i * t_i}{8}$$

Ec.4.

- **Cálculo de la dosis de concentración D**

Se calculó la dosis de cada compuesto químico utilizando la ecuación 5.

$$D = \frac{C_8}{TLV TWA}$$

Ec.5.

Para realizar este cálculo es preciso conocer el Valor Umbral Limite – Media Ponderada en el Tiempo mejor conocida como TLV –TWA, ver Tabla 3.

Tabla 3. Valores de TLV - TWA.

NOMBRE	OLOR	U.O (ppm)	TLV-TWA (ppm)	OBSERVACIÓN
Metilmercaptano	Podrido	0,0016	0,5	Irritación en los ojos y vías respiratorias.
Butilmercaptano	Fétido	0,00097	0,5	Irritación en los ojos y vías respiratorias.

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)., 2010)

Posterior a ello, la Tabla 4, muestra los valores que se encuentran preestablecidos según la INSHT NTP 108: Criterios toxicológicos generales para los mercaptanos y, determinar el nivel de riesgo.

Tabla 4. Estándares de la dosis de olor según la INSHT.

Dosis	Riesgo
D < 0,5	Bajo
D (0,5 - 1)	Medio nivel de acción
D (1 - 2)	Alto nivel de control
D > 2	Critico nivel de control

Fuente:(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)., 2012)

- **Cálculo de la dosis de concentración**

Para el procesamiento de los datos y la generación de estadísticas confiables se usó el software IBM® SPSS® versión 29.00, el cual realiza un análisis estadístico avanzado acompañada de una biblioteca muy amplia de algoritmos de machine learning, que ayuda al cálculo de los p-valores para posteriormente realizar el contraste de hipótesis, logrando responder al objetivo de la presente investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y discusión de los resultados

Se realizaron determinaciones en tres fechas diferentes para Metil mercaptano y Ter butil mercaptano en los residuos de materia orgánica del cantón Orellana. La variación de cada toma de muestra fue de 30 minutos, obteniendo un total de 36 datos en cada sesión, y durante toda la jornada un total de 288 valores.

Para obtener el promedio se utilizó las medias de todas las concentraciones obtenidos en los tres días durante toda la jornada laboral, los que se muestran a continuación.

4.2. Medición de concentración de Metil mercaptano y Ter butil mercaptano

En base a los datos obtenidos, ver anexo 5.4. (5.4.1. Datos obtenidos de ter butil mercaptano y 5.4.2. Datos obtenidos de ter butil mercaptano), se realizó una prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para cada uno de los mercaptanos en las fechas establecidas en el levantamiento de información, esto con el objetivo de constatar si los datos obtenidos se distribuyen de manera normal, los resultados se presentan desde la figura 8 hasta la figura 13.

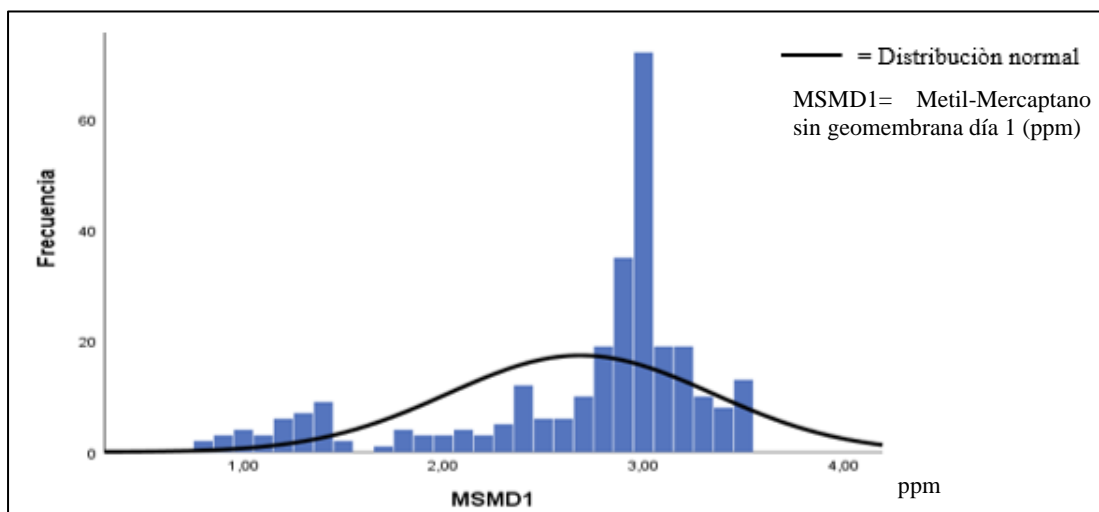


Figura 8. Histograma de prueba Kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano en el día 1.

La figura 8, muestra al metil mercaptano en el día 1, dónde las medias se encuentran más dispersas, indicando que existe mayor variabilidad, por tal razón, la distribución normal es más alargada o aplanada. Asimismo, se observa que el valor de la media se encuentra hacia la derecha en una concentración aproximada de 2 ppm, indicando que la distribución normal es asimétrica hacia la derecha.

Acosta & Ramón, (2016) en su proyecto presenta un histograma para el mismo compuesto en la réplica 1, pero la distribución normal es asimétrica hacia la izquierda. Esto se da porque las mediciones las realizó en residuos de carnaza, tres réplicas en un mismo día, obteniendo 50 datos.

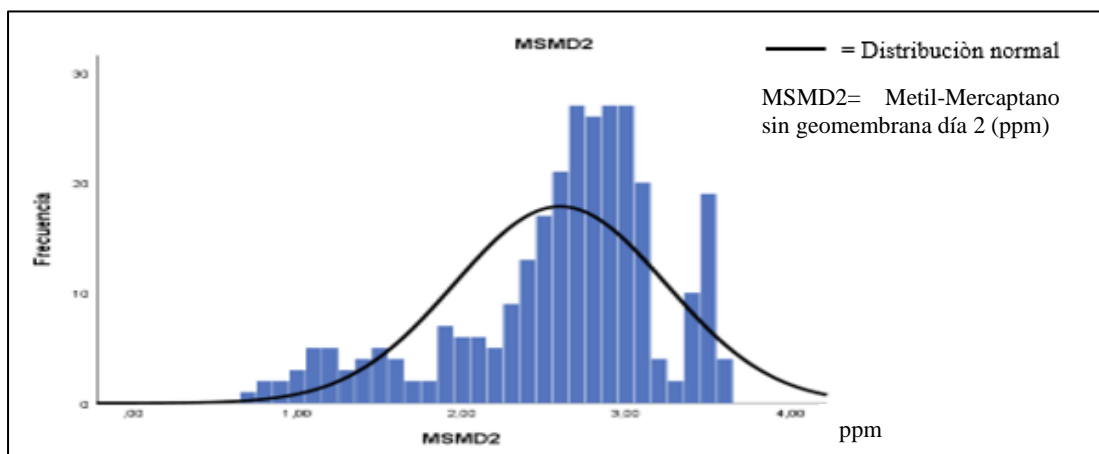


Figura 9. Histograma de prueba Kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano en el día 2.

La figura 9, muestra al metil mercaptano en el día 2, al igual que la figura anterior las medias se encuentran dispersas lo que indica mayor variabilidad de datos. La distribución normal es alargada y se observa que el valor de la media se encuentra hacia la derecha en una concentración aproximada de 2 ppm, indicando que la distribución normal es asimétrica hacia la derecha.

Del mismo modo, Acosta & Ramón, (2016) presenta un histograma para el mismo compuesto réplica 2, pero la distribución normal es asimétrica hacia la izquierda. Por lo tanto, al comparar con la presente investigación los resultados son opuestos debido al residuo utilizado.

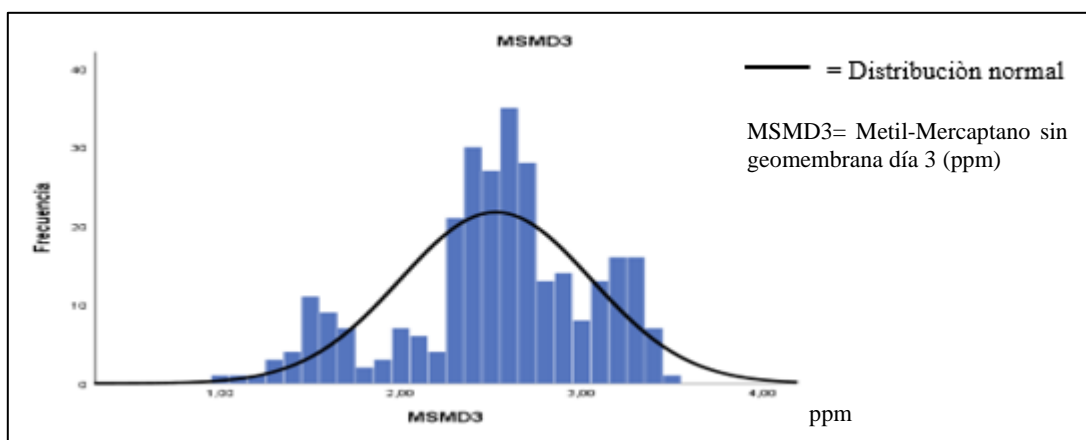


Figura 10. Histograma de prueba Kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano en el día 3.

La figura 10, muestra al metil mercaptano en el día 3, al igual que las figuras anteriores muestra variabilidad en las medias. La distribución normal es alargada y se observa que el valor de la media se encuentra en una concentración aproximada de 2 ppm, indicando que la distribución normal es asimétrica hacia la derecha.

Acosta & Ramón, (2016) demuestra en un histograma del mismo compuesto réplica 3, que la distribución normal es asimétrica con dirección a la izquierda, indicando que los resultados son diferentes y muestran una asimétrica distinta.

Las tres figuras antes mencionadas tienen similitud a pesar de ser medias en tres días diferentes. Indica que el metil mercaptano sin geomembrana posee valores de concentración muy altos y a su vez muy dispersos, indicando una desviación estándar mayor. El metil mercaptano tiene una masa molecular de 48,10 g/mol, que indica que, al ser liviano, éste sale más rápido que el ter butil mercaptano y sus datos van a variar.

Es importante mencionar que la investigación utilizada para comprar no coincide la distribución normal debido a que el investigador utiliza otro tipo de muestreo (Muestro tipo E) y en la gráfica la distribución normal es logarítmica.

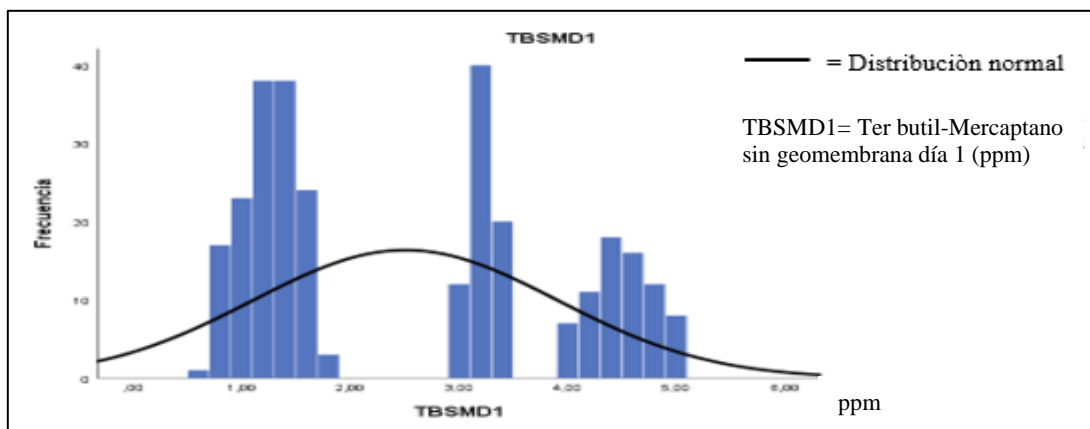


Figura 11. Histograma de prueba Kolmogorov-Smirnov para el Ter butil mercaptano en el día 1.

La figura 11, muestra al ter butil mercaptano en el día 1, indicando que las medias de concentración obtenidas son muy dispersas una de otra, empieza con valores altos y van bajando consecutivamente, lo que indica mayor variabilidad de datos. La distribución normal es alargada y se observa que el valor de la media se encuentra hacia la izquierda en una concentración aproximada de 4 ppm, indicando que la distribución normal es asimétrica hacia la izquierda.

Acosta & Ramón, (2016) presenta un histograma para el mismo compuesto réplica 1, en la que coincide la distribución normal. Del mismo modo, las medias son muy dispersas. Lo que indica que el ter butil mercaptano al ser un gas con una masa molecular de 90,05 g/mol se demora en salir y se puede medir obteniendo datos más precisos.

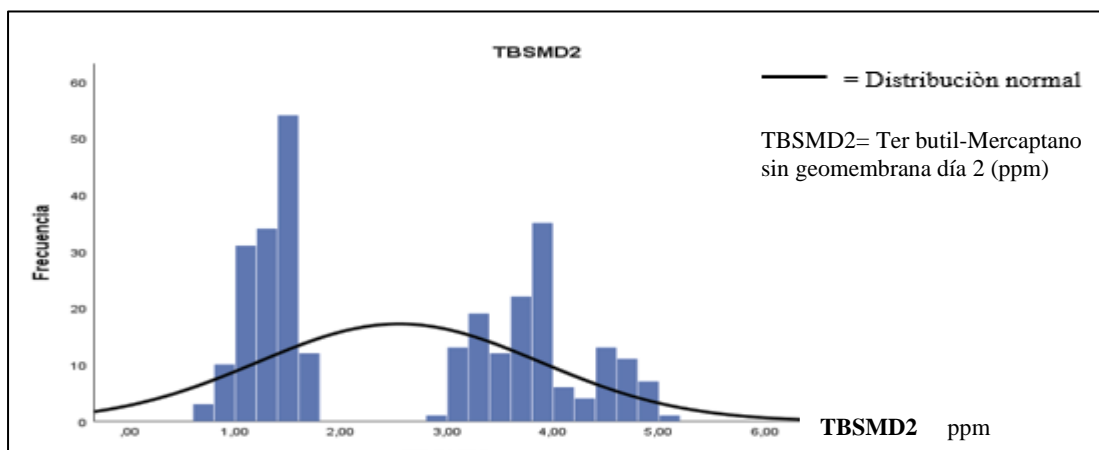


Figura 12. Histograma de prueba Kolmogorov-Smirnov para el Ter butil mercaptano en el día 2.

La figura 12, muestra al ter butil mercaptano en el día 2, las medias de concentración obtenidas al igual que la figura anterior se encuentran dispersas, indicando una variabilidad de datos y desviación estándar mayor. La distribución normal es más alargada o aplanada y se observa una concentración aproximada de 3,5 ppm, indicando que la distribución normal es asimétrica hacia la izquierda.

Del mismo modo, Acosta & Ramón, (2016) demuestra con un histograma para el mismo compuesto en la réplica 2, posee una distribución normal asimétrica hacia la izquierda, que al comparar con el presente proyecto la distribución normal es similar pero los resultados son diferentes ya que la media de concentración está aproximadamente en 1,1 ppm.

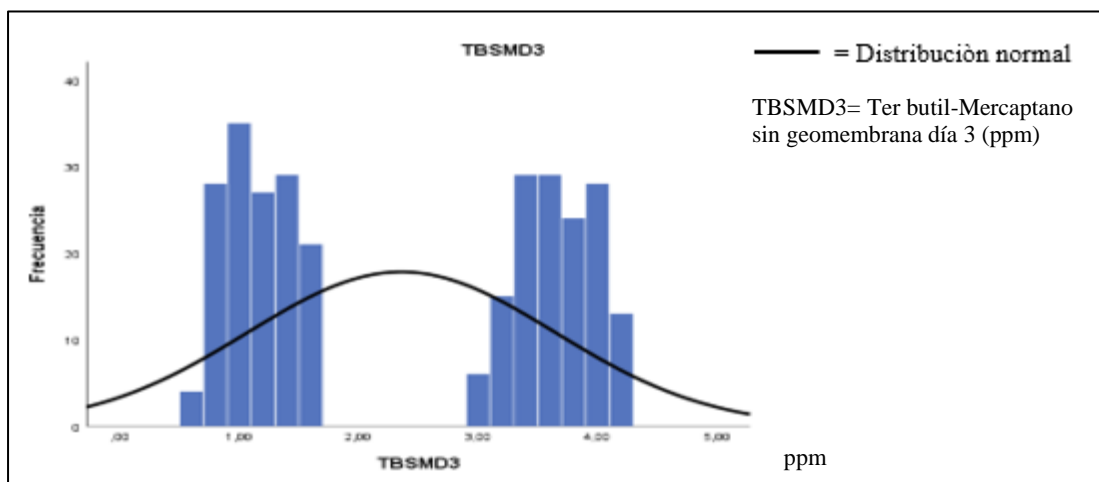


Figura 13. Histograma de prueba Kolmogorov-Smirnov para el Ter butil mercaptano en el día 3.

La figura 13, se observa al ter butil mercaptano en el día 3, las medias de concentración obtenidas al igual que las figuras antes mencionadas para el mismo compuesto se encuentran dispersas, existiendo una variabilidad de datos. La distribución normal es muy parecida a una campana simétrica, sin embargo, es una distribución normal asimétrica con una concentración aproximada de 3,5 ppm, indicando que la distribución normal es asimétrica hacia la izquierda.

Acosta & Ramón, (2016) en su proyecto propone un histograma del mismo compuesto réplica 3, y su distribución normal es asimétrica con dirección a la izquierda, en ésta se observa de mejor manera la curva.

Las tres figuras antes mencionadas del ter butil mercaptano sin geomembrana son similares a pesar de ser medias en tres días diferentes. Al comparar con el metil mercaptano sin geomembrana, éste posee valores de concentración más altos y a su vez se encuentran más dispersos, indicando una desviación estándar mayor.

De igual forma que las gráficas del metil mercaptano la investigación utilizada para comprar datos no coincide en su totalidad debido a que el investigador utiliza otro tipo de muestreo (Muestro tipo E) y en la gráfica la distribución normal es logarítmica.

Por lo tanto, las figuras desde la 8 hasta la 13 corresponden a los histogramas de concertaciones del Metil mercaptano y del Ter butil mercaptano sin geomembrana, tomando en cuenta que su curtosis se evidencia que en el día 1 la concentración de los gases en torno a la media es baja, es decir no se acerca a una distribución normal en tanto las muestras tomadas en los días dos y tres, si poseen una distribución normal aún 95% de nivel de confianza.

4.3.Cálculo de la Dosis de concentración (D)

En este apartado, se realizaron los cálculos en base a las medias para cada compuesto químico cuya nomenclatura es Ci, haciendo uso de la **Ec.5.** para el cálculo de la concentración de exposición diaria de cada mercaptano. Tabla 5.

Tabla 5. Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado.

Compuesto Químico	C_s (ppm)	TLV – TWA (ppm)	D (ppm)
Ter butil mercaptano	1,253	0,5	2,506
Metil mercaptano	0,936	0,5	1,872
Suma total de la dosis			4,377

Fuente: Propia.

En la Tabla 5 se puede evidenciar que para cada compuesto químico estos superan la unidad, y partiendo del Valor Umbral Limite – Estimación del Valor más Probable de la media (TLV – ED) se observa un riesgo crítico a nivel de control, tomando en cuenta la suma total de la dosis es 4,377 ppm, por ello es recomendable establecer un plan de mitigación de olores para disminuir en lo posible la concentración de estos mercaptanos para lograr encasillarlos dentro del rango permitido (menor a 1), o a su vez tratar de

eliminar la emisión de estos gases en su totalidad ya que son tóxicos para los seres humanos.

La dosis de concentración total es de 4,377 ppm que al compararse con el proyecto de (Acosta & Ramón, 2016) “*Evaluación y Control de olores en el área de disposición final de desechos en Tenería Amazonas*” cuya dosis total de los compuestos amoníaco (NH_3), sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico H_2S), nitrobenceno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$), metil mercaptano (CH_4SH) y ter butil mercaptano ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{SH}$) es de 4,393 ppm que al igual que la presente investigación se encuentra en un riesgo alto de nivel de control, por tal razón recomienda realizar métodos de control de olores en la descomposición de desechos.

El Metil mercaptano al ser un gas produce irritación a los ojos, la piel y las vías respiratorias y el Ter butil mercaptano que pertenece a la familia del alquilo mercaptano ha sido catalogado como peligroso bajo las regulaciones de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), por lo tanto, es necesario evaluarlos y analizarlos.

Sung et al., (2022) en la determinación de mercaptanos totales en aguas y aguas residuales mediante espectrofotometría presenta concentraciones menores a 20 ppm. Además de los mercaptanos totales, también hay metil mercaptano que van desde 0,5 a 100 ppm, etil mercaptano de 0,5 a 120 ppm y butil mercaptano de 1 a 8 ppm. Mientras que, Pletneva et al., (2022), menciona que existen normas apropiadas aceptadas en la Federación de Rusia en la que establecen el límite en el contenido de sulfuro de hidrógeno, así como en los de mercaptanos de metilo y etilo en la etapa de preprocesamiento de petróleo crudo que va desde 20 y 40 ppm.

Por otra parte, Arman et al., (2022) evaluaron características, fuentes, impactos del olor y riesgos para la salud de los compuestos odorosos, indicando que el sulfuro de hidrógeno y metil mercaptano se describieron como los más extremadamente fuertes.

Cada investigación utiliza una metodología diferente y en distintas materias primas, demostrando que es importante estudiar a los mercaptanos ya que se encuentran catalogados como químicos fuertes y tóxicos para los seres humanos.

Analizando los datos obtenidos de la concentración de mercaptanos en los tres días se evidencia que están por arriba de los límites permisibles según la INSHT (Tabla 5.) y se ve la necesidad de aplicar una medida de control a los mismos. Para dar respuesta al objetivo general del presente trabajo y evaluar la hipótesis se procede a instalar una geomembrana HDPE de 500 micras para evaluar si esta reduce la emisión de mercaptanos generados por el proceso de descomposición de los desechos orgánicos.

4.3. Plan de mitigación de olores

Este plan tiene como objetivo disminuir los olores producidos por mercaptanos mediante la utilización de una geomembrana HDPE de 500 micras durante la descomposición de residuos sólidos que perjudica a la salud de las personas que trabajan y viven cerca del relleno sanitario, con el objeto de mejorar la calidad de aire y los problemas de salud. La Organización Mundial de Salud hace hincapié de que existen sustancias que poseen olores fétidos que se encuentran en concentraciones bajas y altas. Por lo que, en las evaluaciones de calidad de aire se han identificado tres umbrales, lo cuales son: la detección, el reconocimiento y la molestia.

4.3.1. Alcance

Generar un ambiente que contenga una calidad de aire adecuada dónde las concentraciones de olores malolientes sean muy bajas, además de que la dosis de exposición diaria se encuentre dentro de los límites permisibles con el objeto de disminuir los daños en la salud del ser humano a corto y largo plazo.

4.3.2. Antecedes del plan de mitigación de olores

Se determina que los niveles de exposición de compuestos químicos en la descomposición de residuos sólidos supera los límites establecidos por la INSHT, por tal razón es necesario implementar una alternativa para reducir las concentraciones de estos contaminantes.

4.3.3. Medidas de control

Medidas normativas

Las medidas normativas son aquellas que se desarrollan con el apoyo de las instituciones de control y regulación como la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana (GADPO), así como las entidades medio ambientales.

Dentro de las medidas normativas a considerar son:

- Uso de cubiertas de geomembrana, la geomembrana también llamada membrana geotextil proporciona una barrera para proteger el medio ambiente como lo es el agua, suelo y aire, también retiene líquidos y gases (ECOGEOX, 2023).
- Utilización de biocatalizadores orgánicos, están compuestos por proteínas purificadas y biosurfactantes provenientes de plantas y minerales, las cuales poseen dos características específicas:
 - Solubilizar la materia orgánica por medio de la rotura de cadenas de carbono.
 - Acelerar la tasa de transferencia del oxígeno (Velásquez et al., 2019).

- Elaboración de compostaje, los desechos sólidos orgánicos son una problemática ambiental que se deben buscar otras opciones con la finalidad de aprovechar el contenido nutricional y a su vez generar subproductos que generen ingresos económicos como el compostaje. Esta técnica es de bajo costo y ayuda a mejorar las características físicas y químicas del suelo aumentando la productividad de cultivos y plantas ornamentales (Vargas-Pineda et al., 2019).
- Promover una cultura ciudadana de clasificación y reciclaje de residuos sólidos en la que se designe un día específico para cada tipo de desecho y en caso de no realizarlo establecer una multa a los habitantes.
- En toda operación de carga y descarga de residuos él o los responsables deberán tener todos los materiales de protección personal individual como son guantes y mascarillas para evitar la absorción de los mercaptanos en el cuerpo humano.

Medidas correctivas

Las medidas correctivas son acciones que buscan la reducción a ciertas actividades de los desechos, con el fin de disminuir efectos negativos en la salud pública causados por los olores producidos por la descomposición de estos residuos.

Dentro de las medidas correctivas a considerar son:

- Plantear sanciones económicas a la población al incumplir con los días específicos para el reciclaje, ya que se requiere de la clasificación para prevenir riesgos a la salud pública y contaminación del ambiente (agua, suelo y aire).
- Reestructurar y construir rellenos sanitarios aplicando medidas de control como la geomembrana u otros materiales para evitar los fuerte olores formados por la descomposición de los desechos.
- Aprovechar los diferentes tipos de desechos (plástico, cartón, materia orgánica) y convertir el reciclaje es una actividad sustentable, generado ingresos

económicos para promover el movimiento preventivo y correctivo en la gestión de residuos sólidos.

- Conseguir beneficios del uso del suelo y espacios mediante la implementación de geotextiles, geomallas, geomembranas, geocompuestos, mantas de control de erosión con la finalidad de brindar soporte y durabilidad, además de mitigar los diversos olores producidos por la descomposición de residuos sólidos.
- Realizar pruebas de olfatometría en campo ya que es una herramienta efectuar un diagnóstico en la fuente emisora y en las comunidades aledañas.

Medidas preventivas

En las medidas preventivas se plantean disposiciones anticipadas que da como resultado la disminución de los olores producidos por los compuestos químicos en la descomposición de residuos sólidos.

Dentro de las medidas preventivas a considerar son:

- Realizar charlas de concientización a la población de Orellana con la finalidad de incentivar al reciclaje y generar un cambio de actitud en los moradores de la ciudad para reducir los fuertes olores producidos por la descomposición de residuos sólidos
- Efectuar un exhaustivo análisis del uso del suelo (características, condiciones locales) con el objeto de identificar y ubicar un relleno sanitario en una zona adecuada para evitar todo tipo de contaminación que sea nociva para el ambiente y la salud pública.
- Incorporar aspecto de contaminación de olores, en el que las acciones preventivas estén presentes y así poder impedir la creación de impactos ambientales generados en el relleno sanitario.

- Realizar mantenimiento y evaluación ambiental de manera detallada, para la prevención, mitigación, corrección o compensación de los efectos e impactos ambientales que causan reacciones negativas a la ciudadanía y atmósfera.

Medidas de seguimiento

Las medidas de seguimiento se presentan para el control de las diferentes medidas adoptadas, de esta manera se puede verificar la efectividad de la mitigación de olores del relleno sanitario con cubiertas, geotextiles, geomembranas, entre otras, con el propósito de ser minimizados.

Dentro de las medidas correctivas a considerar son:

- Monitorear semestralmente con las entidades pertinentes y personal capacitado para que evalúen las concentraciones de los compuestos olorosos que se encuentran en el mal olor de la descomposición de los desechos evitando que superen los límites de la norma establecida, buscando la tranquilidad y serenidad de la población.
- Examinar semestralmente el uso del suelo para evitar la erosión y el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por la disposición final de los desperdicios. Además de conocer la vida útil, pH, permeabilidad para conocer las características.

4.3.4. Gestión de residuos sólidos

Actualmente, en el Ecuador existe una producción anual cerca de 5 millones de toneladas de desechos y es responsabilidad de las entidades autorizadas como lo es los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos que deben

brindar el servicio y la implementación de la gestión integral de residuos no peligrosos y desechos hospitalarios (MAATE-Proyecto GRECI, 2022).

La composición física de los desechos no peligrosos a nivel nacional para el año 2022 se observa en la figura 14.



Figura 14. Composición física de residuos sólidos en el Ecuador.

Fuente: (MAATE-Proyecto GRECI, 2022).

En la figura 14 se detallan el valor estimado de la generación de residuos sólidos: 59,62% residuos orgánicos y el 40,38% pertenece a los residuos inorgánicos. Lo cual indica que en el Ecuador existe mayor producción de residuos sólidos orgánicos.

La Asociación de Municipios del Ecuador (AME) indica la producción de desechos generados en la zona urbana y caracterizada por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales del Ecuador (GAD's) es 55,0% de desechos orgánicos y el 45,0% restante pertenece a los residuos inorgánicos, ver figura 15.

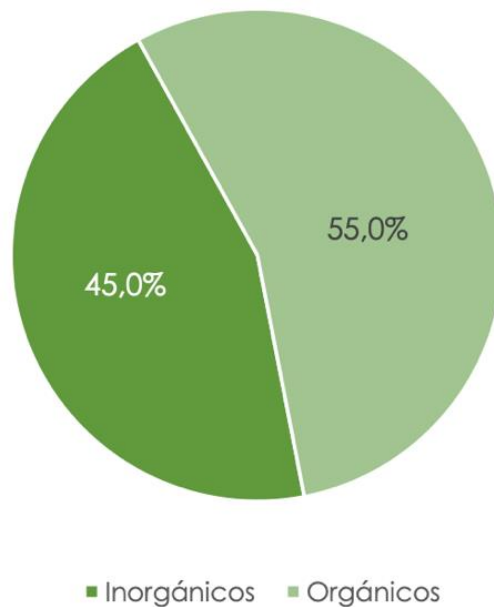


Figura 15. Tipo de residuo de área urbana en el Ecuador.

Fuente: (AME-INEC-BDE., 2021)

En general, a nivel nacional hay mayor producción de residuos sólidos orgánicos que es un elemento fundamental en la generación de líquidos lixiviados, gases de efecto invernadero y olores que son producidos cuando son depositados en los rellenos sanitarios, por tal motivo, surge la necesidad de generar tecnologías, metodologías, técnicas, sistemas y mecanismos adecuados para aprovechar y tratar a los residuos acorde a las necesidades del entorno y las características reales de la nación como la caracterización, costos de implementación y operación, entre otros.

4.3.5. Detalles del material

Una de las alternativas más factibles para la mitigación de olores producidos por los mercaptanos en la fase de descomposición de materia orgánica es la implementación de una geomembrana HDPE, la cuál es ideal para proyectos de tratamiento de desechos debido a su resistencia y durabilidad.

La geomembrana HDPE es conocido también como geomembrana de polietileno de alta densidad de ahí sus siglas HDPE utilizada para controlar la mitigación de fluidos o gases, ésta es rentable, seguro para el medio ambiente, duradero y resistente para compuestos químicos.

4.3.6. Implementación de la geomembrana HDPE

La geomembrana HDPE se adquirió en la importadora AgroEcuador ubicada en la provincia de Tungurahua ciudad de Ambato en la avenida Indoamérica y Abel Barona al norte de la ciudad.

El rollo de geomembrana de 500 micras que equivale a medio milímetro se encuentra disponible en siete metros, por lo que se realizó la compra de 21 m² (7m X 3m), el cual cumple con las dimensiones de la caja de 12m² (3m X 4m).

La caja de madera fabricada para este proceso posee un área de 12 m², en la que primero se colocó geomembrana, materia orgánica, geomembrana, materia orgánica, geomembrana, formando la especie de un sánduche, con la finalidad de que los desechos queden cubiertos y los compuestos químicos queden retenidos dentro la geomembrana, como la figura 16.



Figura 16. Colocación de geomembranada tipo sánduche.

4.3.7. Análisis y discusión de los resultados con Geomembrana

En este apartado se detallan los resultados obtenidos para las concentraciones de los mercaptanos analizados después de haber realizado las medidas de control de olores respectiva ver anexo 5.4. (5.4.3. Datos obtenidos de ter butil mercaptano con geomembrana y 5.4.4 Datos obtenidos de ter butil mercaptano con geomembrana).

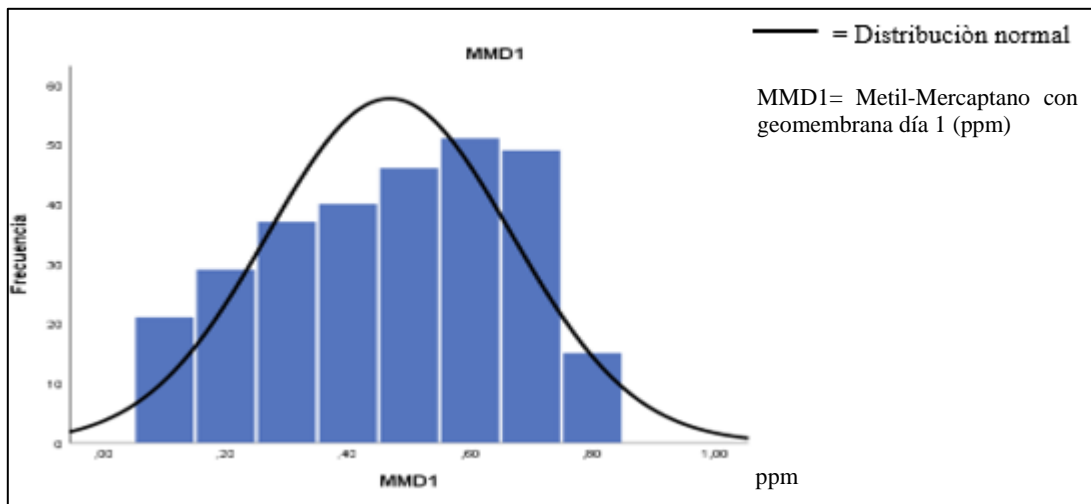


Figura 17. Prueba Kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano día 1 con geomembrana.

La figura 17, muestra al metil mercaptano con geomembrana en el día 1, indicando que las medias de concentración se encuentran más agrupadas unas de otras, es decir no existe mucha variabilidad en sus datos, su desviación estándar es menor y la curva de distribución normal es simétrica porque está más apuntada formando un campana gaussiana.

Acosta & Ramón, (2016) presenta un histograma para el mismo compuesto réplica 1, y no coincide la distribución normal debido a que el investigador utiliza otro tipo de muestreo (Muestro tipo E), y la gráfica de distribución normal es logarítmica. Además, existe una mayor dispersión de medias aumentando su desviación estándar.

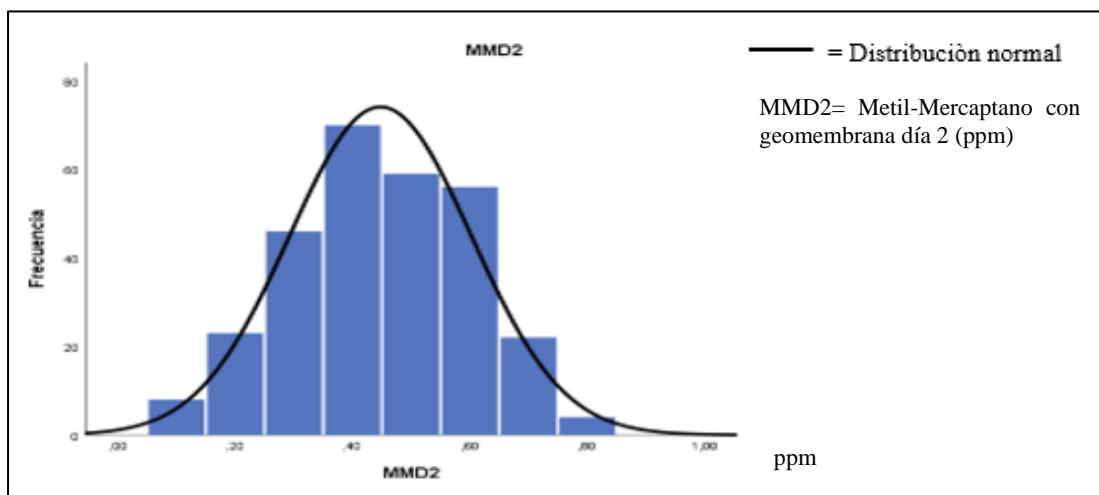


Figura 18. Prueba Kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano día 2 con geomembrana.

La figura 18, muestra al metil mercaptano con geomembrana en el día 2, al igual que la gráfica anterior las medias de concentración se encuentran agrupadas, no existe mucha variabilidad en sus datos, tiene una desviación estándar menor y la curva de distribución normal es simétrica, está más apuntada formando un campana gaussiana.

Acosta & Ramón, (2016) muestra un histograma para el mismo compuesto réplica 2, y se puede decir que no coincide la distribución normal debido a que el investigador utiliza otro tipo de muestreo y la gráfica de distribución normal es logarítmica, constatando una mayor dispersión de medias aumento su desviación estándar.

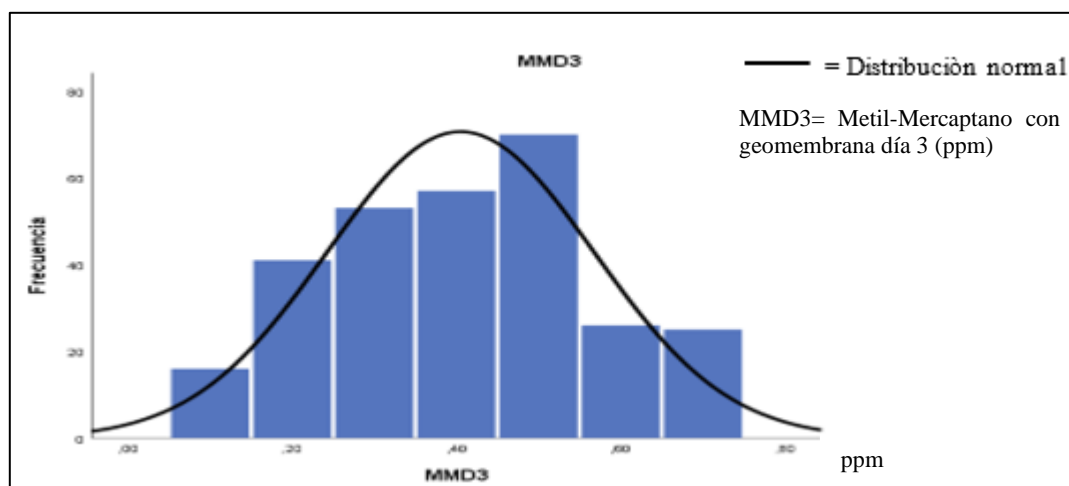


Figura 19. Prueba Kolmogorov-Smirnov para el Metil mercaptano día 3 con geomembrana.

La figura 19, indica al metil mercaptano con geomembrana en el día 3, al igual que las gráficas anteriores, se observa que los valores de las medias de concentración se encuentran agrupadas unas de otras, no existe mucha variabilidad en sus datos, por lo tanto, tiene una desviación estándar menor y la curva de distribución normal es simétrica.

Acosta & Ramón, (2016) desarrolla un histograma para el mismo compuesto réplica 3, y de igual forma que las figuras anteriores no coinciden la distribución normal porque la distribución normal es logarítmica, constatando una mayor dispersión de medias y aumentando su desviación estándar.

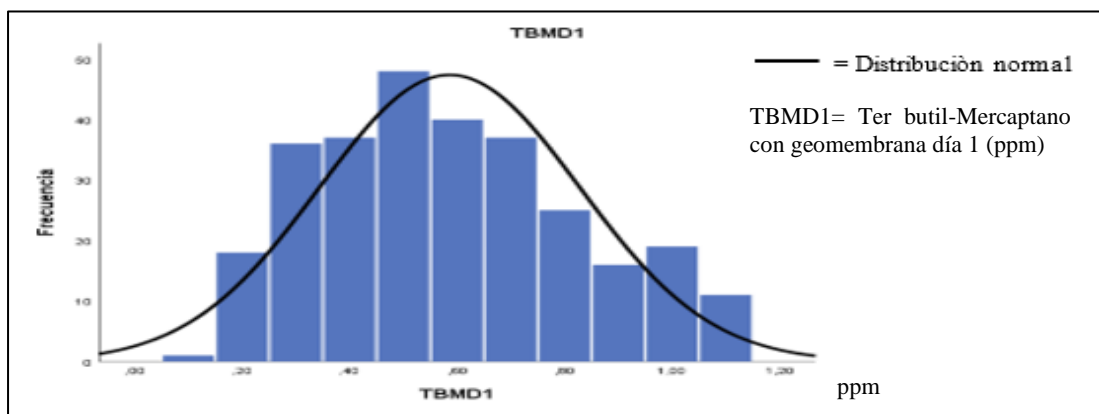


Figura 20. Prueba Kolmogorov-Smirnov para el ter butil mercaptano día 1 con geomembrana.

Figura 20, se observa las concentraciones de las medias para el ter butil mercaptano con geomembrana en el día 1, muestra que los valores de las medias de concentración se encuentran más agrupadas unas de otras, lo que indica que no hay mucha variabilidad en sus datos y tiene una desviación estándar menor, además de, la curva de distribución normal es simétrica.

Acosta & Ramón, (2016) propone un histograma para el mismo compuesto réplica 1, y no coincide la distribución normal debido a que utiliza una distribución normal logarítmica, y muestra una mayor dispersión de medias, aumentando su desviación estándar.

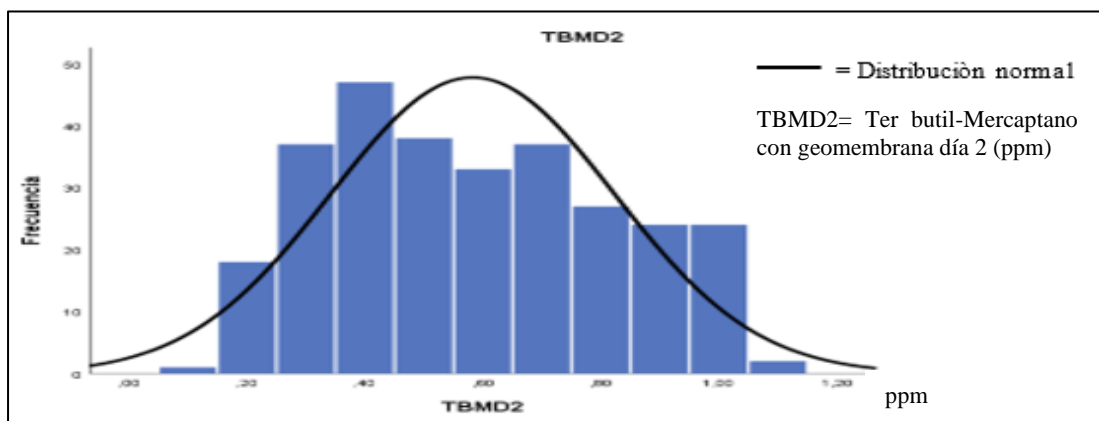


Figura 21. Prueba Kolmogorov-Smirnov para el ter butil mercaptano día 2 con geomembrana.

Figura 21, muestra las concentraciones del ter butil mercaptano con geomembrana en el día 2, los valores de las medias de concentración se encuentran agrupadas, lo cual indica que no hay mucha variabilidad en sus datos, una desviación estándar menor, y la curva de distribución normal es simétrica.

Asimismo, Acosta & Ramón, (2016) propone un histograma para el mismo compuesto réplica 2, y no coincide la distribución normal, porque el investigador utiliza un tipo de muestreo diferente al propuesto y la distribución normal es logarítmica, debido a que la materia prima utilizada es carnaza.

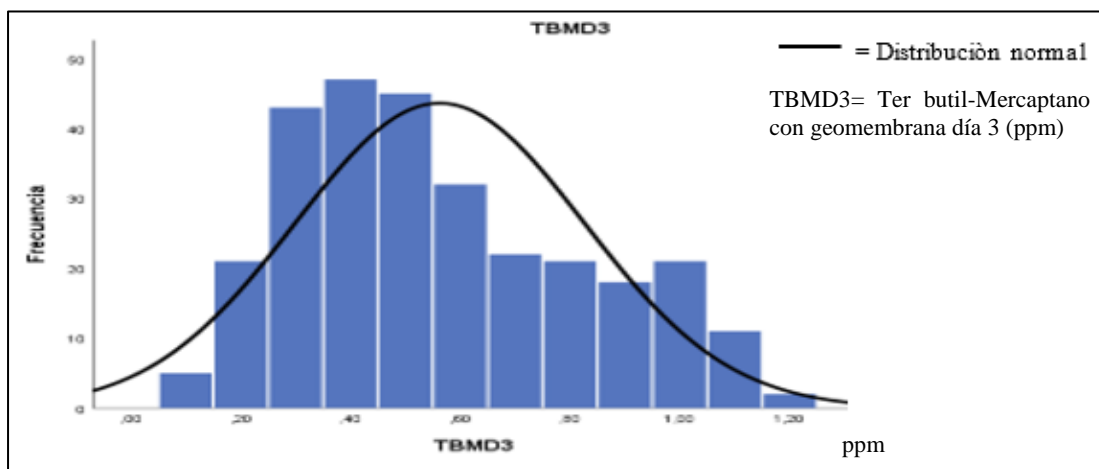


Figura 22. Prueba Kolmogorov-Smirnov para el ter butil mercaptano día 3 con geomembrana.

Por último, la figura 22, muestra al ter butil mercaptano con geomembrana en el día 3, los valores de las medias de concentración se encuentran más agrupadas, no hay mucha variabilidad en sus datos y tiene una desviación estándar menor, además de, la curva de distribución normal es simétrica.

Del mismo modo, Acosta & Ramón, (2016) plantea un histograma para el mismo compuesto réplica 3, y no coincide la distribución normal. Esto se da por el tipo de muestro y el material utilizado para medir el compuesto químico. Por tal razón, la distribución normal es logarítmica.

Las gráficas de Metil- mercaptano y Butil-mercaptano con el uso de la geomembrana, tomando en cuenta su curtosis se evidencia que las concentraciones de los gases una vez aplicada la membrana en las muestras tomadas poseen una distribución normal aun nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 6 se detalla los resultados para la dosis de concentración (D) del ter butil mercaptano y metil mercaptano con geomembrana HDPE.

Tabla 6. Resultados obtenidos para C8 y D de cada compuesto químico evaluado.

Mercaptanos	C₈ (ppm)	TLV – TWA (ppm)	D (ppm)
Ter butil mercaptano	0,201	0,5	0,403
Metil mercaptano	0,146	0,5	0,293
Suma total de la dosis			0,696

Fuente: Propia.

Con los datos obtenidos de la dosis, la Tabla 6 describe que una vez implantada la geomembrana los compuestos químicos han disminuido la emisión de olores y a su vez estos se encuentran por debajo del límite permitido por la INSHT, lo cual garantiza que la utilización de este material ayuda a la mitigación de los olores mediante su impermeabilización.

La dosis de concentración total aplicando la geomembrana es de 0,696 ppm que se encuentra en un medio nivel de acción y al comprar con el proyecto de Acosta & Ramón, (2016) *“Evaluación y Control de olores en el área de disposición final de desechos en Tenería Amazonas”* cuya dosis total de los compuestos amoníaco (NH₃), sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H₂S), nitrobenceno (C₆H₅NO₂), metil mercaptano (CH₄SH) y ter butil mercaptano (C₄H₁₀SH) aplicando una geomembrana es de 0,700 ppm que al igual que la presente investigación se encuentra en un medio nivel de acción garantizando que la membrana utilizada permite a la retención de olores producidos en la etapa de descomposición los desechos.

Para garantizar que estos resultados no se vean alterados por la variabilidad es importante dar respuesta a la hipótesis planteada, haciendo uso de una prueba estadística que ayude a verificar del ajuste; en este sentido se decidió realizar un análisis estadístico en el programa SPSS-64 que mediante la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov y T de student ayudó al análisis de los datos y así probar la hipótesis.

4.3.8. Contraste de hipótesis

Para el proceso de datos se usó el aplicativo informático SPSS-64, que ayuda en el procesamiento de datos y en los cálculos estadísticos para dar respuesta al objetivo principal y realizar un contraste de hipótesis, para ello se hizo uso de la prueba no paramétrica de Kolmogorov- Smirnov para cada mercaptano, mismo que permite verificar de manera visual que la información obtenida siga una distribución normal.

Se empleó esta prueba en cada una de las muestras, para realizar una comparación de dispersión entre los datos tomados, con el objeto de verificar el comportamiento de las concentraciones de olores una vez aplicada la geomembrana para comprobar si existe una variación significativa entre las muestras sin la aplicación y con la aplicación de este material.

Mientras que, el contraste de la hipótesis se realizó la prueba T de student para dos muestras relacionadas ya que permite comparar las medias aritméticas de dos muestras pertenecientes a un mismo grupo, para igualar si el uso de la geomembrana aumenta o disminuye la emisión de olores en los mercaptanos analizados, ver Tabla 7.

Tabla 7. Estadística de muestras emparejadas.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	MSMD1	2,6844	288	,66027	,03891
	MMD1	,4684	288	,19915	,01173
Par 2	MSMD2	2,5979	288	,64403	,03795
	MMD2	,4476	288	,15504	,00914
Par 3	MSMD3	2,5253	288	,52871	,03115
	MMD3	,4049	288	,16266	,00958
Par 4	TBSMD1	2,5056	288	1,40491	,08279
	TBMD1	,5858	288	,24246	,01429
Par 5	TBSMD2	2,5469	288	1,33672	,07877
	TBMD2	,5823	288	,24035	,01416

Par 6	TBSMD3	2,3580	288	1,29014	,07602
	TBMD3	,5625	288	,26342	,01552

Fuente: (SPSS versión 29.00, 2023)

Nota: MSMD1: Metil mercaptano sin geomembrana día 1. MMD1: Metil mercaptano con geomembrana día 1.

Al verificar los datos podemos constatar en la Tabla 7 que las medias de las muestras comparadas reflejan una disminución de emisión de gases entre la muestra sin geomembrana y la muestra que se aplicó este material.

En la Tabla 8 se puede observar que las correlaciones son positivas es decir que están bien correlacionadas a medida que si la una incrementa la otra también lo hará.

Tabla 8. Correlaciones de muestras emparejadas.

		N	Correlación	Sig.
Par 1	MSMD1 & MMD1	288	,407	,000
Par 2	MSMD2 & MMD2	288	,385	,000
Par 3	MSMD3 & MMD3	288	,472	,000
Par 4	TBSMD1 & TBMD1	288	,506	,000
Par 5	TBSMD2 & TBMD2	288	,596	,000
Par 6	TBSMD3 & TBMD3	288	,192	,001

Fuente: (SPSS versión 29.00, 2023)

Por último, en la Tabla 9 se puede concluir que con un 90% de confianza la utilización de la geomembrana disminuye los olores en la descomposición de residuos sólidos urbanos de Orellana en condiciones controladas. Por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 9. Prueba de muestras emparejadas.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desv.	Desv. Error promedio	90% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	MSMD1 - MMD1	2,21597	,60700	,03577	2,15695	2,27500	61,954	287	,000
Par 2	MSMD2 - MMD2	2,15035	,60162	,03545	2,09185	2,20885	60,657	287	,000
Par 3	MSMD3 - MMD3	2,12049	,47417	,02794	2,07438	2,16659	75,892	287	,000
Par 4	TBSMD1 - TBMD1	1,91979	1,29918	,07655	1,79346	2,04612	25,077	287	,000
Par 5	TBSMD2 - TBMD2	1,96458	1,20888	,07123	1,84703	2,08213	27,579	287	,000
Par 6	TBSMD3 - TBMD3	1,79549	1,26618	,07461	1,67237	1,91861	24,065	287	,000

Fuente: (SPSS versión 29.00, 2023)

4.3.9. Propuesta de plan de acción para mitigar los olores

DETALLE DEL PROCEDIMIENTO
<p>OBJETIVO:</p> <p>Elaborar un plan de mitigación de olores mediante el uso de geomembrana para la descomposición de materia orgánica.</p>
<p>ALCANCE:</p> <p>El plan de mitigación de olores mediante el uso de geomembrana está dirigido para los trabajadores y comunidad local.</p>
<p>RESPONSABLES:</p> <p>Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana (GADPO)</p>
<p>CONDICIONES GENERALES:</p> <p>El desarrollo del plan de mitigación de olores cuenta con los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción general del proceso y equipos. • Cantidad características de los residuos del relleno sanitario.

<ul style="list-style-type: none"> Identificación de las etapas u operaciones en las que se generan los olores ofensivos. 				
RECURSOS: Humanos y financieros.				
ASPECTO AMBIENTAL: Mitigación de olores.				
IMPACTO: Calidad de aire.				
INFORMACIÓN DE ACTIVIDADES:				
ACTIVIDAD	MEDIDAS PROPUESTAS	UNIDAD DE GESTIÓN	INDICADOR	TIEMPO
Planteamiento de medidas.	Plantear las distintas normativas en beneficio de la mitigación de olores ofensivos para la salud humana.	Departamento de Gestión Ambiental del GADPO.	Número a implementar de normativa vigente.	3 meses
Capacitaciones	Realizar capacitaciones al personal pertinente en utilización de cubiertas de geomembrana o geotextil en los residuos sólidos (cantidad).	Departamento de Gestión Ambiental del GADPO.	Número de participantes.	3 meses
Ejecución del plan de	Aplicar la geomembrana en los residuos	Departamento de Gestión	Informe de elaboración del	Inmediata

mitigación de olores	enfocado a la adopción de medidas normativas con respecto a la calidad de aire.	Ambiental del GADPO.	plan de mitigación.	
Monitoreo, control y seguimiento del plan de mitigación	Contratar personal capacitado para la medición cuantitativa de olores.	Departamento de Gestión Ambiental del GADPO.	Informe de las concentraciones de los compuestos químicos.	Semestral

Fuente: Propia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS

5.1. Conclusiones

Mediante la evaluación de retención de mercaptanos en la descomposición de residuos sólidos urbanos específicamente en materia orgánica el metil mercaptano y ter butil mercaptanos son considerados causantes de producir olores fétidos que causan inconformidad en la población, además de afectar en la salud humana por respirar frecuentemente estos olores, asimismo puede causar daños irreversibles si supera el límite de concentración permitidas.

Con la ayuda del monitor Multigas IBRID MX6, instrumento 130935W-001, con sensor de fotoionización (PID) se cuantificó la concentración de mercaptanos en ppm relacionados con el odor que se produce en la descomposición de residuos sólidos urbanos en condiciones controlas, los cuales el metil mercaptano y ter butil mercaptano dieron como resultado encima del TLV-TWA propuesto por la INSHT, corroborando al momento de calcular la dosis total de mercaptanos que dio como resultado 4,377 ppm lo que indica que se encuentra en un valor crítico.

Al utilizar las normas INSHT se analizó que el metil mercaptano y el ter butil mercaptano superan el valor crítico, el efecto de superación de los límites permisibles cuyo olor es fétido para una jornada de 8 horas causa daños en la salud de los seres humano ya que puede producir la pérdida del olfato.

Se diseñó un plan de mitigación de olores mediante el uso de geomembrana para la descomposición de la materia orgánica, con la finalidad de ayudar a la población a evitar que ocurra un desastre en la salud pública y medio ambiente, esta aplicación resultó efectiva con una dosis diaria de 0,696 ppm que se encuentra en un nivel medio

de acción. Además, se propone medidas de control y un plan dónde se detalla el procedimiento y seguimiento al implementar la geomembrana en los residuos sólidos.

5.2.Recomendaciones

Examinar la presencia de microorganismos con evaluaciones microbiológicas para identificar organismos patógenos en la descomposición de residuos sólidos ya que también son causantes de daños en la salud pública y la contaminación del suelo y el agua.

Realizar evaluaciones de otros compuestos químicos presentes en la descomposición de residuos hay una lista de compuestos según la INSHT: NTP 320 y también pueden causar daños en la salud pública.

Implementar medidas de control y seguridad en los trabajadores que manipulan los desechos como los EPI's (equipo de protección personal individual), máscaras para gases, vestimenta adecuada de preferencia impermeable, entre otros implementos de seguridad.

5.3.Bibliografía

Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275–1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>

Acosta, F. A., & Ramón, P. M. (2016). *Evaluación y Control de olores en el área de disposición final de desechos en Tengería Amazonas* [Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24076>

Aderoju, O. M., Dias, G. A., & Gonçalves, A. J. (2020). A GIS-based analysis for

- sanitary landfill sites in Abuja, Nigeria. *Environment, Development and Sustainability*, 22(1), 551–574. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0206-z>
- Alea, L. D., Marín, L. G., & Bruguera, N. (2019). Diagnóstico de la gestión del reciclaje de los residuos sólidos generados en el destino turístico Viñales. *Avances*, 21(4), 3. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869114010%0AEsta>
- AME-INEC-BDE. (2021). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales: Gestión de Residuos Sólidos 2021*. 26. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Documento_tecnico_Residuos_solidos_2016_F.pdf
- Arman, F., Mohseni Bandpey, A., Shamsavani, A., Saadani, M., Saeedi, R., & Abtahi, M. (2022). Characterization, source identification, and health risk assessment of odorous compounds in solid waste management facility of Tehran. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(9), 1609–1621. <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01205-z>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Registro Oficial*. http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). Código Orgánico Del Ambiente (COA). *Registro Oficial Suplemento 983*. http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Bello, A. S., Al-Ghouti, M. A., & Abu-Dieyeh, M. H. (2022). Sustainable and long-term management of municipal solid waste: A review. *Bioresource Technology Reports*, 18(101067). <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101067>
- Cárdenas Valbuena, R. del P., López Quemba, G. A., Talero Moreno, D., Cely Grijalba, A. P., Murillo Naranjo, L. M., Velasco Quiroga, G. A., & Contreras Pacheco, F. (2018). Impacto ambiental y riesgos potenciales generados en los rellenos Sanitarios-Revisión narrativa de la literatura. *Revista Investigación En Salud Universidad de Boyacá*, 1–25. <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/rs/article/view/746/775>

- Chang, H., Tan, H., Zhao, Y., Wang, Y., Wang, X., Li, Y., Lu, W., & Wang, H. (2019). Statistical correlations on the emissions of volatile odorous compounds from the transfer stage of municipal solid waste. *Waste Management*, *87*, 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.014>
- Chen, Y. M., Xu, W. J., Ling, D. S., Zhan, L. T., & Gao, W. (2020). A degradation–consolidation model for the stabilization behavior of landfilled municipal solid waste. *Computers and Geotechnics*, *118*(103341), 103341. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2019.103341>
- Cheng, Z., Sun, Z., Zhu, S., Lou, Z., Zhu, N., & Feng, L. (2019). The identification and health risk assessment of odor emissions from waste landfilling and composting. *Science of the Total Environment*, *649*, 1038–1044. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.230>
- Coffin, E. S., Reeves, D. M., & Cassidy, D. P. (2023). PFAS in municipal solid waste landfills: Sources, leachate composition, chemical transformations, and future challenges. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, *31*(100418), 100418. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100418>
- Cueva, V. (2020). Monitoreo De La Calidad Olorífera. *Universidad Científica Del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Ingeniería Ambiental.*, 16. <http://repositorio.cientifica.edu.pe:8080/handle/UCS/710>
- ECOGEOX. (2023). *GEOMEMBRANA*. https://www.ecogeo.com/geomembrane.html?gclid=CjwKCAjwr_CnBhA0EiwAci5sikEzKGDYJOIKnZI-MqsT4u8lwTs1137h7_jkK2ptgdyVuIxOIGqQORoCA9UQA_vD_BwE
- EPA (Environmental Protection Agency). (2022). *Resumen nacional: Datos y cifras sobre materiales, residuos y reciclaje*. 3 DE DICIEMBRE. <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials>
- Fang, W., Huang, Y., Ding, Y., Qi, G., Liu, Y., & Bi, J. (2022). Health risks of odorous compounds during the whole process of municipal solid waste collection and treatment in China. *Environment International*, *158*, 106951.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106951>

- Feng, S., Fu, W., Zhou, A., & Lyu, F. (2019). A coupled hydro-mechanical-biodegradation model for municipal solid waste in leachate recirculation. *Waste Management*, 98, 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.08.016>
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
- Fuentes Aliaga, C. (2018). *Tiempo de degradación de los residuos*. 15 de Febrero. <https://www.reciclacion.cl/noticias/tiempo-de-degradacion-de-los-residuos-2/#:~:text=“Degradación de residuos%3A Es la,y microorganismos.”>
- Gao, S., Zhao, P., Li, Y., Hu, J., Zhou, S., Zhang, H., Wu, J., Jiao, Z., Wang, S., Fu, Q., & Zhou, B. (2021). Characterization and influence of odorous gases on the working surface of a typical landfill site: A case study in a Chinese megacity. *Atmospheric Environment*, 262(July), 118628. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118628>
- González, P., & Stamm, C. (2022). PRIMERA GENERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS EN SANTIAGO DE CHILE: ENTRE LA MODERNIZACIÓN TÉCNICA Y LOS CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES URBANOS (1970-2021). *Diálogo Andino. Scielo*, 67, 312–325. <https://doi.org/10.4067/S0719-26812022000100312>
- Guevara Mamani, M., Calcina Álvarez, D. A., Huarca Flores, P., Marca Flores, O. H., Ramirez Benavides, C., & Ancco Torres, R. (2023). Los sectores económicos-sociales y la contaminación del aire en Perú, 1970-2020. *Revista Alfa*, 7(19), 72–87. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.199>
- INDUSTRIAL SCIENTIFIC. (2023). *Multi-Gas Detector*.
- INEC - PNGIDS 2019. (2021). Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS). *Ministerio Del Ambiente*, 10, 7. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/5.PROYECTO-PNGIDS.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2010). *NTP 320*:

Umbral es olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas.

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2012). NTP 108 : Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos. *Criterios Toxicológicos Generales Para Los Contaminantes Químicos*, 2–5. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_108.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2010). Capítulo 7: Estudio Detallado. In *Riesgo Químico. Sistemática para la Evaluación Higiénica* (pp. 75–92).
- Jin, Z., Zhang, S., Hu, L., Fang, C., Shen, D., & Long, Y. (2020). Effect of substrate sulfur state on MM and DMS emissions in landfill. *Waste Management*, *116*, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.005>
- Juliño Carliño, M., Ocaña Segura, F., & Concha Iglesias, J. (2021). Contaminación ambiental y su influencia en la salud. *ReNaCientE - Revista Nacional Científica Estudiantil - UPEL-IPB*, *2*(1), 87. <https://doi.org/10.46498/renacipb.v2i1.1566>
- Kang, D., Anuja, A., Ahmadian, A., Manirathinam, T., Shanmugam, P., & Narayanamoorthy, S. (2023). Sustainable assessment of plastic and mixed waste disposal problem during COVID-19 pandemic: an integrated multi-criteria decision-making approach. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03175-3>
- Leal Esper, Y. E. (2021). La contaminación ambiental y su influencia en los ecosistemas de páramo. *Dialnet. Revista Academia y Derecho*, *12*(número especial), 13. [84](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjFjdqJ1MH_AhUph-4BHSE4BcIQFnoECBkQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F8374646.pdf&usg=AOvVaw2Z0Byq-L0uiE3P6yMyIS9-MAATE-Proyecto GRECI. (2022). Diagnóstico Sectorial De La Gestión Integral De Residuos Y Desechos Sólidos No Peligrosos En Municipios Del Ecuador. <i>MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA</i>, 1–31.</p></div><div data-bbox=)

- <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/07/1.pdf>
- Maghsoudi, M., Shokouhyar, S., Khanizadeh, S., & Shokoohyar, S. (2023). Towards a taxonomy of waste management research: An application of community detection in keyword network. *Journal of Cleaner Production*, 401, 136587. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136587>
- Maza, V. (2016). *Propuesta de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios del área urbana del cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2016). *EXPEDIR LA REGULACIÓN PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE BOTELLAS DE VIDRIO EN EL ECUADOR*.
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2017). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE (TULSMA)*.
- Mohanty, S. S., Vyas, S., Koul, Y., Prajapati, P., Varjani, S., Chang, J.-S., Bilal, M., Moustakas, K., Show, P. L., & Vithanage, M. (2023). Tricks and tracks in waste management with a special focus on municipal landfill leachate: Leads and obstacles. *Science of The Total Environment*, 860(160377), 160377. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160377>
- Motalebi Damuchali, A., & Guo, H. (2019). Evaluation of a field olfactometer in odour concentration measurement. *Biosystems Engineering*, 187, 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.09.007>
- Nanda, S., & Berruti, F. (2021). A technical review of bioenergy and resource recovery from municipal solid waste. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123970. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123970>
- Ortega Ramírez, A. T., Marín Maldonado, D. F., & Castro, N. E. (2021). Problems of Generation, Disposal, and Treatment of Solid Waste in the Municipality of Quibdó, Colombia. *Produccion y Limpia*, 16(2), 179–196. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n2a9>
- Ostrom, L. T. (2023). *Impact of Societal Norms on Safety, Health, and the Environment Case Studies in Society and Safety Culture* (I. John Wiley y Sons (ed.); First). WILEY.

- Palacios, Í., & Moreno, D. (2022). Contaminación ambiental. *RECIMUNDO. Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento*, 6(2), 94. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.93-103](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103)
- Piccardo, M. T., Geretto, M., Pulliero, A., & Izzotti, A. (2022). Odor emissions: A public health concern for health risk perception. *Environmental Research*, 204, 112121. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112121>
- Pletneva, I. V, Gavrilov, Y. A., Moiseeva, N. I., & Gekhman, A. E. (2022). Noncorrosive Metal Complex Catalysts for Oxidation of Hydrogen Sulfide and Mercaptans in Petroleum Products. *Petroleum Chemistry*, 62(6), 628–635. <https://doi.org/10.1134/S0965544122050061>
- Ramos Rincón, J. M., Bermudez, A., & Rojas, T. (2018). Contaminación odorífera: causas, efectos y posibles soluciones a una contaminación invisible. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 165–180. <https://doi.org/10.22490/21456453.2053>
- Ren, Y., Zhang, Z., & Huang, M. (2022). A review on settlement models of municipal solid waste landfills. *Waste Management*, 149, 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.06.019>
- Roohi, P., & Fatehifar, E. (2019). Fast and environmental-friendly degradation of tert-butyl mercaptan from contaminated soil using bimetallic-modified fenton process. *Advances in Environmental Technology*, 5(1), 9–21. <https://doi.org/10.22104/aet.2019.3561.1176>
- Ruiz Vicente, M. A. (2020). Estado actual de la contaminación ambiental presente en la Mixteca Oaxaqueña. *SCIELO. Journal of Negative and No Positive Results*, 5(5), 535. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3257>
- Santillán, M. (2021). Malos olores, una contaminación invisible. *Ciencia UNAM-DGDC*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1130/malos-olores-una-contaminacion-invisible>
- Santillán, M. L. (2021). *Malos olores, una contaminación invisible*. Ciencia UNAM. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. <http://ciencia.unam.mx/leer/1130/malos-olores-una-contaminacion->

<https://doi.org/10.22579/20112629.575>

Velásquez, C., Hernández, C., & Quintero, J. (2018). Experiencia de control de olores empleando biocatalizadores orgánicos y medición por olfatometría de campo en relleno sanitario. *Olores. IV International Conference of Odours in the Environment*.

https://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=836:experiencia-de-control-de-olores-empleando-biocatalizadores-organicos-y-medicion-por-olfatometria-de-campo-en-relleno-sanitario&lang=es&Itemid=297

Velásquez, C., Hernández, C., & Quintero, J. (2019). Experiencia de control de olores empleando biocatalizadores orgánicos y medición por olfatometría de campo en relleno sanitario. *Olores*.

Vidal, A. (2020). *Olores ofensivos*. CARDER (Corporación Autónoma Regional de Risaralda. <https://www.carder.gov.co/olores-ofensivos/#:~:text=¿Qué es un Plan para,por actividades%2C obras o proyectos>

Wan, Y., Chen, X., Liu, Q., Hu, H., Wu, C., & Xue, Q. (2022). Informal landfill contributes to the pollution of microplastics in the surrounding environment. *Environmental Pollution*, 293(118586), 118586. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118586>

Wang, Q. (2023). *Surface Process, Transportation, and Storage*. Charlotte Cockle.

Wang, Y., Shao, L., Kang, X., Zhang, H., Lü, F., & He, P. (2023). A critical review on odor measurement and prediction. *Journal of Environmental Management*, 336, 117651. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117651>

Wu, C., Liu, J., Liu, S., Li, W., Yan, L., Shu, M., Zhao, P., Zhou, P., & Cao, W. (2018). Assessment of the health risks and odor concentration of volatile compounds from a municipal solid waste landfill in China. *Chemosphere*, 202, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.068>

Yang, W., Ci, M., Hu, L., Shen, Z., Fang, C., & Long, Y. (2022). Sulfate-reduction behavior in waste-leachate transition zones of landfill sites. *Journal of Hazardous Materials*, 428, 128199. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.128199>

Yang, W., Li, W., Zhang, Y., Han, M., Zhai, Z., & Cui, H. (2022). Exposure-response

Relationship and Chemical Characteristics of Atmospheric Odor Pollution from a Cigarette Factory. *Aerosol and Air Quality Research*, 22(6).
<https://doi.org/10.4209/aaqr.210314>

5.4.Anexos

5.4.1. Datos obtenidos del ter butil mercaptano

Hora: 7:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	4,90	5,00	4,20
2	4,90	4,90	4,10
3	5,00	4,90	4,20
4	5,00	4,90	4,10
5	4,90	4,80	4,10
6	4,90	4,80	4,00
7	4,90	4,70	4,00
8	4,80	4,80	4,00
9	4,90	4,80	4,00
10	4,80	4,70	4,00
11	4,80	4,70	4,00
12	4,80	4,70	3,90
13	4,80	4,60	3,90
14	4,80	4,60	3,90
15	4,70	4,70	3,90
16	4,70	4,60	3,90
17	4,70	4,60	3,90
18	4,70	4,60	3,80
19	4,70	4,50	3,90
20	4,70	4,60	3,80
21	4,60	4,50	3,90
22	4,60	4,50	3,80
23	4,60	4,50	3,90

24	4,60	4,50	3,80
25	4,60	4,40	3,80
26	4,60	4,50	3,80
27	4,50	4,40	3,80
28	4,50	4,40	3,80
29	4,40	4,40	3,80
30	4,40	4,40	3,70
31	4,40	4,40	3,80
32	4,30	4,30	3,70
33	4,40	4,40	3,80
34	4,30	4,30	3,70
35	4,30	4,30	3,70
36	4,20	4,30	3,60

Hora: 7:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	4,50	3,90	4,20
2	4,50	4,00	4,20
3	4,50	4,00	4,20
4	4,50	4,00	4,10
5	4,50	4,00	4,20
6	4,50	4,00	4,10
7	4,40	4,00	4,10
8	4,50	3,90	4,10
9	4,40	3,90	4,00
10	4,50	3,90	4,00
11	4,40	3,90	4,00
12	4,40	3,80	4,00
13	4,40	3,90	4,00
14	4,30	3,90	3,90
15	4,30	3,80	4,00
16	4,30	3,80	4,00
17	4,30	3,80	3,90
18	4,30	3,80	3,90

19	4,20	3,80	3,90
20	4,30	3,80	3,90
21	4,20	3,70	3,80
22	4,20	3,70	3,90
23	4,20	3,70	3,80
24	4,20	3,70	3,80
25	4,10	3,60	3,70
26	4,10	3,60	3,70
27	4,10	3,60	3,80
28	4,10	3,60	3,70
29	4,00	3,50	3,70
30	4,10	3,50	3,70
31	4,00	3,40	3,60
32	4,00	3,40	3,60
33	4,00	3,40	3,60
34	3,90	3,30	3,60
35	3,90	3,30	3,50
36	3,90	3,30	3,50

Hora: 13:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	1,50	1,60	1,60
2	1,50	1,60	1,50
3	1,50	1,60	1,50
4	1,40	1,60	1,50
5	1,40	1,60	1,40
6	1,40	1,50	1,40
7	1,40	1,50	1,40
8	1,30	1,60	1,30
9	1,30	1,50	1,40
10	1,30	1,50	1,30
11	1,30	1,50	1,30
12	1,30	1,50	1,20
13	1,30	1,50	1,20
14	1,30	1,50	1,10

15	1,30	1,50	1,10
16	1,20	1,40	1,20
17	1,30	1,50	1,10
18	1,20	1,40	1,00
19	1,20	1,40	1,00
20	1,30	1,40	1,00
21	1,20	1,40	1,00
22	1,20	1,40	1,00
23	1,20	1,40	0,90
24	1,20	1,40	0,90
25	1,20	1,30	0,90
26	1,20	1,30	0,90
27	1,10	1,30	0,80
28	1,10	1,30	0,80
29	1,00	1,30	0,80
30	1,00	1,20	0,80
31	1,00	1,20	0,80
32	1,00	1,20	0,70
33	0,90	1,10	0,70
34	0,90	1,10	0,70
35	0,80	1,00	0,60
36	0,80	1,00	0,60

Hora: 13:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	1,40	1,60	1,60
2	1,40	1,60	1,50
3	1,40	1,60	1,50
4	1,40	1,60	1,40
5	1,30	1,50	1,40
6	1,30	1,50	1,40
7	1,30	1,50	1,30
8	1,30	1,40	1,30
9	1,30	1,40	1,30

10	1,30	1,40	1,30
11	1,20	1,30	1,30
12	1,20	1,30	1,20
13	1,20	1,30	1,20
14	1,20	1,20	1,20
15	1,20	1,20	1,10
16	1,20	1,20	1,20
17	1,10	1,10	1,10
18	1,10	1,20	1,10
19	1,10	1,20	1,10
20	1,10	1,10	1,00
21	1,10	1,10	1,10
22	1,00	1,10	1,00
23	1,00	1,10	1,00
24	1,00	1,00	1,00
25	1,00	1,00	1,00
26	0,90	1,00	1,00
27	0,90	1,00	0,90
28	0,90	0,90	0,90
29	0,80	0,90	0,90
30	0,80	0,90	0,80
31	0,80	0,80	0,80
32	0,80	0,80	0,80
33	0,70	0,80	0,70
34	0,70	0,70	0,70
35	0,70	0,70	0,70
36	0,60	0,70	0,60

Hora: 14:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	1,70	1,60	1,60
2	1,60	1,50	1,60
3	1,60	1,60	1,50
4	1,60	1,50	1,50
5	1,50	1,50	1,50

6	1,50	1,50	1,40
7	1,40	1,50	1,40
8	1,40	1,40	1,40
9	1,40	1,50	1,40
10	1,30	1,40	1,30
11	1,30	1,50	1,30
12	1,30	1,40	1,30
13	1,30	1,40	1,20
14	1,20	1,40	1,20
15	1,20	1,40	1,10
16	1,20	1,40	1,10
17	1,20	1,30	1,10
18	1,20	1,30	1,00
19	1,10	1,30	1,00
20	1,10	1,30	1,00
21	1,10	1,30	1,00
22	1,00	1,20	1,00
23	1,00	1,20	0,90
24	1,00	1,20	0,90
25	1,00	1,20	0,90
26	0,90	1,10	0,90
27	0,90	1,10	0,80
28	0,90	1,10	0,80
29	0,80	1,10	0,80
30	0,80	1,00	0,80
31	0,80	1,00	0,80
32	0,80	1,00	0,70
33	0,80	1,00	0,70
34	0,70	0,90	0,70
35	0,70	0,90	0,70
36	0,70	0,90	0,60

Hora: 14:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	1,70	1,50	1,50

2	1,70	1,50	1,60
3	1,60	1,50	1,50
4	1,60	1,50	1,50
5	1,60	1,50	1,50
6	1,60	1,50	1,50
7	1,60	1,50	1,50
8	1,60	1,40	1,50
9	1,60	1,50	1,50
10	1,60	1,40	1,40
11	1,50	1,50	1,40
12	1,60	1,40	1,40
13	1,50	1,40	1,30
14	1,50	1,40	1,30
15	1,50	1,40	1,30
16	1,50	1,40	1,30
17	1,50	1,30	1,20
18	1,50	1,30	1,20
19	1,40	1,30	1,20
20	1,40	1,30	1,10
21	1,40	1,30	1,10
22	1,30	1,20	1,10
23	1,30	1,20	1,10
24	1,30	1,20	1,00
25	1,30	1,20	1,00
26	1,20	1,10	1,00
27	1,20	1,10	1,00
28	1,20	1,10	1,00
29	1,20	1,10	0,90
30	1,10	1,00	0,90
31	1,10	1,00	0,90
32	1,10	1,00	0,80
33	1,10	1,00	0,80
34	1,00	1,00	0,80
35	1,00	1,00	0,70
36	0,90	0,90	0,70

Hora: 19:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,30	3,90	3,50
2	3,30	3,90	3,50
3	3,30	3,90	3,60
4	3,30	3,90	3,60
5	3,30	3,90	3,50
6	3,30	3,90	3,50
7	3,30	3,90	3,50
8	3,30	3,90	3,50
9	3,30	3,80	3,50
10	3,20	3,80	3,50
11	3,20	3,80	3,50
12	3,30	3,80	3,50
13	3,30	3,80	3,50
14	3,30	3,80	3,50
15	3,30	3,80	3,50
16	3,20	3,80	3,50
17	3,20	3,80	3,50
18	3,20	3,80	3,50
19	3,20	3,80	3,50
20	3,20	3,80	3,50
21	3,20	3,80	3,40
22	3,20	3,70	3,40
23	3,20	3,70	3,40
24	3,20	3,70	3,40
25	3,20	3,70	3,40
26	3,20	3,70	3,40
27	3,20	3,70	3,40
28	3,10	3,70	3,40
29	3,10	3,60	3,40
30	3,20	3,60	3,40
31	3,10	3,60	3,40
32	3,10	3,60	3,30

33	3,10	3,60	3,30
34	3,10	3,60	3,20
35	3,10	3,50	3,20
36	3,10	3,50	3,10

Hora: 19:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,40	3,60	3,50
2	3,40	3,50	3,50
3	3,30	3,50	3,40
4	3,30	3,50	3,40
5	3,30	3,40	3,40
6	3,30	3,40	3,40
7	3,30	3,30	3,40
8	3,20	3,30	3,40
9	3,20	3,30	3,40
10	3,20	3,30	3,40
11	3,20	3,30	3,40
12	3,10	3,30	3,30
13	3,20	3,30	3,30
14	3,20	3,30	3,30
15	3,20	3,30	3,30
16	3,20	3,30	3,30
17	3,10	3,20	3,30
18	3,10	3,20	3,30
19	3,10	3,20	3,20
20	3,10	3,20	3,20
21	3,10	3,20	3,20
22	3,10	3,20	3,20
23	3,10	3,10	3,20
24	3,10	3,10	3,20
25	3,00	3,10	3,10
26	3,00	3,10	3,10
27	3,00	3,10	3,10
28	3,00	3,10	3,10

29	3,00	3,00	3,10
30	3,00	3,00	3,10
31	2,90	3,00	3,00
32	2,90	3,00	3,00
33	2,90	3,00	3,00
34	2,90	3,00	3,00
35	2,90	3,00	3,00
36	2,90	2,90	3,00

5.4.2. Datos obtenidos de metil mercaptano

Hora: 7:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,50	3,50	3,50
2	3,50	3,50	3,40
3	3,50	3,50	3,40
4	3,50	3,50	3,40
5	3,50	3,50	3,40
6	3,40	3,50	3,40
7	3,50	3,50	3,30
8	3,50	3,60	3,30
9	3,50	3,60	3,30
10	3,50	3,60	3,30
11	3,50	3,60	3,30
12	3,50	3,50	3,30
13	3,50	3,50	3,30
14	3,50	3,50	3,40
15	3,40	3,50	3,40
16	3,40	3,50	3,30
17	3,40	3,50	3,30
18	3,40	3,50	3,30
19	3,40	3,50	3,30
20	3,40	3,50	3,30

21	3,40	3,50	3,20
22	3,30	3,50	3,20
23	3,30	3,40	3,20
24	3,30	3,40	3,20
25	3,30	3,40	3,20
26	3,30	3,40	3,30
27	3,30	3,50	3,30
28	3,30	3,40	3,30
29	3,30	3,40	3,30
30	3,30	3,40	3,20
31	3,30	3,40	3,20
32	3,20	3,40	3,20
33	3,20	3,40	3,20
34	3,20	3,30	3,20
35	3,20	3,30	3,10
36	3,20	3,20	3,10

Hora: 7:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,20	3,10	3,10
2	3,20	3,20	3,10
3	3,20	3,10	3,10
4	3,20	3,10	3,10
5	3,20	3,10	3,10
6	3,20	3,20	3,20
7	3,20	3,20	3,20
8	3,20	3,10	3,20
9	3,20	3,10	3,20
10	3,20	3,10	3,20
11	3,20	3,10	3,20
12	3,20	3,10	3,10
13	3,20	3,10	3,10
14	3,20	3,10	3,10
15	3,10	3,10	3,10
16	3,10	3,10	3,10

17	3,10	3,10	3,10
18	3,10	3,00	3,00
19	3,10	3,00	3,00
20	3,10	3,10	3,00
21	3,10	3,10	3,00
22	3,10	3,00	3,00
23	3,10	3,00	3,00
24	3,10	3,00	3,00
25	3,10	3,00	3,00
26	3,10	3,00	2,90
27	3,10	3,00	2,90
28	3,10	3,00	2,90
29	3,00	2,90	2,90
30	3,00	2,90	2,90
31	3,00	2,90	2,90
32	3,00	2,90	2,90
33	3,00	2,90	2,90
34	3,00	2,90	2,80
35	3,00	2,90	2,80
36	3,00	2,80	2,80

Hora: 13:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,00	3,00	2,90
2	3,00	3,00	2,90
3	3,00	3,00	2,90
4	3,00	3,00	2,90
5	3,00	3,00	2,90
6	3,00	3,00	2,90
7	3,00	3,10	2,80
8	3,00	3,10	2,80
9	3,00	3,10	2,80
10	3,00	3,10	2,80
11	3,00	3,00	2,80
12	3,00	3,00	2,70

13	3,00	3,00	2,70
14	3,00	3,00	2,70
15	3,10	3,00	2,70
16	3,10	3,00	2,70
17	3,00	3,00	2,70
18	3,10	3,00	2,70
19	3,00	3,00	2,60
20	3,00	2,90	2,60
21	3,00	2,90	2,70
22	3,00	2,90	2,70
23	3,00	2,90	2,70
24	3,00	2,90	2,70
25	3,00	2,90	2,70
26	2,90	3,00	2,70
27	2,90	3,00	2,70
28	2,90	2,90	2,70
29	2,90	2,90	2,60
30	2,90	2,90	2,60
31	2,90	2,90	2,60
32	2,90	2,90	2,60
33	2,90	2,90	2,60
34	2,90	2,80	2,50
35	2,80	2,80	2,50
36	2,80	2,80	2,50

Hora: 13:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,00	2,90	2,70
2	3,00	3,00	2,60
3	3,00	2,90	2,70
4	3,00	2,90	2,60
5	3,00	2,90	2,60
6	3,00	2,90	2,60
7	2,90	2,90	2,60
8	2,90	2,90	2,50

9	2,90	2,80	2,50
10	3,00	2,80	2,50
11	3,00	2,80	2,50
12	3,00	2,80	2,50
13	3,00	2,80	2,50
14	2,90	2,80	2,50
15	2,90	2,80	2,50
16	2,90	2,80	2,50
17	2,90	2,70	2,50
18	2,90	2,80	2,40
19	2,80	2,80	2,40
20	2,80	2,80	2,40
21	2,80	2,70	2,40
22	2,80	2,70	2,40
23	2,70	2,70	2,40
24	2,70	2,70	2,40
25	2,70	2,70	2,40
26	2,60	2,70	2,40
27	2,60	2,60	2,30
28	2,60	2,60	2,40
29	2,60	2,60	2,30
30	2,60	2,60	2,40
31	2,50	2,50	2,30
32	2,50	2,50	2,30
33	2,40	2,40	2,30
34	2,40	2,40	2,30
35	2,40	2,40	2,30
36	2,40	2,30	2,30

Hora: 14:00

N°	D1	D2	D3
	C (ppm)	C (ppm)	C (ppm)
1	2,60	2,40	2,40
2	2,50	2,40	2,40
3	2,50	2,40	2,40
4	2,50	2,40	2,30

5	2,50	2,30	2,40
6	2,40	2,30	2,30
7	2,40	2,30	2,40
8	2,40	2,30	2,30
9	2,40	2,30	2,30
10	2,40	2,30	2,30
11	2,40	2,20	2,30
12	2,30	2,20	2,30
13	2,40	2,20	2,30
14	2,40	2,20	2,20
15	2,30	2,10	2,10
16	2,30	2,20	2,20
17	2,30	2,10	2,20
18	2,30	2,10	2,20
19	2,20	2,10	2,10
20	2,20	2,10	2,10
21	2,20	2,10	2,10
22	2,10	2,00	2,10
23	2,10	2,00	2,10
24	2,10	2,00	2,00
25	2,10	2,00	2,00
26	2,00	2,00	2,00
27	2,00	2,00	2,00
28	2,00	1,90	2,00
29	1,90	1,90	2,00
30	1,90	1,90	2,00
31	1,90	1,90	1,90
32	1,80	1,90	1,90
33	1,80	1,90	1,90
34	1,80	1,90	1,80
35	1,70	1,80	1,80
36	1,80	1,80	1,70

Hora: 14:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
----	---------------	---------------	---------------

1	1,50	1,70	1,70
2	1,50	1,60	1,70
3	1,40	1,70	1,70
4	1,40	1,60	1,70
5	1,40	1,60	1,70
6	1,40	1,60	1,70
7	1,40	1,50	1,60
8	1,40	1,50	1,60
9	1,40	1,50	1,60
10	1,40	1,50	1,60
11	1,40	1,50	1,60
12	1,30	1,40	1,50
13	1,30	1,40	1,60
14	1,30	1,40	1,50
15	1,30	1,40	1,60
16	1,30	1,30	1,60
17	1,30	1,30	1,60
18	1,30	1,30	1,50
19	1,20	1,20	1,50
20	1,20	1,20	1,50
21	1,20	1,20	1,50
22	1,20	1,10	1,50
23	1,20	1,20	1,50
24	1,20	1,20	1,50
25	1,10	1,10	1,50
26	1,10	1,10	1,40
27	1,10	1,10	1,40
28	1,00	1,10	1,50
29	1,00	1,00	1,40
30	1,00	1,00	1,40
31	1,00	1,00	1,30
32	0,90	0,90	1,30
33	0,90	0,90	1,30
34	0,90	0,80	1,20
35	0,80	0,80	1,10
36	0,80	0,70	1,00

Hora: 19:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,00	2,80	2,80
2	3,00	2,90	2,80
3	3,00	2,80	2,80
4	3,00	2,80	2,80
5	3,00	2,80	2,80
6	3,00	2,80	2,70
7	3,00	2,70	2,70
8	3,00	2,70	2,70
9	3,00	2,70	2,70
10	3,00	2,70	2,70
11	3,10	2,70	2,70
12	3,10	2,70	2,70
13	3,00	2,70	2,70
14	3,00	2,70	2,70
15	3,00	2,70	2,60
16	3,00	2,70	2,70
17	3,00	2,70	2,70
18	3,00	2,70	2,60
19	3,00	2,60	2,60
20	3,00	2,60	2,60
21	3,00	2,70	2,60
22	3,00	2,70	2,60
23	3,00	2,60	2,60
24	3,00	2,60	2,60
25	2,90	2,60	2,50
26	2,90	2,60	2,50
27	2,90	2,60	2,50
28	2,90	2,60	2,50
29	2,90	2,60	2,50
30	2,90	2,60	2,50
31	2,90	2,50	2,50
32	2,90	2,50	2,40
33	2,90	2,50	2,40
34	2,90	2,50	2,40

35	2,90	2,50	2,40
36	2,80	2,50	2,40

Hora: 19:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	3,00	2,80	2,60
2	3,00	2,80	2,60
3	3,00	2,80	2,60
4	3,00	2,80	2,60
5	3,00	2,80	2,60
6	3,00	2,80	2,60
7	3,00	2,70	2,60
8	3,00	2,70	2,60
9	3,00	2,70	2,60
10	3,00	2,70	2,60
11	2,90	2,70	2,60
12	2,90	2,70	2,50
13	2,90	2,60	2,50
14	2,90	2,60	2,50
15	2,90	2,60	2,60
16	2,90	2,60	2,60
17	2,90	2,60	2,60
18	2,80	2,50	2,60
19	2,80	2,60	2,50
20	2,80	2,60	2,50
21	2,80	2,50	2,50
22	2,80	2,50	2,50
23	2,80	2,50	2,40
24	2,80	2,50	2,40
25	2,80	2,50	2,40
26	2,80	2,50	2,40
27	2,80	2,50	2,40
28	2,80	2,50	2,40
29	2,80	2,40	2,40
30	2,70	2,40	2,40

31	2,70	2,40	2,40
32	2,70	2,40	2,30
33	2,70	2,40	2,30
34	2,70	2,40	2,30
35	2,70	2,30	2,30
36	2,70	2,30	2,30

5.4.3. Datos obtenidos de ter butil mercaptano con geomembrana

Hora: 7:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	1,10	1,00	1,10
2	1,10	1,10	1,10
3	1,10	1,00	1,10
4	1,10	1,10	1,10
5	1,10	1,00	1,00
6	1,10	1,00	1,10
7	1,10	1,00	1,10
8	1,10	1,00	1,00
9	1,00	1,00	1,00
10	1,00	1,00	1,00
11	1,00	1,00	1,00
12	1,00	1,00	0,90
13	1,00	0,90	1,00
14	1,00	0,90	0,90
15	1,00	0,90	1,00
16	1,00	0,90	0,90
17	1,00	0,90	0,90
18	0,90	0,80	0,90

19	0,90	0,90	0,90
20	0,90	0,80	0,90
21	0,90	0,80	0,90
22	0,90	0,80	0,90
23	0,90	0,80	0,90
24	0,90	0,80	0,70
25	0,90	0,80	0,80
26	0,90	0,80	0,80
27	0,90	0,70	0,80
28	0,80	0,70	0,80
29	0,80	0,70	0,80
30	0,80	0,70	0,70
31	0,80	0,70	0,70
32	0,80	0,70	0,70
33	0,80	0,60	0,70
34	0,70	0,60	0,70
35	0,50	0,60	0,60
36	0,60	0,60	0,50

Hora: 7:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,70	0,70	0,60
2	0,70	0,80	0,60
3	0,70	0,80	0,60
4	0,70	0,70	0,60
5	0,70	0,70	0,60
6	0,70	0,70	0,60
7	0,70	0,70	0,50
8	0,70	0,70	0,50
9	0,70	0,70	0,50
10	0,70	0,70	0,50
11	0,70	0,70	0,50
12	0,70	0,60	0,50

13	0,70	0,60	0,50
14	0,60	0,60	0,30
15	0,60	0,60	0,40
16	0,60	0,60	0,40
17	0,60	0,60	0,40
18	0,60	0,60	0,40
19	0,60	0,60	0,40
20	0,60	0,50	0,40
21	0,60	0,50	0,40
22	0,60	0,50	0,40
23	0,50	0,50	0,40
24	0,50	0,50	0,30
25	0,50	0,50	0,30
26	0,50	0,50	0,30
27	0,50	0,50	0,30
28	0,50	0,50	0,30
29	0,50	0,50	0,30
30	0,50	0,50	0,30
31	0,50	0,50	0,20
32	0,50	0,40	0,20
33	0,40	0,40	0,20
34	0,40	0,40	0,20
35	0,40	0,40	0,20
36	0,30	0,40	0,20

Hora: 13:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	1,10	1,00	1,20
2	1,10	1,00	1,20
3	1,10	1,00	1,10
4	1,00	1,00	1,10
5	1,00	1,00	1,10
6	1,00	1,00	1,10

7	1,00	1,00	1,10
8	1,00	1,00	1,00
9	1,00	1,00	1,00
10	1,00	1,00	1,00
11	1,00	1,00	1,00
12	1,00	1,00	1,00
13	1,00	0,90	1,00
14	0,90	0,80	1,00
15	0,90	0,90	1,00
16	0,90	0,90	1,00
17	0,90	0,90	1,00
18	0,90	0,80	1,00
19	0,80	0,80	1,00
20	0,90	0,80	1,00
21	0,80	0,80	1,00
22	0,80	0,80	0,90
23	0,80	0,80	0,90
24	0,80	0,80	0,90
25	0,80	0,70	0,90
26	0,70	0,70	0,90
27	0,70	0,70	0,90
28	0,70	0,70	0,90
29	0,70	0,70	0,90
30	0,70	0,70	0,80
31	0,70	0,70	0,80
32	0,70	0,70	0,80
33	0,70	0,60	0,80
34	0,70	0,60	0,80
35	0,70	0,60	0,80
36	0,60	0,50	0,70

Hora: 13:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
-----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

1	0,60	0,50	0,70
2	0,70	0,50	0,70
3	0,60	0,60	0,70
4	0,60	0,60	0,70
5	0,60	0,60	0,70
6	0,60	0,60	0,60
7	0,60	0,50	0,60
8	0,60	0,50	0,60
9	0,60	0,50	0,60
10	0,50	0,50	0,60
11	0,50	0,50	0,60
12	0,50	0,50	0,60
13	0,50	0,50	0,40
14	0,50	0,50	0,50
15	0,50	0,50	0,50
16	0,40	0,50	0,50
17	0,40	0,40	0,50
18	0,40	0,40	0,40
19	0,40	0,40	0,40
20	0,40	0,30	0,40
21	0,40	0,30	0,40
22	0,40	0,30	0,40
23	0,40	0,30	0,40
24	0,40	0,30	0,40
25	0,30	0,30	0,40
26	0,30	0,30	0,30
27	0,30	0,30	0,30
28	0,30	0,30	0,30
29	0,30	0,30	0,30
30	0,30	0,30	0,30
31	0,30	0,20	0,30
32	0,30	0,20	0,30
33	0,30	0,20	0,30
34	0,20	0,20	0,20
35	0,20	0,20	0,20
36	0,20	0,10	0,20

Hora: 14:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,50	0,50	0,60
2	0,50	0,50	0,60
3	0,50	0,50	0,60
4	0,50	0,50	0,60
5	0,50	0,40	0,60
6	0,50	0,40	0,60
7	0,50	0,40	0,60
8	0,50	0,40	0,50
9	0,50	0,40	0,40
10	0,50	0,40	0,50
11	0,50	0,40	0,40
12	0,50	0,40	0,50
13	0,40	0,40	0,50
14	0,60	0,40	0,50
15	0,50	0,40	0,40
16	0,40	0,40	0,40
17	0,40	0,40	0,40
18	0,40	0,40	0,40
19	0,40	0,30	0,40
20	0,40	0,30	0,40
21	0,40	0,30	0,40
22	0,40	0,30	0,40
23	0,40	0,30	0,40
24	0,40	0,30	0,30
25	0,40	0,30	0,30
26	0,40	0,30	0,30
27	0,30	0,30	0,30
28	0,30	0,30	0,30
29	0,30	0,30	0,30
30	0,30	0,20	0,30

31	0,30	0,20	0,30
32	0,30	0,20	0,30
33	0,30	0,20	0,30
34	0,30	0,20	0,30
35	0,20	0,20	0,30
36	0,20	0,20	0,20

Hora: 14:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,40	0,50	0,50
2	0,30	0,50	0,60
3	0,40	0,50	0,60
4	0,40	0,40	0,50
5	0,40	0,40	0,50
6	0,40	0,40	0,50
7	0,40	0,40	0,50
8	0,30	0,40	0,50
9	0,30	0,40	0,50
10	0,30	0,40	0,40
11	0,30	0,40	0,40
12	0,30	0,40	0,40
13	0,30	0,40	0,40
14	0,30	0,40	0,40
15	0,30	0,40	0,30
16	0,30	0,40	0,30
17	0,30	0,40	0,30
18	0,30	0,40	0,30
19	0,30	0,30	0,30
20	0,30	0,40	0,30
21	0,30	0,30	0,30
22	0,20	0,30	0,30
23	0,30	0,30	0,30

24	0,20	0,30	0,20
25	0,20	0,30	0,20
26	0,20	0,30	0,20
27	0,20	0,30	0,20
28	0,20	0,30	0,20
29	0,20	0,30	0,20
30	0,20	0,30	0,20
31	0,20	0,20	0,10
32	0,20	0,20	0,20
33	0,20	0,20	0,10
34	0,20	0,20	0,10
35	0,20	0,20	0,10
36	0,10	0,20	0,10

Hora: 19:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,80	1,00	0,80
2	0,80	0,90	0,80
3	0,80	1,00	0,80
4	0,80	0,90	0,80
5	0,80	0,90	0,80
6	0,80	0,90	0,80
7	0,80	0,90	0,80
8	0,80	0,90	0,80
9	0,80	0,90	0,80
10	0,80	0,90	0,80
11	0,80	0,90	0,70
12	0,80	0,90	0,70
13	0,80	0,90	0,70
14	0,70	0,90	0,70
15	0,60	0,90	0,70
16	0,70	0,80	0,70

17	0,70	0,90	0,70
18	0,70	0,80	0,70
19	0,70	0,80	0,70
20	0,70	0,80	0,70
21	0,70	0,80	0,60
22	0,70	0,80	0,50
23	0,70	0,80	0,60
24	0,70	0,80	0,60
25	0,70	0,70	0,60
26	0,70	0,70	0,60
27	0,60	0,70	0,60
28	0,60	0,70	0,60
29	0,60	0,70	0,60
30	0,60	0,60	0,50
31	0,50	0,60	0,50
32	0,50	0,60	0,50
33	0,50	0,60	0,50
34	0,50	0,60	0,50
35	0,50	0,60	0,40
36	0,50	0,60	0,40

Hora: 19:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,60	0,70	0,60
2	0,60	0,70	0,50
3	0,60	0,70	0,50
4	0,60	0,80	0,50
5	0,60	0,70	0,50
6	0,60	0,70	0,50
7	0,60	0,70	0,50
8	0,60	0,70	0,50
9	0,60	0,70	0,50

10	0,60	0,70	0,50
11	0,60	0,60	0,50
12	0,60	0,60	0,50
13	0,60	0,60	0,50
14	0,50	0,60	0,50
15	0,60	0,60	0,50
16	0,60	0,60	0,50
17	0,50	0,60	0,40
18	0,50	0,50	0,40
19	0,50	0,50	0,40
20	0,50	0,50	0,40
21	0,50	0,50	0,40
22	0,50	0,50	0,40
23	0,50	0,50	0,40
24	0,50	0,40	0,40
25	0,50	0,40	0,40
26	0,50	0,40	0,40
27	0,50	0,40	0,40
28	0,40	0,40	0,30
29	0,40	0,40	0,30
30	0,40	0,40	0,30
31	0,40	0,40	0,30
32	0,40	0,40	0,30
33	0,40	0,30	0,30
34	0,40	0,30	0,20
35	0,30	0,30	0,20
36	0,30	0,30	0,20

5.4.4. Datos obtenidos de metil mercaptano con geomembrana

Hora: 7:00

N°	D1	D2	D3
----	----	----	----

	C (ppm)	C (ppm)	C (ppm)
1	0,80	0,80	0,70
2	0,80	0,70	0,70
3	0,80	0,80	0,70
4	0,70	0,80	0,70
5	0,70	0,80	0,70
6	0,70	0,70	0,70
7	0,70	0,70	0,70
8	0,70	0,70	0,70
9	0,70	0,70	0,70
10	0,70	0,70	0,70
11	0,70	0,70	0,70
12	0,70	0,70	0,60
13	0,70	0,70	0,60
14	0,70	0,50	0,60
15	0,70	0,60	0,60
16	0,70	0,50	0,60
17	0,70	0,60	0,60
18	0,70	0,60	0,50
19	0,70	0,60	0,50
20	0,70	0,60	0,50
21	0,70	0,60	0,50
22	0,70	0,60	0,50
23	0,70	0,60	0,50
24	0,70	0,50	0,50
25	0,70	0,50	0,50
26	0,60	0,50	0,50
27	0,60	0,50	0,40
28	0,60	0,40	0,40
29	0,60	0,40	0,40
30	0,60	0,40	0,40
31	0,60	0,40	0,40
32	0,60	0,40	0,40
33	0,50	0,30	0,30
34	0,50	0,30	0,30

35	0,50	0,30	0,30
36	0,40	0,30	0,20

Hora: 7:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,80	0,70	0,70
2	0,80	0,70	0,70
3	0,80	0,70	0,70
4	0,70	0,70	0,60
5	0,70	0,70	0,60
6	0,70	0,70	0,60
7	0,70	0,70	0,60
8	0,70	0,60	0,60
9	0,70	0,60	0,60
10	0,70	0,60	0,60
11	0,70	0,60	0,50
12	0,60	0,60	0,50
13	0,60	0,50	0,50
14	0,60	0,50	0,50
15	0,60	0,50	0,50
16	0,60	0,50	0,50
17	0,60	0,50	0,50
18	0,60	0,50	0,40
19	0,60	0,50	0,40
20	0,60	0,50	0,40
21	0,60	0,50	0,40
22	0,60	0,50	0,40
23	0,50	0,40	0,30
24	0,50	0,40	0,20

25	0,50	0,40	0,30
26	0,50	0,40	0,20
27	0,50	0,40	0,30
28	0,50	0,40	0,30
29	0,50	0,40	0,30
30	0,50	0,30	0,30
31	0,50	0,30	0,20
32	0,40	0,30	0,20
33	0,40	0,30	0,20
34	0,40	0,30	0,20
35	0,30	0,20	0,10
36	0,30	0,20	0,10

Hora: 13:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,80	0,70	0,70
2	0,70	0,70	0,60
3	0,80	0,70	0,60
4	0,80	0,70	0,60
5	0,70	0,60	0,60
6	0,70	0,60	0,60
7	0,70	0,60	0,50
8	0,70	0,60	0,50
9	0,70	0,60	0,50
10	0,70	0,60	0,50
11	0,70	0,50	0,50
12	0,70	0,50	0,50
13	0,70	0,50	0,50
14	0,60	0,40	0,50
15	0,60	0,40	0,40
16	0,60	0,40	0,40
17	0,60	0,40	0,40

18	0,60	0,40	0,40
19	0,60	0,40	0,40
20	0,60	0,40	0,40
21	0,60	0,40	0,30
22	0,60	0,40	0,30
23	0,60	0,30	0,30
24	0,60	0,30	0,30
25	0,60	0,30	0,30
26	0,60	0,30	0,20
27	0,50	0,30	0,20
28	0,40	0,30	0,20
29	0,40	0,30	0,20
30	0,50	0,30	0,20
31	0,50	0,30	0,20
32	0,50	0,20	0,20
33	0,50	0,20	0,20
34	0,50	0,20	0,10
35	0,50	0,20	0,10
36	0,40	0,10	0,10

Hora: 13:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,80	0,70	0,70
2	0,80	0,60	0,70
3	0,80	0,70	0,70
4	0,80	0,60	0,70
5	0,80	0,60	0,70
6	0,80	0,60	0,70
7	0,70	0,60	0,70
8	0,70	0,60	0,70
9	0,70	0,60	0,70

10	0,60	0,60	0,70
11	0,60	0,60	0,60
12	0,60	0,60	0,60
13	0,60	0,60	0,60
14	0,60	0,60	0,60
15	0,60	0,60	0,60
16	0,50	0,60	0,50
17	0,60	0,60	0,50
18	0,60	0,60	0,50
19	0,50	0,60	0,50
20	0,50	0,60	0,50
21	0,50	0,60	0,50
22	0,50	0,60	0,50
23	0,50	0,50	0,50
24	0,50	0,50	0,40
25	0,50	0,50	0,40
26	0,50	0,40	0,40
27	0,50	0,50	0,40
28	0,40	0,50	0,40
29	0,40	0,50	0,40
30	0,40	0,40	0,40
31	0,40	0,40	0,40
32	0,40	0,40	0,40
33	0,40	0,40	0,30
34	0,30	0,20	0,30
35	0,30	0,30	0,30
36	0,30	0,30	0,20

Hora: 14:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,70	0,60	0,50

2	0,60	0,60	0,50
3	0,60	0,60	0,50
4	0,60	0,60	0,50
5	0,70	0,60	0,50
6	0,70	0,60	0,50
7	0,60	0,60	0,50
8	0,60	0,60	0,50
9	0,60	0,60	0,50
10	0,60	0,60	0,50
11	0,60	0,60	0,50
12	0,50	0,60	0,50
13	0,50	0,60	0,50
14	0,50	0,50	0,40
15	0,50	0,50	0,40
16	0,50	0,50	0,40
17	0,50	0,50	0,40
18	0,40	0,50	0,40
19	0,40	0,50	0,40
20	0,40	0,50	0,40
21	0,40	0,50	0,40
22	0,40	0,50	0,40
23	0,40	0,50	0,40
24	0,40	0,40	0,40
25	0,40	0,40	0,40
26	0,40	0,40	0,30
27	0,40	0,40	0,40
28	0,30	0,40	0,30
29	0,30	0,40	0,40
30	0,30	0,40	0,30
31	0,30	0,40	0,30
32	0,30	0,30	0,30
33	0,20	0,30	0,30
34	0,20	0,30	0,20
35	0,20	0,30	0,20
36	0,10	0,30	0,20

Hora: 14:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,70	0,60	0,50
2	0,70	0,60	0,50
3	0,70	0,60	0,50
4	0,60	0,60	0,50
5	0,60	0,50	0,50
6	0,60	0,50	0,50
7	0,50	0,50	0,50
8	0,60	0,50	0,40
9	0,50	0,50	0,40
10	0,50	0,50	0,40
11	0,50	0,50	0,40
12	0,50	0,50	0,40
13	0,50	0,50	0,40
14	0,40	0,40	0,40
15	0,40	0,40	0,30
16	0,40	0,40	0,30
17	0,40	0,40	0,30
18	0,30	0,40	0,30
19	0,40	0,40	0,30
20	0,30	0,40	0,30
21	0,30	0,40	0,30
22	0,30	0,40	0,20
23	0,30	0,40	0,20
24	0,30	0,40	0,20
25	0,30	0,30	0,20
26	0,20	0,30	0,20
27	0,20	0,30	0,20
28	0,20	0,30	0,20

29	0,20	0,30	0,20
30	0,20	0,20	0,20
31	0,20	0,20	0,10
32	0,20	0,20	0,10
33	0,10	0,20	0,10
34	0,10	0,20	0,10
35	0,10	0,20	0,10
36	0,10	0,10	0,10

Hora: 19:00

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,50	0,50	0,60
2	0,40	0,50	0,60
3	0,50	0,50	0,60
4	0,50	0,50	0,50
5	0,50	0,50	0,50
6	0,50	0,50	0,50
7	0,40	0,50	0,50
8	0,40	0,50	0,50
9	0,40	0,50	0,50
10	0,40	0,50	0,50
11	0,40	0,40	0,50
12	0,40	0,40	0,50
13	0,40	0,40	0,50
14	0,30	0,40	0,50
15	0,30	0,40	0,40
16	0,30	0,40	0,40
17	0,30	0,40	0,40
18	0,30	0,40	0,40
19	0,30	0,40	0,40
20	0,30	0,40	0,40
21	0,30	0,40	0,40

22	0,30	0,40	0,20
23	0,30	0,40	0,30
24	0,30	0,30	0,20
25	0,30	0,30	0,30
26	0,20	0,30	0,30
27	0,20	0,30	0,30
28	0,20	0,30	0,30
29	0,20	0,30	0,30
30	0,20	0,30	0,20
31	0,20	0,20	0,20
32	0,20	0,20	0,20
33	0,10	0,20	0,20
34	0,10	0,20	0,10
35	0,10	0,10	0,10
36	0,10	0,10	0,10

Hora: 19:30

N°	D1 C (ppm)	D2 C (ppm)	D3 C (ppm)
1	0,40	0,50	0,50
2	0,40	0,50	0,50
3	0,40	0,50	0,50
4	0,40	0,50	0,50
5	0,30	0,50	0,50
6	0,30	0,40	0,50
7	0,30	0,40	0,50
8	0,30	0,40	0,40
9	0,30	0,40	0,30
10	0,30	0,40	0,40
11	0,30	0,40	0,40
12	0,30	0,40	0,30
13	0,20	0,40	0,30

14	0,20	0,40	0,30
15	0,20	0,40	0,30
16	0,20	0,40	0,30
17	0,20	0,40	0,30
18	0,20	0,30	0,30
19	0,20	0,30	0,30
20	0,20	0,30	0,30
21	0,20	0,30	0,30
22	0,20	0,30	0,30
23	0,20	0,30	0,30
24	0,20	0,30	0,30
25	0,10	0,30	0,30
26	0,10	0,30	0,30
27	0,10	0,20	0,30
28	0,10	0,20	0,20
29	0,10	0,20	0,20
30	0,10	0,20	0,20
31	0,10	0,20	0,20
32	0,10	0,20	0,20
33	0,10	0,10	0,20
34	0,10	0,10	0,20
35	0,10	0,10	0,10
36	0,10	0,10	0,10

5.4.5. Certificado de calibración

	CC-055-100623	FECHA: 10/06/2023
	www.hes.com.ec	REV: 01

Señores:

Descripción Del equipo: MULTIGAS MX6 IBRID

Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC

Sistema: Directo (FID)

N° de serie: 130935W-001

Temperatura seca: 16°C, Humedad relativa: 47%

1. Calibración de alarmas:

Tóxico 1: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm	Tóxico 2: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm	Tóxico 3: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm	Tóxico 4: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm
Oxígeno Min: Supera (18% O2) Max: Supera (24% O2)	Explosivos Min: Supera (0,0% LEL) Max: Supera (100% LEL)	H2S Min: Supera (0,0% LEL) Max: Supera (100% LEL)	SO2 Min: Supera (0,0% LEL) Max: Supera (100% LEL)

2. CALIBRACION DE GASES (No mezcla):

Sensor	GAS patrón		Concentración (ppm)				Resultado calibración	
	Supera	No supera	Inicial	final	patrón	respu esta	Pasa	No pasa
O2	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
SO2	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
H2S	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
LEL	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
Tóxico1	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
Tóxico2	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
Tóxico3	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
Tóxico4	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	-----
FID	x		132	101	100	100	Si	-----

Nota: Validez del certificado: 3 meses.

Panamericana Norte Km. 16, calle Adolfo Flores, Cel.: 098 413 9882; 0987166794

E-mail: gerencia@hes.com.ec
Ambato – Ecuador

	<p>CC-055-100623</p> <p>www.hes.com.ec</p>	<p>FECHA: 10/06/2023</p> <p>REV: 01</p>
---	--	---

3.- Nota Importante:

Ninguna calibración preventiva tiene garantía (garantía solamente aplica para venta de equipos y mantenimiento, ninguno de los dos es objeto de esta oferta), la calibración solamente se limita a certificar el nivel de exactitud (incertidumbre y corrección) del equipo intervenido en el momento del ensayo o calibración sugerido por el proveedor, o algún parámetro aprobado por el SAE o su equivalencia.

Usted puede enviar los equipos/instrumentos de inmediato se apruebe la cotización, una vez en nuestro laboratorio la calibración se realizará en los siguientes 7 - 14 días hábiles.

4. Firma técnico:


Firmado electrónicamente por:
MANOLO ALEXANDER
CORDOVA SUAREZ

 Manolo Alexander Córdova



LABORATORIO&HES LAB&HES CIA. LTDA.

CC:/ AP

Panamericana Norte Km. 16, calle Adolfo Flores, Cel.: 098 413 9882; 0987166794

E-mail: gerencia@hes.com.ec
 Ambato – Ecuador

5.4.6. Norma NTP 320



NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas



Seuils Olfactives et Sécurité de Substances Chimiques Dangereuses
Odors Thresholds and Safety of Dangerous Chemical Substances

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida		Sustituir los valores TLV citados por los VLA vigentes	
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: <input checked="" type="checkbox"/>

Redactor:

Jesús Carlos Arenaz Erburu
Licenciado en Medicina

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Objetivo

Teniendo en cuenta que el aparato del sentido olfativo es en el hombre el más sensible y el más importante de los sistemas de receptividad química, el objetivo de esta NTP consiste en determinar el grado de seguridad que nos puede aportar la detección olfatoria de 216 sustancias químicas, a todas las cuales se les ha asignado en la bibliografía una concentración ambiental a partir de la cual comienzan a olerse, en relación a situaciones de riesgo agudo o crónico para la seguridad y la salud de las personas en el medio laboral.

Hay que indicar que la utilización de la información apuntada en este documento es estrictamente orientativa.

Umbral olfativo

El umbral olfativo (U.O.) de una sustancia química dada se define como el valor de la concentración de esa sustancia para el cual el 50% de las personas sometidas al estudio (las cuales no son ni mucho ni poco sensibles a diferentes sustancias olorosas de referencia y están exentas de patología que afecte a la olfacción, entre otros criterios de selección) perciben su olor.

Los valores referidos en esta NTP son valores medios de entre los varios existentes para cada una de las sustancias que se señalan en la bibliografía, debiendo tenerse en cuenta que los U.O. se determinan en condiciones de laboratorio, por lo general distintas de las que encontramos en el medio laboral y sin otro tipo de sustancias olorosas presentes en el medio ambiente, situación que sí puede ocurrir en el lugar de trabajo.

Variabilidad del umbral olfativo

En la práctica, fuera del laboratorio, hay que tener presente la variabilidad del U.O. para las sustancias químicas, ya que habrá personas que detecten el olor por debajo del U.O. y las habrá que no lo perciban por encima de él, en función de ciertos factores de variabilidad en la percepción olfativa, como la diferente sensibilidad del aparato olfativo, el estado de distracción o atención del sujeto, la habituación a los olores, enfermedades que interfieren con la olfacción, variaciones en la temperatura y humedad del aire, existencia de corrientes de aire, la edad, el sexo, etc.

En tal sentido, los Umbrales Olfativos no pueden ser utilizados como límites de seguridad absolutos para detectar las sustancias químicas por el olor antes de alcanzar concentraciones peligrosas.

Seguridad de los umbrales olfativos

La seguridad que nos puede aportar la detección olfatoria se ha analizado en relación a cuatro aspectos distintos, recogiendo los resultados en el listado que se acompaña y que se describe con detalle en el listado de sustancias químicas:

1. Para determinar el grado de seguridad que la detección de una sustancia por el olor puede reportar antes de alcanzar una concentración que suponga riesgo de explosión, se ha relacionado el valor de su U.O. con su límite inferior de explosividad (L.I.E.).

- Para establecer la seguridad que nos pueda aportar el U.O. frente a riesgos crónicos o agudos para la salud, se ha puesto éste en relación con los Valores Límite Umbrales o T.L.V. de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I. H) establecidos para el año 1992-1993 (concentraciones de sustancias que se encuentran en suspensión en el aire por debajo de las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden exponerse repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos para la salud), pudiendo ser éstos un T.L.V.-T.W.A. (concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día sin efectos adversos) o bien un T.L.V.-C (concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo). Para los gases asfixiantes simples, que no poseen T.L.V., se ha determinado un nivel límite del 14% de volumen en aire, es decir 140.000 partes por millón (p.p.m.) ya que a esta concentración es de esperar que el contenido de oxígeno en el aire sea inferior al 18% (nivel mínimo de contenido de oxígeno en el aire para considerarlo como apto en cuanto al aporte de oxígeno al organismo).
- Frente al riesgo de irritación en humanos, la seguridad aportada por la detección olfatoria de una sustancia química se expresa en la relación entre su U.O. y la concentración a la que comienza la irritación en el hombre ([Irit.]), bien a nivel de la piel, ocular, nasal, garganta, sistema respiratorio, etc.
- Para establecer el grado de seguridad que puede reportar la detección olorosa de una sustancia química frente al riesgo inmediato para la vida o la salud en el hombre, se ha puesto en relación su U.O. con la concentración inmediatamente peligrosa para la vida o la salud (I.P.V.S.) de esa sustancia (concentración máxima a la cual, en caso de fallo o inexistencia de equipo respiratorio se podría escapar en un plazo de 30 minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud).

Factor de seguridad

Para que la detección olfatoria sea un elemento de protección o seguridad, es necesario que exista un margen de seguridad entre el U.O. y las concentraciones que puedan dar lugar a los riesgos agudos o crónicos explicados en el apartado anterior.

Con el fin de disminuir algunos efectos de las variaciones individuales en la detección olfativa se aplica un factor de seguridad de forma que si T.L.V./U.O.; [Irit.]/U.O.; I.P.V.S./U.O. o L.I.E./U.O. es mayor o igual de 1.000, se puede decir que existe aceptable nivel de seguridad por la olfación pues más del 50% de individuos olerán la sustancia antes de alcanzar unos niveles de concentración que puedan suponer el tipo de riesgos agudos o crónicos descritos anteriormente. Esto ocurre para los valores señalados con un asterisco (*) en el listado final de sustancias químicas, no así para los valores que no lo llevan, en cuyo caso significa que la relación es inferior a mil y no se ofrece suficiente seguridad, ya que menos del 50% de personas olerán la sustancia antes de llegar a las concentraciones peligrosas para la seguridad, la salud o la vida.

Listado de sustancias químicas

En el listado final se señalan 216 sustancias químicas a las cuales se ha asignado en la bibliografía un U.O. y que además la mayoría poseen un T.L.V. Se da el nombre de la sustancia con su fórmula molecular y una característica del olor (semejanza con ciertos productos, con fenómenos o elementos de la naturaleza, etc.) según se describe en la bibliografía.

Posteriormente se acompañan para esas 216 sustancias los valores de las concentraciones de su U.O. señalados en el año 1986, de 165 L.I.E., de 200 valores T.L.V., 119 [Irit.] y 102 I.P.V.S., expresadas todos ellos en partes por millón (p.p.m.), excepto el L.I.E. que está expresado en unidades de % de volumen en aire.

Notaciones:

(-) Indica que no se ha encontrado el dato correspondiente al valor de la concentración o al carácter del olor; (N.I.) Indica que la sustancia es no inflamable; (N.C.) Indica que la sustancia es no combustible; (A) Indica que se trata de un gas asfixiante simple; (C) indica que se trata de un T.L.V.-C.

Con el fin de facilitar el cambio de unidades, si fuera preciso, se dan las fórmulas para pasar de partes por millón (p.p.m.) a miligramos por metro cúbico (mg/m^3) y de % en volumen a p.p.m., así como los pesos atómicos de los componentes de las sustancias para poder conocer el peso molecular de cada una de ellas.

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \text{p.p.m.} \times \text{Peso molecular de la sustancia}/24,45$$

$$1 \% \text{ en volumen} = 10.000 \text{ p.p.m.}$$

Pesos atómicos de los componentes de las sustancias químicas referenciadas:

As (75); B (11); Br (80); C (12); Cl (35); F (19); H (1); I (127); N (14); Ni (59); O (16); Os (190); P (31); S (32); Se (79); Si (28).

Así, ej.: Peso molecular de $\text{NH}_3 = 14 + 3 \times 1 = 17$

Listado de sustancias

Acetatos

De acetileno a butilamina

De butiltolueno a diisopropilamina

De dimetilacetamida a hidróximetilpentanona

De hidruro de selenio a octanona

De óxido de carbono a xilidinas

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
ACETATO DE n-BUTILO. $C_8H_{16}O_2$	Dulce	0,39	1,4*	150	99	10000*
ACETATO DE ETILO. $C_4H_8O_2$	A laca de uñas	3,9	2,2*	400	97	10000*
ACETATO DE 2-ETOXIETILO. $C_6H_{12}O_3$	Dulce	0,056	1,7*	5	—	—
ACETATO DE ISOBUTILO. $C_6H_{12}O_2$	Dulce	0,64	2,4*	150	284	7500*
ACETATO DE ISOPENTILO. $C_7H_{14}O_2$	A plátano	0,025	1*	100*	—	3000*
ACETATO DE ISOPROPILO. $C_5H_{10}O_2$	Afrutado	2,7	1,7*	250	91	16000*
ACETATO DE METILO. $C_3H_6O_2$	Afrutado	4,6	3,1*	200	10065*	10000*
ACETATO DE n-PENTILO. $C_7H_{14}O_2$	A plátano	0,054	1,1*	100	99*	4000*
ACETATO DE sec-PENTILO. $C_7H_{14}O_2$	Afrutado	0,002	1,1*	125*	—	9000*
ACETATO DE n-PROPILO. $C_5H_{10}O_2$	Dulce	0,67	2*	200	—	8000*
ACETATO DE VINILO. $C_4H_6O_2$	Amargo	0,5	2,6*	10	—	—

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
ACETILENO. C_2H_2	A gas	620	2,5	140000(A)	—	—
ACETONA. C_3H_6O	Dulce.	13	2,6*	750	200	20000*
ACETONITRILO. C_3H_3N	A éter	170	4,4	40	521	4000
ACIDO ACÉTICO. $C_2H_4O_2$	Picante	0,48	5,4*	10	10	1000*
ACIDO ACRÍLICO. $C_3H_4O_2$	Rancio	0,094	5,3*	2	—	—
ACIDO BUTÍRICO. $C_4H_8O_2$	Amargo	0,001	0,2*	—	—	—
ACIDO FÓRMICO. CH_2O_2	Penetrante	49	18*	5	14	30
ACIDO PROPIONICO. $C_3H_6O_2$	Amargo	0,16	2,1*	10	—	—
ACRILATO DE n-BUTILO. $C_8H_{12}O_2$	Rancio	0,035	1,2*	10	—	—
ACRILATO DE ETILO. $C_6H_8O_2$	Terroso	0,0012	1,8*	5*	4*	2000*
ACRILATO DE METILO. $C_4H_6O_2$	Penetrante	0,0048	2,8*	10*	74*	1000*
ACRILONITRILO. C_3H_3N	A ajo	17	3,1*	2	—	500
ACROLEÍNA. C_3H_4O	Picante	0,16	2,8*	0,1	0,54	5
ALCANFOR. $C_{10}H_{16}O$	A almendras	0,27	0,6*	2	1,7	32
ALCOHOL FURFURÍLICO. $C_5H_8O_2$	A alcohol	8	1,8*	10	—	250
ALDEHIDO ACÉTICO. C_2H_4O	Afrutado	0,05	4*	100*	50*	10000*
ALDEHIDO FÓRMICO. CH_2O	Picante	0,83	7*	0,3(C)	1,2	30
2-AMINOETANOL. C_2H_7NO	Amoniaca	2,6	5,5*	3	5,3	1000
2-AMINOPROPANO. C_3H_7N	Amoniaca	1,2	2,3*	5	9,9	4000*
AMONIACO. NH_3	Irritante	5,2	16*	25	103,5	500
ANHÍDRIDO ACÉTICO. $C_2H_2O_3$	Amargo	0,13	2,9*	5(C)	4,8	1000*
ANHÍDRIDO MALEICO. $C_4H_2O_3$	Picante	0,32	1,4*	0,25	1,36	—
ANHÍDRIDO FTÁLICO. $C_8H_4O_3$	Sofocante	0,053	1,7*	1	5	1652*
ANILINA. C_6H_7N	Picante	1,1	1,3*	2	—	100
ARSENAMINA. AsH_3	A ajo	0,5	N.I.	0,05	—	6
BENCENO. C_6H_6	Dulce	12	1,4*	10	2817	3000
BENCENOTIOL. C_6H_6S	A podrido	0,0009	—	0,5	—	—
p-BENZOQUINONA. $C_6H_4O_2$	Acido	0,084	—	0,1	0,45	68
1-1'-BIFENILO. $C_{12}H_{10}$	A mantequilla	0,00083	0,6*	0,2	1,1*	—
BROMO. Br_2	Penetrante	0,051	N.I.	0,1	0,32	10
BROMOCLOROMETANO. CH_2BrCl	Dulce	400	—	200	—	5000
BROMOETANO. C_2H_5Br	A éter	3,1	—	5	6489*	3500*

BROMO.Br ₂	Penetrante	0,051	N.I.	0,1	0,32	10
BROMOCOLOROMETANO.CH ₂ BrCl	Dulce	400	—	200	—	5000
BROMOETANO.C ₂ H ₅ Br	A éter	3,1	—	5	6489*	3500*
BROMURO DE HIDRÓGENO.BrH	Irritante	2	N.I.	3(C)	3	50
1,3-BUTADIENO.C ₄ H ₆	A goma	1,6	2*	10	—	20000*
BUTANO.C ₄ H ₁₀	A gas	2700	1,9	800	—	—
n-BUTANOL.C ₄ H ₁₀ O	A alcohol	0,83	1,4*	50(C)	25	8000*
sec-BUTANOL.C ₄ H ₁₀ O	A alcohol	2,6	1,7*	100	—	10000*
BUTANONA.C ₄ H ₈ O	Dulce	5,4	1,8*	200	200	—
1-BUTANOTIOL.C ₄ H ₁₀ S	Fétido	0.00097	—	0,5	—	2500*
2-BUTENAL.C ₄ H ₆ O	Picante	0,12	2,1*	2	8	400*
n-BUTILAMINA.C ₄ H ₁₁ N	Amargo	1,8	1,7*	5(C)	10	2000*

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
p-ter-BUTILTOLUENO.C ₁₁ H ₁₆	A gasolina	5	—	10	7,9	1000
2-BUTOXIETANOL.C ₈ H ₁₈ O ₂	Dulce	0,1	1,1*	25	—	700*
CIANOACRILATO DE 2-METILO.C ₇ H ₉ NO ₂	—	2,2	—	2	2,64	—
CIANURO DE HIDRÓGENO.CNH	Almen. amargas	0,58	5,4*	10(C)	—	—
CICLOHEXANO.C ₆ H ₁₂	Dulce	25	1,3	300	305	10000
CICLOHEXANOL.C ₆ H ₁₂ O	Alcanforado	0,15	2,4*	50	48,8	3500*
CICLOHEXANONA.C ₆ H ₁₀	Dulce	0,88	1,1*	25	24,9	5000*
CICLOHEXENO.C ₆ H ₁₀	Dulce	0,18	1,2*	300*	—	10000*
CICLOHEXILAMINA.C ₆ H ₁₃ N	—	2,6	1,5*	10	—	—
CICLOPENTADIENO.C ₅ H ₆	A pino	1,9	—	75	—	2000*
CLORO.Cl ₂	Sofocante	0,31	N.I.	0,5	3,1	30
CLOROACETOFENONA.C ₈ H ₇ ClO	Irritante	0,035	—	0,05	7,9	16
CLOROBENCENO.C ₆ H ₅ Cl	A almendras	0,68	1,3*	10	202,7	2400*
2-CLORO-1,3-BUTADIENO.C ₄ H ₅ Cl	A goma	15	2,5*	10	—	400
1-CLORO-2,3 EPOXIPROPANO.C ₃ H ₅ ClO	A cloroformo	0,93	2,3*	2	85,8	250
CLOROETANO.C ₂ H ₅ Cl	A éter	4,2	3,8*	1000	—	20000*
CLOROETILENO.C ₂ H ₃ Cl	Dulce	3000	4	5	—	—
CLOROFORMO.CHCl ₃	Sofocante	85	N.I.	10	—	1000
CLOROMETANO.CH ₃ Cl	Dulce	10	0,81	50	508,4	10000*
3-CLOROPROPENO.C ₃ H ₃ Cl	Picante	1,2	2,9*	1	23,9	300
alfa-CLOROTOLUENO.C ₇ H ₇ Cl	Picante	0,044	1,1*	1	7,9	10
o-CLOROTOLUENO.C ₇ H ₇ Cl	Picante	0,32	1*	50	—	—
CLORURO DE HIDRÓGENO.ClH	Picante	0,77	N.I.	5(C)	32,8	100
CRESOLES.C ₇ H ₈ O	A alquitrán	0,00028	1,1*	5*	—	250*
DECABORANO.B ₁₀ H ₁₄	Picante	0,06	—	0,05	—	20
1,2-DIAMINOETANO.C ₂ H ₆ N ₂	Amoniacal	1	2,7*	10	101,6	2000*
DIBORANO.B ₂ H ₆	Dulce repulsivo	2,5	0,8*	0,1	—	40
DICICLOPENTADIENO.C ₁₀ H ₁₂	Dulce	0,0057	—	5	0,49	—
1,2- DICLOROBENCENO.C ₆ H ₄ Cl ₂	Alcanforado	0,3	2,2*	25	24,9	1000*
1,4-DICLOROBENCENO.C ₆ H ₄ Cl ₂	Alcanforado	0,18	—	75	39,9	1000*
1,2-DICLOROETANO.C ₂ H ₄ Cl ₂	A cloroformo	88	6,2	10	—	1000
1,1-DICLOROETILENO.C ₂ H ₃ Cl ₂	A cloroformo	190	7,3	5	—	—
1,2-DICLOROETILENO.C ₂ H ₃ Cl ₂	Irritante	17	9,7*	200	—	4000
DICLOROMETANO.CH ₂ Cl ₂	Dulce	250	15,5	50	2383	5000
1,2-DICLOROPROPANO.C ₃ H ₅ Cl ₂	Dulce	0,25	3,4*	75	—	2000*
DICLORURO DE CARBONILO.COCl ₂	A heno	0,9	N.C.	0,1	1,97	2
DIETILAMINA.C ₄ H ₁₁ N	A pescado	0,13	1,8*	10	50,1	2000*
2-DIETILAMINOETANOL.C ₆ H ₁₃ ON	Amoniacal	0,011	6,7*	10	—	—
DIFLUORURO DE OXÍGENO.F ₂ O	Fétido	0,1	—	0,05(C)	—	—
2,4-DIISOCIANATO DE TOLUENO.C ₉ H ₈ N ₂ O ₂	Afrutado	0,17	0,9*	0,005	0,56	10
DIISOPROPILAMINA.C ₃ H ₉ N	A pescado	1,8	1,1*	5	24,1	1000

2,4-DIISOCIANATO DE TOLUENO.C ₉ H ₉ N ₂ O ₂	Afrutado	0,17	0,9*	0,005	0,56	10
DIISOPROPILAMINA.C ₆ H ₁₅ N	A pescado	1,8	1,1*	5	24,1	1000

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
N,N- DIMETILACETAMIDA.C ₄ H ₉ NO	A quemado	47	2	10	—	400
DIMETILAMINA.C ₂ H ₇ N	Amoniacal	0,34	2,8*	5	—	2000
N,N DIMETILANILINA.C ₈ H ₁₁ N	Aceitoso	0,013	1*	5	—	100*
N,N DIMETILFORMAMIDA.C ₃ H ₇ ON	A pescado	2,2	2,2*	10	—	3500*
2,6-DIMETIL-4-HEPTANONA.C ₉ H ₁₈ O	Dulce	0,11	0,8*	25	25,7	2000*
1,1-DIMETILHIDRAZINA.C ₂ H ₆ N ₂	Amoniacal	1,7	2*	0,5	—	50
1,4-DIOXANO.C ₄ H ₈ O ₂	A éter	24	2	25	219,8	2000
DIÓXIDO DE AZUFRE.SO ₂	Sofocante	1,1	N.I.	2	1,9	100
DIÓXIDO DE CARBONO.CO ₂	—	74000	N.I.	5000	—	50000
DIÓXIDO DE CLORO.CIO ₂	A cloro	9,4	—	0,1	5,4	10
DIÓXIDO DE NITRÓGENO.NO ₂	Irritante	0,39	N.I.	3	10,6	50
1,2-EPOXIPROPANO.C ₃ H ₄ O	Dulce	44	1,9	20	473,6	2000
ESTIRENO.C ₈ H ₈	Dulce	0,32	1,1*	50	—	5000*
ETANO.C ₂ H ₆	—	120000	3	140000(A)	—	—
ETANOL.C ₂ H ₅ O	A alcohol	84	3,3	1000	5041,7	—
ETANOTIOL.C ₂ H ₆ S	A podrido	0,00076	2,8*	0,5	—	2500*
ÉTER.C ₄ H ₁₀ O	Dulzón	8,9	1,85*	400	98,96	—
ETILAMINA.C ₂ H ₇ N	Amoniacal	0,95	3,5*	10	97,6	4000*
ETILBENCENO.C ₈ H ₁₀	Aceitoso	2,3	1,2*	100	200	2000
ETILENIMINA.C ₂ H ₄ N	Amoniacal	1,5	3,6*	0,5	113,5	100
ETILENO.C ₂ H ₄	A hierba	290	2,7	140000(A)	—	—
ETILIDENNORBORNENO.C ₉ H ₁₂	Aromático	0,014	—	5(C)	6,1	—
4-ETILMORFOLINA.C ₈ H ₁₃ NO	Amoniacal	1,4	1*	5	39	2000*
2-ETOXIETANOL.C ₄ H ₁₀ O ₂	Dulce	2,7	1,8*	5	—	—
FENOL.C ₆ H ₅ OH	A medicina	0,04	1,7*	5	47,3	250
FLÚOR.F ₂	Picante	0,14	N.C.	1	32,1	25
FLUORURO DE HIDRÓGENO.FH	Irritante	0,042	N.I.	3(C)	5,07	30
FORMIATO DE ETILO.C ₄ H ₈ O ₂	Aromático	31	2,7	100	326,7	8000
FORMIATO DE METILO.C ₃ H ₆ O ₂	A éter	600	5,9	100	3562	5000
FOSFINA.PH ₃	A ajo	0,51	1*	0,3	7,67	200
FOSFITO DE TRIMETILO.C ₃ H ₉ O ₃ P	Picante	0,0001	—	2*	—	—
2-FURFURALDEHIDO.C ₅ H ₄ O ₂	Almendras	0,078	2,1*	2	12,2	250*
HALOTANO.C ₂ HBrClF ₃	—	33	N.I.	50	—	—
HEPTANO.C ₇ H ₁₆	A gasolina	150	1,05	400	—	5000
2-HEPTANONA.C ₇ H ₁₄ O	Dulce	0,35	1*	50	—	4000*
HEXAFLUOROCICLOPENTADIENO.C ₅ Cl ₆	—	0,03	—	0,01	—	—
HEXAFLUOROETANO.C ₂ Cl ₄	Alcanforado	0,15	N.C.	1	—	300*
HEXANO.C ₆ H ₁₄	A gasolina	130	1,2	50	51	5000
2-HEXANONA.C ₆ H ₁₂ O	A pintura	0,076	1,2*	5	—	5000*
HIDRAZINA.N ₂ H ₄	Amoniacal	3,7	4,7*	0,1	—	80
4-HIDROXI-4-METIL-2-PENTANONA.C ₆ H ₁₂ O ₂	Dulce	0,28	1,8*	50	50,5	—

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
HIDRURO DE SELENIO. SeH_2	A ajo	0,3	—	0,05	1,8	—
2,2'-IMINODIETANOL. $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_2$	Amoniacal	0,27	—	3	—	—
1-H-INDENO. C_9H_8	—	0,015	—	3	—	—
ISOBUTANOL. C_4H_{10}	A húmedo	1,6	1,2*	50	98,96	8000*
ISOCIANATO DE METILO. $\text{C}_2\text{H}_3\text{NO}$	Intenso	2,1	5,3*	0,02	21,4	20
ISOFORONA. $\text{C}_9\text{H}_{16}\text{O}$	Penetrante	0,2	0,8*	5(C)	8,84	800*
ISOPROPENILBENCENO. C_9H_{10}	Aromático	0,29	1,9*	50	198,6	—
ISOPROPILBENCENO. C_9H_{12}	Penetrante	0,088	0,9*	50	—	8000*
LACTATO DE n-BUTILO. $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_3$	—	7	—	5	—	—
METACRILATO DE METILO. $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$	A plástico	0,083	2,1*	100*	170,1*	4000*
METANOL. CH_3O	Agrio	100	6	200	17477,9	25000
METANOTIOL. CH_2S	A podrido	0,0016	3,9*	0,5	—	400*
METILAMINA. CH_3N	A pescado	3,2	5*	5	23,6	10
n-METILANILINA. $\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$	—	1,7	—	0,5	—	—
3-METIL-1-BUTANOL. $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	Dulce	0,042	1,2*	100*	99,8*	—
3-METIL-2-BUTANONA. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$	Dulce	1,9	1,8*	200	—	—
METILCICLOHEXANO. C_7H_{14}	Como benceno	630	1,2	400	—	10000
2-METILCICLOHEXANOL. $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$	A aceite de coco	500	1,3	50	503	—
o-METILESTIRENO. C_9H_{10}	Desagradable	10	0,7	50	49,6	5000
5-METIL-2-HEXANONA. $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$	—	0,012	—	50*	—	—
METILHIDRAZINA. CH_2N_2	—	1,7	2,5*	0,2(C)	—	50
2-METI-2,4-PENTANEDIOL. $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$	—	50	1	25(C)	51,7	—
4-METIL-2-PENTANOL. $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	Dulce	0,07	1*	25	23,92	2000*
4-METIL-2-PENTANONA. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$	Dulce	0,68	1,2*	50	100	3000*
4-METIL-3-PENTENO-2-ONA. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$	Dulce	0,45	1,4*	15	24,9	5000*
2-METIL-2-PROPANOL. $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	A alcohol	47	2,4	100	—	8000
2-METIL-2-PROPENONITRILLO. $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$	—	7	2*	1	2,18	—
2-METOXIETANOL. $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	A alcohol	2,3	2,5*	5	118,2	—
1-METOXI-2-PROPANOL. $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	Aromático	10	1,9*	100	976,69	—
MORFOLINA. $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$	A pescado	0,01	1,8*	20	—	8000*
NAFTALENO. C_{10}H_8	A alquitrán	0,084	0,9*	10	14,3	500*
NITRATO DE n-PROPILO. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$	A éter	50	2	25	—	2000
NITROBENCENO. $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	A betún	0,018	1,8*	1	45,6	200*
NITROETANO. $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$	Afrutado	2,1	4*	100	100,9	1000
NITROMETANO. CH_3NO_2	Afrutado	3,5	7,3*	100	200,2	1000
1-NITROPROPANO. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$	Afrutado	11	2,2*	25	98,79	2300
2-NITROPROPANO. $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$	—	70	2,6	10	—	2300
NITROTOLUENO. $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$	Aromático	0,045	1,6*	2	—	200*
NONANO. C_9H_{20}	A gasolina	47	0,8	200	—	—
OCTANO. C_8H_{18}	A gasolina	48	1	300	310,38	5000
3-OCTANONA. $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}$	Intenso	6	—	25	49,56	—

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O. (ppm)	L.I.E. % en Vol.	TLV-TWA (ppm)	[Irrit.] (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
ÓXIDO DE CARBONO.CO	—	100000	12,5	25	—	1500
ÓXIDO DE DIFENILO.C ₁₂ H ₁₀ O	A geranios	0,0012	0,8*	1	—	—
ÓXIDO DE DIISOPROPILO.C ₈ H ₁₆ O	Dulce	0,017	—	250*	301,4*	10000*
ÓXIDO DE ETILENO.C ₂ H ₂ O	Dulce	430	3	1	—	800
OZONO.O ₃	A tréboles	0,045	N.I.	0,1(C)	1,01	10
PENTABORANO.B ₅ H ₉	Picante	0,96	0,42*	0,005	—	3
PENTANAL.C ₅ H ₁₀ O	—	0,028	—	50*	—	—
n-PENTANO.C ₅ H ₁₂	Dulce	400	1,5	600	—	15000
2-PENTANONA.C ₅ H ₁₀ O	A acetona	11	1,5*	200	—	5000
3-PENTANONA.C ₅ H ₁₀ O	A acetona	2	1,6*	200	—	—
PIRIDINA.C ₅ H ₅ N	A quemado	0,17	1,8*	5	27,8	3600*
PROPANO.C ₃ H ₈	A gas	16000	2,3	140000(A)	—	20000
1-PROPANOL.C ₃ H ₇ O	A alcohol	2,6	2,1*	200	5594,7*	4000*
2-PROPANOL.C ₃ H ₇ O	A alcohol	22	2,5	400	199,37	12000
PROPILENO.C ₃ H ₆	Aromático	76	2	140000*(A)	—	—
SILICATO DE ETILO.CH ₃ SiO ₃	Dulce	17	1,3	10	698,4	1000
SULFURO DE CARBONO.CS ₂	A éter	0,11	1,3*	10	—	500*
SULFURO DE HIDRÓGENO.SH ₂	Huevo podrido	0,0081	4*	10*	10,04*	300*
TETRACARBONIL NÍQUEL.C ₄ O ₄ Ni	A hollín	0,3	2*	0,05	—	—
1,1,2,2-TETRACLOROETANO.C ₂ H ₂ Cl ₄	A cloroformo	1,5	N.I.	1	189,6	150
TETRACLOROETILENO.C ₂ Cl ₄	A éter	27	N.I.	50	104,67	500
TETRACLOROMETANO.CCl ₄	Dulce	96	N.I.	5	—	300
TETRAHIDROFURANO.C ₄ H ₈ O	A éter	2	1,8*	200	—	20000*
TETRÓXIDO DE OSMIO.O ₄ Os	Picante	0,0019	—	0,0002	—	0,09
TIOBISMETANO.C ₂ H ₂ S	A podrido	0,001	0,22	0,5	—	—
TOLUENO.C ₇ H ₈	Como benceno	2,9	1,2*	50	199	2000
TOLUIDINA.C ₇ H ₇ N	Aromático	0,25	1,5*	2	—	—
TRIBROMOMETANO.CBr ₄	Dulce	1,3	—	0,5	1980*	—
1,2,4-TRICLOROBENCENO.C ₆ H ₃ Cl ₃	Aromático	1,4	2,6*	5(C)	5,38	—
1,1,1-TRICLOROETANO.C ₂ H ₃ Cl ₃	Dulce	120	7,5	350	994,8	1000
TRICLOROETILENO.C ₂ HCl ₃	A éter	28	12,5*	50	160,76	1000
TRICLOROFLUOROMETANO.CCl ₂ F	Dulce	5	N.I.	1000(C)	—	10000*
TRICLORONITROMETANO.CCl ₂ NO ₂	Penetrante	0,78	—	0,1	0,31	4
TRICLOROTRIFLUOROETANO.C ₂ Cl ₃ F ₃	Dulce	45	—	1000	—	4500
TRIMETILAMINA.C ₃ H ₇ N	A pescado	0,48	1,2*	10	48,3	1000*
TRIODOMETANO.CHI ₃	A éter	0,005	—	0,6	—	—
TRIMETILAMINA.C ₃ H ₉ N	A pescado	0,00044	2*	5*	—	—
TRIMETILBENCENO.C ₆ H ₁₂	—	0,55	—	25	—	—
VINIL CARBINOL.C ₃ H ₆ O	A mostaza	1,1	2,5*	2	5,26	150
XILENOS.C ₈ H ₁₀	Dulce	1,1	1,1*	100	100,1	1000
XILIDINAS.C ₈ H ₁₁ N	Aromático	0,056	1,5*	5	—	150*

Consideraciones finales

Hay que hacer notar que el sulfuro de hidrógeno (SH₂) se deja de oler a partir de una concentración de 100 a 150 p.p.m. por lo que en este caso no sería adecuado guiarse taxativamente con los datos referenciados en este documento.

A pesar de emplear el factor de seguridad tal y como se ha visto, puede haber factores de variación individual en la percepción de los olores que no queden reducidos por el empleo de aquel, sobre todo los efectos de la habituación, por lo que se recomienda usar con precaución las indicaciones señaladas en esta NTP

Bibliografía

- (1) ROUSSELIN, X. et FALCY, M.
Le Nez, les Produits Chimiques et la sécurité
Cahiers de Notes Documentaires n° 124, 3° Trimestre. 1986
- (2) JOHN E. AMOORE and EARL HAUTALA.
Odor as an Aid to Chemical Safety: Odor Threshold Compared with Threshold Limit Values and Volatilities for 214 Industrial Chemicals in Air and Water Dilution
J. of App. Toxic. Vol. 3, n° 6, 1983
- (3) JON H. RUTH.
Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (47). March 1986
- (4) PATTY'S INDUSTRIAL HYGIENE and TOXICOLOGY
Vol. 1, Part B. 4th Ed. 842-847. U.S. 1991
- (5) S. FUCHS.
Les Odeurs dans L'Industrie.
Cahiers de Notes Documentaires, n° 56, 3° Trimestre, 1969
- (6) WILLIAM F. GANONG.
Manual de Fisiología Médica
Ed. El Manual Moderno S.A. 6ª Ed. México D.F. 1978
- (7) WILLIAM F. CAIN and AMOS TURK
Smell of Danger: An Analysis of LP-GAS Odorization
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (46). March 1985
- (8) WINDHOLZ M., BUDARI S., F. BLUMETTIL R. et al.
The Merck Index and Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals
U.S.A. Tenth Ed. 1983
- (9) NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH
Pocket Guide to Chemical Hazards
N.I.O.S.H. Pub. n° 90-117. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. June 1990
- (10) DUTCH INSTITUTE FOR THE WORKING ENVIRONMENT AND THE DUCTH CHEMICAL INDUSTRY ASSOCIATION
Chemical Safety Sheets. Working Safety with Hazardous Chemicals. 1991
- (11) ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
Extremely Hazardous Substances
Superfund Chemical Profiles. Vol I, II. 1988
- (12) CONFERENCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIALES DEL GOBIERNO
TLVs Valores Límite e Índices Biológicos de Exposición para 1992-1993
Dirección General de Trabajo. España
- (13) PIQUE ARDANUY, T.
Concentración "Inmediatamente Peligrosa para la Vida o la Salud" (IPVS)
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Nota Técnica de Prevención 292.1991
- (14) AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION
Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards. 1989.
- (15) TOUZA H., ROJAS D. y PEREZ R.
Manual Práctico de Toxicología
Ed. Ciencias Médicas. La Habana. Cuba. 1988.
- (16) LEWIS J. and L. TATKEN R.
Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
National Institute for Occupational Safety and Health. Vol. I, II. U. S. 1979
- (17) LIDA N. OSBERN and ROBERTO. CRAPO.
Dung Lung: A Report of Toxic Exposure to Liquid Manure
Annals of Internal Medicine. 95:312-314. Salt Lake City, Utah. U.S. 1981

5.4.7. Norma NTP:108



NTP 108: Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos



Toxicological criteria for chemical pollutants
Critères toxicologiques pour les contaminants chimiques

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

José Bartual Sánchez
Doctor en Ciencias Químicas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

Introducción

El posible efecto nocivo de los contaminantes químicos sobre la salud, debido a su presencia en los ambientes laborales, debe ser considerado en el marco de la acción tóxica que en general pueden ejercer las sustancias químicas.

En términos amplios, se entiende por acción tóxica o toxicidad a la capacidad relativa de un compuesto para ocasionar daños mediante efectos biológicos adversos, una vez ha alcanzado un punto susceptible del cuerpo. Esta posible acción tóxica significa que la exposición a los contaminantes comporta un riesgo, el cual se puede definir como la probabilidad de que produzcan los efectos adversos señalados, bajo las circunstancias concretas de la exposición.

La toxicidad es pues uno de los factores que determinan el riesgo, pero éste responde además a otros varios factores, como la intensidad y la duración de la exposición, la volatilidad del compuesto y el tamaño de las partículas. El concepto de toxicidad se refiere a los efectos biológicos adversos que pueden aparecer tras la interacción de la sustancia con el cuerpo, mientras que el concepto del riesgo incluye además la probabilidad de que se produzca una interacción efectiva.

En consecuencia, la toxicidad y el riesgo se concretarán en cada circunstancia particular en función de los efectos biológicos y las propiedades fisicoquímicas del compuesto implicado, así como de las características que presente la exposición al mismo. Estos efectos, propiedades y características constituyen por tanto unos datos cuyo conocimiento será imprescindible para poder efectuar la evaluación del riesgo y establecer una prevención del mismo.

En esta Nota se presenta un resumen de conceptos y definiciones básicas en Toxicología, en relación con los datos indicados, que pueden servir como criterios de utilidad en Prevención.

Substancias tóxicas. Clasificación

El número de sustancias capaces de mostrar algún efecto tóxico es muy elevado, pues incluye la mayor parte de los compuestos conocidos. Lógicamente, el grupo de sustancias tóxicas con importancia industrial es más reducido pero, no obstante, en la actualidad ya son muy numerosos los compuestos que tienen asignado un límite de concentración en ambientes laborales.

Las sustancias tóxicas pueden clasificarse de acuerdo con varios criterios. Uno de los criterios de clasificación es la estructura química responsable de la toxicidad, ya que ésta no siempre es debida a la composición global, sino que frecuentemente está originada por la presencia de la molécula de un elemento determinado o de un grupo funcional característico. De este modo los tóxicos pueden clasificarse según elementos químicos, grupos funcionales o bien compuestos definidos, tal como se indica a continuación:

Elementos químicos: Compuestos de Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cobre, Cromo, Fósforo, Manganeseo, Mercurio, Níquel, Plomo, etc.

Grupos Funcionales: Compuestos con grupos aldehído, amido, amino, carboxilo, éster, éter, isocianato, nitrilo, nitro, etc.

Compuestos definidos: Ácido nítrico, cloroformo, dióxido de azufre, fenol, fosgeno, monóxido de carbono, sílice, etc.

Consecuencia de este hecho es que al establecer niveles máximos admisibles, las cantidades correspondientes se suelen referir a la entidad responsable de la acción nociva, sea elemento químico, grupo funcional o compuesto definido -por ejemplo concentración en mg/m^3 de benceno, grupo isocianato o plomo- sin que importe, cuando no se especifica, la composición complementaria del tóxico.

Otro criterio de clasificación son las propiedades físicas, particularmente el estado físico en condiciones normales, por su importancia sobre la vía y mecanismo de penetración del tóxico en el organismo. Siguiendo este criterio los tóxicos pueden clasificarse en los tres grupos clásicos:

Gases: Penetran fácilmente en el cuerpo por inhalación y suelen absorberse sin dificultad. Su penetración a través de la piel o por ingestión no suele ser frecuente.

Líquidos: Pueden ser ingeridos accidentalmente pero, en la práctica, el mayor riesgo se produce por inhalación de sus vapores, que se comportan como gases, y también de sus aerosoles. El contacto con la piel puede producir su absorción o efectos locales que pueden llegar a ser muy importantes, principalmente en zonas delicadas como los ojos.

Sólidos: Pueden ser inhalados en forma de polvo o aerosol, pero su penetración profunda en el aparato respiratorio sólo se produce cuando las partículas tienen un diámetro inferior a cinco micras. Su ingestión es muy infrecuente y la acción a través de la piel es menos importante que la de los líquidos. En el caso de los sólidos es particularmente importante la característica de su posible o imposible solubilización en los fluidos biológicos, ya que condiciona el tipo de efecto tóxico.

También constituye un criterio de clasificación el uso o utilización industrial de las sustancias químicas. Una utilización determinada puede incluir un amplio número de compuestos, pero suele presuponer unas características comunes que se traducen en una similitud del efecto tóxico y además también suele propiciar unas condiciones particulares de exposición que conlleven un riesgo específico. Tal es el caso, por ejemplo, de los abrasivos, disolventes, pesticidas, pigmentos inorgánicos, tintes, etc.

Exposición y dosis

La presencia de un contaminante en el medio ambiente en el que se halla un individuo origina la exposición de éste al contaminante en cuestión. La consecuencia de esta exposición -exposición externa- es que cierta cantidad M contaminante podrá alcanzar o incorporarse al organismo del individuo, produciendo determinados efectos sobre el mismo.

El concepto de exposición, como magnitud, integra dos factores variables diferentes; la concentración o nivel de presencia del contaminante en el medio y el tiempo o duración de la propia exposición. No obstante, ambos factores tienen interés propio, por lo cual se dice que la exposición es más o menos intensa según sea la magnitud de la concentración del contaminante, y se clasifican las exposiciones en agudas, subagudas y crónicas según su duración y frecuencia.

Cuando la exposición externa produce una incorporación de tóxico al organismo, se origina de hecho una efectiva exposición interna al mismo. En esta situación, la cantidad del contaminante que incorpore el individuo constituye la dosis absorbida o dosis interna. La cantidad de tóxico que, como consecuencia de aquella dosis, alcance un determinado compartimento u órgano del cuerpo del individuo constituirá la dosis local recibida por el mismo y será la causante de los efectos del tóxico en dicho punto.

Efecto tóxico. Definición y clasificaciones

Como se ha dicho anteriormente, la capacidad de producir efectos biológicos adversos, característica de los tóxicos, se manifiesta una vez que éstos alcanzan un punto del cuerpo susceptible a su acción. Por tanto, la acción tóxica se producirá en algún momento durante el transcurso de la presencia del tóxico en el organismo, siguiendo las fases de exposición, absorción, distribución, biotransformación y eliminación. El efecto adverso se concretará a nivel celular en forma de algún cambio biológico, que terminará por afectar al órgano al que pertenecen las células.

Se denomina **concentración crítica para una célula** aquella concentración local del tóxico a la cual se originan cambios funcionales adversos, reversibles o irreversibles, en la propia célula. A su vez, la **concentración crítica para un órgano** es la concentración media en el órgano a la que el tipo de células más sensibles del mismo alcanza la concentración crítica. De este modo, se denomina **órgano crítico** al órgano particular que es el primero en alcanzar la concentración crítica del tóxico, bajo unas circunstancias específicas de exposición.

En general suelen distinguirse varios tipos principales de efectos tóxicos:

Corrosivo: Efecto de destrucción de los tejidos sobre los que actúa el tóxico.

Irritativo: Efecto de irritación de la piel o las mucosas en los puntos en los que se produce el contacto con el tóxico.

Neumoconiótico: Efecto de fibrosis pulmonar producido por partículas sólidas de determinadas sustancias insolubles en los fluidos biológicos.

Asfixiante: Efecto de anoxia producido por desplazamiento del oxígeno del aire (asfixiantes físicos) o por alteración de los mecanismos oxidativos biológicos (asfixiantes químicos).

Sensibilizante: Efecto debido a una reacción de tipo alérgico del organismo ante la presencia del tóxico, que puede manifestarse en múltiples formas (asma, dermatitis).

Cancerígeno, mutágeno y teratógeno: Efecto de producción de cáncer, modificaciones hereditarias y malformaciones en la descendencia, respectivamente, debidas básicamente a la inducción de cambios en los cromosomas de las células.

Sistémico: Alteraciones en órganos y sistemas específicos debidas a la acción sobre los mismos del tóxico, una vez absorbido y distribuido por el cuerpo; incluye, por tanto, los efectos sobre el sistema nervioso, sistema hematopoyético, hígado, riñones, etc.

Frecuentemente se utiliza para clasificar a las sustancias tóxicas el tipo de efecto que producen. Así, el calificativo de "tóxico" se ha venido aplicando tradicionalmente, de modo restrictivo, a las sustancias que presentan efectos sistémicos, en tanto las restantes sustancias tóxicas se suelen calificar según su efecto principal (irritantes, neumoconióticos, asfixiantes, etc.). No obstante, estos calificativos pueden originar confusiones, dado que muchos tóxicos son capaces de producir a la vez varios tipos de efectos.

Existen también algunos conceptos que permiten establecer divisiones generales de los efectos tóxicos. Así, pueden considerarse entre los efectos las siguientes dualidades:

Locales y generales: Los primeros aparecen en el lugar de contacto del tóxico con el cuerpo y los segundos se manifiestan en puntos apartados de dicho lugar.

Agudos y crónicos: Responden a una distinción desde el punto de vista clínico según la duración o evolución de las manifestaciones.

Reversibles e irreversibles: Hace referencia a la posibilidad de recuperación del estado normal tras la remisión de los cambios biológicos producidos por el tóxico.

Acumulativos y no acumulativos: Diferencia entre los tóxicos que actúan por acumulación en el organismo, al ser eliminados muy lentamente, y aquellos otros, cuya eliminación es mucho más rápida, que actúan cuando la exposición es suficientemente intensa.

Estocásticos (cuantales) y no estocásticos (graduados): En el primer grupo, la posibilidad de que se produzca el efecto aumenta con la dosis de tóxico recibida (cancerígenos). En el segundo, es la intensidad o gravedad del efecto la que depende de la dosis (irritativos, sistemáticos).

Cuando un individuo sufre una exposición combinada, o sea, una exposición simultánea a una mezcla de sustancias tóxicas, pueden presentarse tres tipos de efectos combinados:

Independientes: Cada uno de los tóxicos concurrentes produce un efecto distinto a través de un modo de acción diferente.

Sinérgicos: El efecto combinado es mayor que el de cada uno de los componentes de la mezcla. Los efectos sinérgicos pueden ser de dos clases:

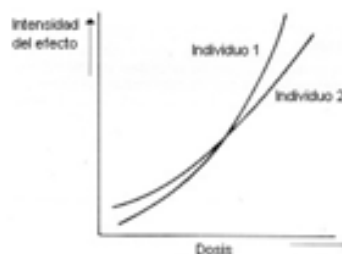
- Aditivos, cuando la magnitud del efecto combinado es igual a la suma de los efectos producidos separadamente por cada uno de los tóxicos.
- Potenciados, cuando el efecto combinado es más que aditivo.

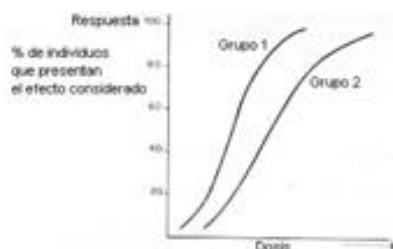
Antagónicos. El efecto combinado es inferior al aditivo.

Relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta

Se denomina relación dosis-efecto a la correspondencia entre la dosis de exposición y la magnitud de un efecto específico en un individuo determinado, y se entiende como relación dosis-respuesta a la correspondencia entre la dosis de exposición y la proporción de individuos, dentro de un grupo de sujetos definido, que presentan un efecto específico con una magnitud determinada.

Ambas relaciones pueden representarse de modo gráfico, constituyendo las denominadas curvas de dosis-efecto y dosis-respuesta. El conocimiento completo de estas relaciones permite la determinación de la dosis máxima con la que no se observa respuesta en condiciones definidas, es decir, el nivel umbral de respuesta, de evidente interés en Prevención.





Índices de toxicidad

El principal recurso para establecer de modo experimental la toxicidad de los compuestos químicos lo constituyen las pruebas de toxicidad con animales. Menos utilizadas son las pruebas de experimentación humana y las pruebas de actividad "in vitro" (prueba de Ames y otras). También la epidemiología aporta datos de importancia pero menos específicos y normalizables.

En las pruebas de toxicidad con animales se utilizan ejemplares que permitan una experimentación relativamente aseptizada y cuya respuesta general a los efectos de los tóxicos sea extrapolable al hombre.

Una de las pruebas más utilizadas consiste en determinar la dosis letal media para exposiciones agudas, DL 50, que es la dosis, expresada en miligramos de tóxico por kilogramo de peso del ejemplar, que administrada de una vez por vía oral a un grupo concreto de animales produce la muerte del 50% de los mismos en un período de 14 días tras el tratamiento.

Otra prueba importante consiste en determinar la concentración letal media, CL 50, que es la concentración del tóxico en aire que al ser inhalada durante un período de 4 horas (en la versión principal de esta prueba) produce el fallecimiento del 50% de los animales, en un período de 14 días tras el tratamiento.

Estas determinaciones pueden realizarse con algunas variantes, ya sea modificando la duración o frecuencia de la exposición utilizando la vía de entrada dérmica, variando los animales de experimentación, o bien manteniendo un período de observación de los efectos más prolongado. En cualquier caso los valores DL 50 y CL 50, con especificación de las condiciones en que han sido determinados, constituyen los índices de toxicidad más amplios de que se dispone, en base a los cuales algunos autores han propuesto la clasificación de los tóxicos en tres o cuatro grupos exponentes del orden de severidad del efecto nocivo -como por ejemplo sustancias muy tóxicas, tóxicas, nocivas y de baja peligrosidad- pero sin que exista hasta el momento un criterio unánime al respecto.

Niveles admisibles de exposición

Desde el punto de vista de la prevención de los riesgos higiénicos, los índices de toxicidad DL 50, e incluso los índices CL 50, no son de gran utilidad práctica, ya que no permiten deducir unos niveles admisibles de exposición.

Para establecer unas adecuadas medidas preventivas sería preciso conocer las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta de cada posible contaminante, principalmente en el punto referente a valores umbral de respuesta, para poder deducir los niveles máximos de concentración ambiental que no producen efectos nocivos ni desagradables bajo una exposición crónica. El conocimiento de estas relaciones no es fácil, ni es siempre posible la determinación de los umbrales de respuesta, dado el amplio margen de la sensibilidad del organismo humano.

Por estos motivos, los indicados niveles deben establecerse en función de toda la información alternativa disponible, sea toxicológica, epidemiológica o clínica.

De este modo se han elaborado varias listas de niveles ambientales admisibles, que obedecen a criterios y datos no siempre coincidentes. La lista de más amplia aceptación en los países occidentales es la debida a la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH) de U.S.A. y que se denomina "Threshold Limit Values" (TLV) o sea Valores límites umbral. Otras listas importantes son los valores MAK (Concentraciones máximas admisibles) de la República Federal Alemana, los valores MAC de la U.R. S.S. y los valores límites de Suecia.

La relación de los TLV americanos incluye tres categorías de valores:

TLV-TWA: medidas ponderadas en el tiempo

Se trata de concentraciones medias ponderadas en el tiempo, para jornadas normales de 8 horas o 40 horas semanales, a las cuales la mayoría de los trabajadores puede estar expuesta repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos.

TLV-STEL: Límites de exposición para cortos períodos de tiempo

Son concentraciones medias ponderadas para períodos de 15 minutos a las que pueden estar expuestos los trabajadores, durante cualquier período continuo de esta duración en el transcurso de la jornada de trabajo, sin sufrir una irritación intolerable, un cambio crónico o irreversible en los tejidos o una narcosis en grado suficiente como para que se incremente la predisposición al accidente, se

dificultan las reacciones de defensa o se reduzcan más de 4 de estas situaciones por día, estando espaciadas como mínimo en 60 minutos y no excediéndose el TLV-TWA diario.

TLV-C: Valores techo

Concentraciones no sobrepasables en ningún instante.

La relación de los TLV, además de estos tres tipos de valores, incluye para determinadas sustancias la notación "Vía dérmica" (Skin) para indicar que es posible una entrada importante en el organismo a través de la piel, la cual si se produce efectivamente invalida el valor TLV asignado. Finalmente, en un apéndice, se relacionan los compuestos de los que se posee alguna evidencia de producir efectos cancerígenos, tanto los que tienen valor TLV asignado como los que no lo tienen.

Los valores TLV, como cualquier otro valor de nivel ambiental admisible para exposiciones laborales, no deben ser utilizados como índice relativo de riesgo o toxicidad, ni en la evaluación o control de la contaminación ambiental extralaboral. Estos valores solo representan las condiciones bajo las que cabe esperar, de acuerdo con los conocimientos de que se dispone, que la casi totalidad de trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, sin manifestar efectos adversos. Un pequeño porcentaje de trabajadores puede, no obstante, experimentar efectos adversos debido a la amplia variabilidad de la susceptibilidad individual.

Otro modo de realizar una valoración específica de la exposición, con finalidad preventiva, se basa en el establecimiento de los denominados Valores límites biológicos o B. L.V. (Biologic Limit Values). Estos valores representan cantidades máximas de contaminantes (o sus efectos) a los que el trabajador puede estar expuesto sin peligro para su salud o bienestar, estimadas mediante determinaciones efectuadas en sus tejidos, fluidos biológicos o aire exhalado. Estas determinaciones biológicas pueden proporcionar dos tipos de información útil para el control de la exposición del trabajador: una estimación de la exposición interna al tóxico, cuya correlación con los efectos es mejor que la que presenta la exposición externa, o una medida de la respuesta individual del trabajador. El primer caso corresponde a las determinaciones del contaminante o sus metabolitos, y el segundo a las determinaciones de algún tipo de efecto.

Los valores límites biológicos de exposición, y los procedimientos para determinar la conformidad con los mismos, tienen ventajas e inconvenientes respecto a la utilización de valores ambientales, pero pueden ser considerados como un medio efectivo de control de la salud del trabajador.

Bibliografía

- (1) AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS
TLVs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Work Environment with Intended Changes for 1983-84.
Cincinnati, A. C. G. I. H., 1983
- (2) INTERNATIONAL LABOUR OFFICE
Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances (2ª ed.)
Geneva, I. L. O., 1980
- (3) LAUWERYS, R.
Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles (2ª ed.)
Paris, Masson, 1982
- (4) ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
Métodos utilizados para establecer niveles admisibles de exposición profesional a los agentes nocivos. Ginebra, O.M.S., 1977
- (5) WORLD HEALTH ORGANIZATION
Principles and Methods for Evaluating the Toxicity of Chemicals. Part. I.
Geneva, W.H.O., 1978

5.4.8. Registro fotográfico



Figura 23. Monitor Multigas IBRID MX6.



Figura 24. Área de deposición final de residuos.



Figura 25. Evaluación de mercaptanos sin geomembrana HDPE.



Figura 26. Disposición final de residuos con geomembrana HDPE.



Figura 27. Evaluación de mercaptanos con geomembrana HDPE.