

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD QUÍMICA Y FARMACIA



DETERMINACIÓN SEMI-CUANTITATIVA DE CONCENTRACIONES DE
GASES DE COMBUSTIÓN EN ESTACIONAMIENTOS SUBTERRÁNEOS
DE CENTROS COMERCIALES DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN
SALVADOR

TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

GRISELDA MABEL BONILLA MARIONA
GLORIA CAMILA GONZÁLEZ FUENTES

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUÍMICA Y FARMACIA

FEBRERO 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORA DE ÁREA DE SALUD PÚBLICA

MÁSTER NURIAN LISSETH PÉREZ DE MARÍN

ASESORA DE ÁREA DE INDUSTRIA FARMACÉUTICA, COSMÉTICOS,
VETERINARIA Y PRODUCTOS AFINES

MAESTRA ROCÍO RUANO DE SANDOVAL

DOCENTE ASESORA

LICENCIADA SANDRA GUADALUPE PERAZA DE RAMÍREZ

AGRADECIMIENTOS

Primero, deseamos expresar nuestro agradecimiento a Dios, por su guía divina, fortaleza y sabiduría a lo largo de este proceso. Sin su presencia en cada paso de esta investigación, este logro no hubiera sido posible.

A nuestra asesora Licda. Sandra Peraza por su valiosa orientación, paciencia y apoyo continuo. Su experiencia y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de este trabajo. Gracias por su guía experta y por ayudarnos a superar los desafíos que se presentaron durante la investigación.

A nuestras familias, en general, por su amor incondicional y apoyo constante. Agradecemos profundamente a cada miembro de nuestras familias por estar siempre a nuestro lado, brindándonos aliento y apoyo emocional. Su confianza en nosotras ha sido una fuente de motivación a lo largo de este proyecto.

A la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, por proporcionar el espacio académico y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Su apoyo institucional ha sido esencial para el desarrollo y la culminación de este proyecto.

Finalmente, a las empresas que nos facilitaron el acceso a los centros comerciales para la realización de nuestras mediciones, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento. Su colaboración y disposición para permitirnos llevar a cabo nuestra investigación en sus instalaciones han sido fundamentales para el éxito de nuestro estudio.

A todos ustedes, nuestro más profundo agradecimiento. Este logro es el resultado del esfuerzo y apoyo colectivo de cada uno de ustedes.

DEDICATORIA

A mi compañera de tesis Griselda Mabel Bonilla Mariona por su incansable apoyo, colaboración y compañerismo a lo largo de este proceso. Tu dedicación y esfuerzo compartido han sido fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

A mi papá, por su constante aliento, paciencia y apoyo incondicional. Gracias por creer en mí y por brindarme el respaldo para completar esta tesis. Mi mamá, por su amor incondicional, comprensión y paciencia. Tu apoyo constante y tu fe en mí me han dado la fuerza necesaria para superar cada obstáculo. A mi mamita Gloria, por ser una fuente inagotable de cariño y sabiduría, su apoyo ha sido un pilar fundamental en todas las etapas de mi vida. A mi hermano, por estar siempre presente con su apoyo y ánimo. A mi novio por su amor, paciencia y apoyo durante este arduo proceso.

En memoria a Derek Freridge, quien, a través de la Salvadoran Women's Education Foundation, dejó un legado importante en nuestra comunidad. Su compromiso y contribuciones han sido inspiradores y significativos para el desarrollo de esta investigación. Finalmente, a la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, por brindarme el espacio y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Ha sido crucial para el desarrollo académico y profesional que he alcanzado.

Camila González

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar esta etapa de estudio, que me dio la fuerza, perseverancia y fortaleza para realizar esta investigación y culminar esta etapa de estudio.

A mis Padres que con mucho esfuerzo se proyectaron y me permitieron los recursos para mis estudios, gracias por animarme e inspirarme a seguir adelante y superar las dificultades, A mis hermanos que me apoyaron y acompañaron para finalizar este proceso.

A mi familia en general por el apoyo brindado en todo el proceso de estudio, su acompañamiento ha sido fundamental para culminar mis estudios.

A mi compañera Gloria Camila González Fuentes, por su esfuerzo, dedicación compañerismo y paciencia para el desarrollo de esta investigación en las diferentes etapas.

A nuestra asesora Licda. Sandra Peraza por su orientación y guía en cada una de las etapas de la investigación. Su experiencia y conocimiento ha sido fundamental para culminar este proceso.

A la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador y sus docentes que me brindaron herramientas, conocimiento y experiencias para mi vida profesional y personal.

A cada una de las empresas que nos permitió el acceso a instalaciones para el desarrollo de nuestro tema de investigación, su apoyo y compromiso fue fundamental.

Mabel Bonilla

INDICE GENERAL

Pág. N°

ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

GLOSARIO

RESUMEN

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN 17

CAPÍTULO II 19

2.0 OBJETIVOS 20

CAPÍTULO III 21

3.0 MARCO TEÓRICO 22

3.1 Aire 22

3.1.1 Composición del aire 22

3.1.2 Propiedades físicas y químicas del aire 22

3.2 Contaminación del aire 23

3.2.1 Fuentes de contaminación 25

3.2.2 Fuentes generadoras de contaminación 26

3.3 Espacios confinados 27

3.3.1 Tipos de estacionamientos 28

3.4 Seguridad y salud ocupacional 33

3.4.1 Surgimiento de la salud y seguridad ocupacional 34

3.4.2 Salud ocupacional en la edad moderna 35

3.4.3 La institucionalidad de la seguridad industrial 36

3.4.4 Calidad del aire Interior en el trabajo 37

3.5 Combustión 41

3.5.1 Clasificación de combustibles 42

3.5.2 Productos derivados de la combustión 43

3.6 Directrices mundiales 46

3.6.1 Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) 46

3.6.2 Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) 48

3.6.3 Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH)	56
3.7 Directrices nacionales	59
3.7.1 Medición de gases presentes en el aire	59
3.7.2 Mediciones puntuales y promedio	61
3.7.3 Mediciones personales y ambientales	61
3.7.4 Instrumentos lectura directa	62
3.7.5 Sistemas activos de toma de muestras	67
3.7.6 Sistemas pasivos de toma de muestras	67
3.8 Semi-cuantificación de inmisiones de gases utilizando tubos dräger de corta duración	69
3.8.1 Generalidades	69
CAPÍTULO IV	71
4.0 DISEÑO METODOLÓGICO	72
4.1 Tipo de estudio	72
4.2 Investigación bibliográfica	72
4.3 Campo de aplicación	72
4.4 Universo y muestra	73
4.5 Parte experimental	73
4.5.1 Procedimiento para toma de muestra con tubos de rango corto dräger para la medición de límites de exposición ocupacional de <i>CO</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i>	73
4.5.2 Identificación de establecimiento	74
4.6 Verificación de repetitividad del método	74
4.7 Adecuado manejo de residuos	74
CAPÍTULO V	75
5.0 RESULTADOS	76
5.1 Centro Comercial N°1	76
5.2 Centro Comercial N°2	82
5.3 Centro Comercial N°3	88
5.4 Centro Comercial N°4	95
5.5 Centro Comercial N°5	100

5.6 Verificación de repetibilidad	105
CAPÍTULO VI	106
6.0 CONCLUSIONES	107
CAPÍTULO VII	109
7.0 RECOMENDACIONES	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1	Índice Centroamericano de calidad del aire	24
2	Referencia a estacionamiento plano	29
3	Referencia a estacionamiento en varios niveles de la construcción	30
4	Referencia a estacionamiento subterráneo	31
5	Referencia de estacionamiento con elevadores	31
6	Referencia de estacionamiento con duplicadores de espacio	32
7	Referencia de estacionamiento automático	33
8	Croquis CC1.SOTM-SOT1	76
9	Croquis CC1.SOTM-SOT2	77
10	Gráfico CC1SOTM-CO, resultados medición de monóxido de carbono	79
11	Gráfico CC1.SOTM, resultados medición de dióxido de nitrógeno	80
12	Gráfico CC1.SOTM, resultados medición de dióxido de azufre	81
13	Croquis CC2.SOTM-SOT1	82
14	Croquis CC2.SOTM-SOT2	83
15	Croquis CC2.SOTM-SOT3	83
16	Gráfico CC2.SOTM, resultados medición de monóxido de carbono	85
17	Gráfico CC2.SOTM, resultados medición de dióxido de nitrógeno	86
18	Gráfico CC2.SOTM, resultados medición de dióxido de azufre	87
19	Croquis CC3.ESTM-EST1	88
20	Croquis CC3.ESTM-EST1.2	89
21	Croquis CC3.ESTM-EST2	89
22	Croquis CC3.ESTM-EST3	90

23	Gráfico CC3.ESTM resultados medición de monóxido de carbono	92
24	Gráfico CC3.ESTM, resultados medición de dióxido de nitrógeno	93
25	Gráfico CC3.ESTM, resultados medición de dióxido de azufre	94
26	Croquis CC4.ESTU	95
27	CC4.ESTU, resultados medición de monóxido de carbono	97
28	Gráfico CC4.ESTU, resultados medición de dióxido de nitrógeno	99
29	Gráfico CC4.ESTU, resultados para dióxido de azufre	99
30	Croquis CC5.ESTU, resultados de dióxido de azufre	100
31	Gráfico CC5.ESTU, resultados para monóxido de carbono	102
32	Gráfico CC5.ESTU, resultados para dióxido de nitrógeno	103
33	Gráfico CC5.ESTU, resultados para dióxido de azufre	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1	Clasificación de combustibles	42
2	Límites de exposición permisibles para contaminantes transportados por el aire	47
3	Limites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos	49
4	Limites permisibles establecidos por ACGIH	59
5	Resultados centro comercial 1, sótano múltiple (CC1.SOTM)	78
6	Resultados de centro comercial 2, sótano múltiple (CC2.SOTM)	84
7	Resultados de medición de gases en centro comercial N°3 estacionamiento múltiple (CC3.ESTM)	91
8	Resultados obtenidos de medición de gases en centro comercial 4, (CC4.ESTU)	96
9	Resultados de medición de gases en centro comercial 5 estacionamiento único. (CC5.ESTU)	101
10	Repetibilidad de medición en un punto de muestreo en cada centro comercial sujeto a estudio	105

ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

- MJ: Milijoule.
- EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).
- NIOSH: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional.
- ACGIH: Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales.
- Ppm: partes por millón (= unidad para medir la cantidad de una sustancia que se mezcla con un líquido u otra sustancia).
- OMS: Organización Mundial para la Salud, autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas.
- PEL: Límite de Exposición Permisible, refiere a las normas de salud relacionadas con la exposición a los gases, vapores, humos, polvos/fibras y niebla; el ruido y la radiación, requieren una explicación adicional.
- REL: Límite de exposición recomendado de NIOSH
- Los TLV (Valores Límite Umbral) se denominan "Threshold Limit Values" valores que establece la ACGIH y se basan exclusivamente en criterios científicos de protección de la salud.
- TLV-TWA. Media ponderada en el tiempo
- TLV-C. Valor techo: Concentración que no debería ser sobrepasada en ningún instante.
- TLV-STEL. Límites de exposición para cortos periodos de tiempo.
- AMSS: Área Metropolitana de San Salvador.

GLOSARIO

- Carboxihemoglobina: Hemoglobina en la que el monóxido de carbono (CO) ha desplazado al oxígeno. Si la cantidad de carboxihemoglobina es grande, el sujeto, por anoxia, puede perder el conocimiento e incluso producirle la muerte.¹
- Sulfurohemoglobinemia: Estado mórbido debido a la presencia de sulfohemoglobina en la sangre, caracterizado por cianosis persistente, pero con un recuento sanguíneo que no revela ninguna anomalía especial de la sangre; se cree que es debida a la acción de sulfuro de hidrógeno absorbido del intestino.²

RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue determinar las concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales en el área metropolitana de San Salvador mediante un método semicuantitativo. Se identificaron centros comerciales con estacionamientos subterráneos y se obtuvieron permisos para realizar mediciones. Se cuantificó la concentración de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), y dióxido de azufre (SO₂) usando tubos colorimétricos Dräger. Los valores obtenidos se compararon con normas de calidad de aire y se verificó si las condiciones eran adecuadas para los trabajadores.

Se evaluó si existía riesgo para la salud por exposición prolongada a estos gases, que pueden causar efectos a corto y largo plazo, incluyendo intoxicación grave y enfermedades crónicas. La investigación reveló que, en los centros comerciales evaluados, los niveles de CO, NO₂ y SO₂ en los estacionamientos subterráneos se mantuvieron dentro de los límites seguros establecidos por OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) y NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional). Sin embargo, algunos resultados de NO₂ superaron los límites recomendados por ACGIH en dos centros comerciales.

Los resultados mostraron que, en general, los niveles de gases de combustión no representaron un riesgo significativo para la salud en los centros comerciales estudiados, aunque se detectaron algunas concentraciones elevadas de NO₂ en ciertos momentos y lugares.

Se emitió un informe detallado a cada centro comercial con los resultados y recomendaciones para mejorar la calidad del aire. Se recomienda a las autoridades salvadoreñas desarrollar normativas específicas para gases de combustión en espacios confinados y a las empresas realizar mantenimientos periódicos en sistemas de ventilación. Además, se sugiere a las empresas de seguridad monitorear la salud de sus empleados expuestos a estos gases, y se alienta a futuros investigadores a considerar tanto el impacto ambiental como el riesgo para la salud ocupacional en sus estudios.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales de mayor importancia en la actualidad, se presenta como el resultado del crecimiento de las ciudades y del progreso desmedido del ser humano. La contaminación se origina principalmente como resultado de las actividades industriales, vehiculares, comerciales, domésticas, agropecuarias, entre otras.

El crecimiento urbano, la concentración industrial y el aumento descontrolado del transporte son los tres factores más difíciles de resolver, sobre todo, cuando no se tiene leyes estrictas para el control de la contaminación y peor aún si no existe conciencia ciudadana.

En la presente investigación se cuantifico la inmisión de gases de combustión que generan daño al medio ambiente y a la salud de los seres vivos; El tipo de estudio que se realizo es de campo y transversal, ya que se estudió el fenómeno en su ambiente y se realizó en un periodo de tiempo puntual.

El estudio fue realizado en los estacionamientos subterráneos de cinco centros comerciales ubicados en el área metropolitana de San Salvador, El Salvador, los cuales permitieron la realización de la determinación de gases de combustión Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y dióxido de Azufre, emitido por vehículos mediante el uso de tubos colorimétricos Dräger de rango corto, junto con una bomba manual dräger accuro, que nos permitió obtener valores semicuantitativos, para cada gas a estudiar en el periodo del mes de junio a julio del año 2024.

Los resultados obtenidos de las mediciones de los contaminantes fueron comparados con los límites establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). Esto se debe a que

nuestro país aún no cuenta con una norma que regule la concentración de inmisión de gases contaminantes en espacios confinados, como los estacionamientos vehiculares, en función de la salud ocupacional. De este modo, se evaluó si la calidad del aire en los estacionamientos subterráneos era óptima para los trabajadores del establecimiento y las personas que lo frecuentan, y si no representa un riesgo para la salud.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar las concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador mediante un método semicuantitativo.

2.2 Objetivos Específicos

- 2.1.1 Identificar centros comerciales del área metropolitana de San Salvador que posean estacionamiento subterráneo y gestionar permisos para realizar la medición.
- 2.1.2 Cuantificar la concentración de gases de combustión CO, NO₂, SO₂ mediante un método semicuantitativo.
- 2.1.3 Comparar los valores de concentración de gases de combustión obtenidos en los estacionamientos subterráneos de centros comerciales con normas de calidad de aire.
- 2.1.4 Corroborar si las condiciones de calidad de aire en los estacionamientos subterráneos son las adecuadas para los trabajadores que no presenten riesgo al trabajador.
- 2.1.5 Emitir informe de resultados a los centros comerciales en los que se realizaron las mediciones manteniendo la confidencialidad tanto de la identidad del establecimiento como de los resultados.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Aire³

El aire es una mezcla gaseosa de suma importancia para la vida en la Tierra, que cumple funciones de protección de los rayos solares y de otros elementos foráneos como los meteoritos. Brinda a la dinámica química del planeta un conjunto de elementos indispensables de naturaleza gaseosa, como el oxígeno, necesario para la respiración. Además, el aire permite que se produzca el ciclo hidrológico, pues contiene vapor de agua, que produce las precipitaciones mediante la condensación y la formación de las nubes.

3.1.1 Composición del aire⁵

El aire está compuesto por diversos elementos gaseosos, que normalmente no pueden ser diferenciados ni percibidos por separado.

Los componentes principales del aire son 20,94 % de oxígeno, 78,08 % de nitrógeno, 0,93 % de argón, 0,035 % de dióxido de carbono y 0,40 % de vapor de agua, siendo estos sus componentes predominantes. Hay otros elementos presentes en el aire, aunque minoritariamente, entre los cuales se encuentran los gases de efecto invernadero, como, metano, óxido nitroso, ozono, entre otros. En pequeñas cantidades pueden existir sustancias de otro tipo: polvo, polen, esporas y ceniza volcánica.

También son detectables, gases vertidos a la atmósfera en calidad de contaminantes, como cloro y sus compuestos, flúor, mercurio y compuestos de azufre.

3.1.2 Propiedades físicas y químicas del aire³

El aire varía de acuerdo a su ubicación en las siguientes capas de la atmósfera: tropósfera, estratósfera, mesósfera y termósfera. Mientras más elevado se encuentre, menor presión y menor peso tendrá el aire, ya que los elementos más pesados que puede contener son atraídos con mayor fuerza por la gravedad de la Tierra. El aire es menos pesado y tiene menor densidad que el agua; Es transparente, incoloro, inodoro e insípido, excepto si se encuentra contaminado con alguna sustancia particular.

3.2 Contaminación del aire⁴

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales producidos por las actividades del hombre. Consiste en la presencia de materias o formas de energía en el aire que pueden suponer un riesgo, daño o molestia de diferente gravedad para los seres vivos.

La contaminación del aire puede ser debida bien a sustancias que no forman parte de la composición de la atmósfera, o bien a un aumento o disminución de los componentes de la misma. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias.

Clasificación de los contaminantes:⁴

- **Primarios:** Estos se definen como los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.
- **Secundarios:** Se definen como los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan oxidantes Fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono (O₃).

El desarrollo de los centros de población promueve una mayor demanda de servicios (como transporte, agua, electricidad y su infraestructura asociada) que genera, a su vez, una mayor generación de residuos y la emisión y concentración de contaminantes a la atmósfera. Los sistemas de monitoreo de la calidad del aire constituyen una fuente importante de información que permite conocer las concentraciones de contaminantes a las que está expuesta la sociedad y apoyar el diseño de políticas públicas para reducir su impacto sobre la salud.⁴

En El Salvador existen 3 puntos de monitoreo, en la cual el Ministerio de Medio Ambiente a través de la Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales informa a la población de la calidad del aire en el país.

La información proviene de los datos registrados por la red de estaciones de monitoreo de la calidad del aire, ubicadas en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), una de ellas en el Centro de Gobierno, denominada estación CGOB; otra en la actual Escuela Militar, denominada estación EM y otra en la Universidad Don Bosco, denominada estación UDB.⁶

La calidad del aire que se respira en el AMSS se clasifica según los valores establecidos por el Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA), los cuales se especifican en la Figura N°1.

Tabla 2. Índice Centroamericano de Calidad del Aire	
ICCA	Interpretación
Buena	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango
Satisfactoria	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango
No satisfactoria (dañina a la salud de los grupos sensibles)	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre
Dañina a la salud	La gente con enfermedades respiratorias, como asma, deben evitar el esfuerzo al aire libre; todas las demás personas, sobre todo los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre
Muy dañina a la salud	Las personas con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar todo el esfuerzo al aire libre; especialmente los mayores y los niños deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre
Peligroso	Toda persona debe evitar el esfuerzo al aire libre; personas con enfermedades respiratorias como asma, deben permanecer dentro de sus casas

Figura N°1. Índice Centroamericano de calidad del aire⁶

3.2.1 Fuentes de contaminación⁶

El volumen y las características de los contaminantes emitidos a la atmósfera, tanto local como regionalmente, determinan en buena medida la calidad del aire en una zona particular. No obstante, las características climáticas y geográficas también influyen en las condiciones del aire a las que están expuestas las poblaciones.

- Fuentes fijas: Aquella fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.
- Fuentes móviles: Fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

En general los principales contaminantes como: Monóxido de carbono, Ozono, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Hidrocarburos, plomo, y otros provocan demasiados problemas.

- Productos derivados de la combustión⁶

Se trata de contaminantes gaseosos producto de procesos de combustión, pudiendo estar suspendidas en el ambiente producto del consumo de combustibles en aparatos que queman gasóleo, queroseno, etc.

Compuestos que se pueden encontrar en el ambiente producto de la combustión:

- Dióxido de carbono
- Monóxido de carbono
- Dióxido de nitrógeno
- Dióxido de azufre
- Compuestos orgánicos volátiles (COV'S)

En el exterior las principales fuentes de emisión son debidas a los procesos de combustión en vehículos, calderas, hornos e incendios, y a la emisión de ciertas industrias. Su concentración en interiores suele ser superior a la del aire exterior. Normalmente, las concentraciones serán más elevadas en edificios recién construidos o remodelados, e irán disminuyendo con el paso del tiempo. En su emisión influye el tipo de materiales empleados y factores ambientales (temperatura, humedad, cambios en la ventilación del edificio).

3.2.2 Fuentes generadoras de contaminación

- Gases de escape, Diesel y gasolina. ⁵

Para todos los motores de combustión se da lo siguiente, no existe una combustión total del combustible en los cilindros de un motor, tampoco, aunque exista oxígeno del aire en exceso. Cuanto más incompleta es la combustión, tanto mayor es la expulsión de contaminantes en los gases de escape del motor. Para reducir la carga ecológica es necesario mejorar el comportamiento de los gases de escape del motor de gasolina.

Los gases de escape del motor de gasolina contienen, además de un alto porcentaje de componentes principales no perjudiciales, también componentes secundarios, que al menos en concentraciones elevadas, son nocivos para el medio ambiente.

Diesel: El diésel es un hidrocarburo en estado líquido y está compuesto casi en su totalidad por parafinas. Su poder calorífico inferior está en torno a los 35,86 MJ/l, aunque este depende en gran medida de su composición.

El gasóleo es un derivado del petróleo compuesto aproximadamente de un 75 % de hidrocarburos saturados y un 25 % de hidrocarburos aromáticos. Dentro del primer grupo, tenemos las isoparafinas y cicloparafinas, mientras que, dentro del segundo grupo, tenemos los naftalenos y los alquilbencenos. Aproximadamente el 81 % del gasoil es carbono.

En primera instancia, se comenzó a usar como fuente calorífica para calderas de calefacción, intentando sustituir al fuelóleo que era una sustancia que generaba altos índices de contaminación al ser usada.

Más tarde, se empezó a usar el motor de gasóleo o gasoil, el cuál utilizaba el mismo combustible y se descubrió que refinarlo era más barato que la gasolina. Cuando es obtenido de la destilación del petróleo se denomina petrodiesel y cuando es obtenido a partir de aceites vegetales se denomina biodiesel.

En los motores Diesel, su combustión no utiliza la chispa de una bujía para encender la mezcla (donde el gasóleo es el combustible y el oxígeno el comburente), sino el aumento de presión y, por lo tanto, de temperatura en la compresión que se produce en el segundo tiempo de los motores de combustión interna.

Las emisiones de CO₂ del diesel son de 73,25 g/MJ, sólo ligeramente más bajas que la gasolina, con 73,38 g/MJ.

3.3 Espacios confinados

Un espacio confinado es cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente en oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador. En general se puede decir que los trabajos en recintos confinados conllevan una problemática de riesgos adicionales que obligan a unas precauciones y medidas más exigentes.⁶

Una característica de estos espacios es la gravedad de sus consecuencias, tanto para la persona que realiza el trabajo como de las personas que oportunamente podrían auxiliar de forma inmediata en un incidente, sin adoptar las necesarias medidas de seguridad.⁶

Los centros comerciales son un espacio urbano delimitado, donde existe una oferta atractiva debido a la diversidad de bienes y servicios que se ofrecen, como otras actividades complementarias, además de ser un entorno llamativo, accesible y confortable.

Los centros comerciales cuentan con un área de estacionamiento que puede ser abierto o cerrado. Un estacionamiento cerrado es un recinto confinado, con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables. Generalmente, tienen una atmósfera deficiente en oxígeno y no están concebidos para una ocupación permanente debido al riesgo que representa el estar expuesto a esta atmósfera.⁴

3.3.1 Tipos de estacionamientos

Existen diversas instalaciones y tipos de estacionamiento para adaptarse a las necesidades de cada lugar.

- Estacionamiento plano

Es uno de los tipos de estacionamientos más sencillos ya que consta de un área plana basada en el suelo. Por lo general, puede encontrarse cerca de negocios, supermercados, restaurantes y más.¹⁷ Figura N°2.



Figura N°2. Referencia a estacionamiento plano.¹⁷

- Estacionamiento en varios niveles de la construcción

Los estacionamientos con varios niveles suelen ser espacios ubicados, bien sea bajo el nivel del suelo o sobre él, con varios pisos dispuestos para dejar los automóviles.

Generalmente suelen estar en grandes edificaciones o centros comerciales que tienen una mayor demanda de entrada y salida de vehículos o que poseen el espacio amplio y necesario.¹⁷ Figura N°3.



Figura N°3. Referencia a estacionamiento en varios niveles de la construcción.¹⁷

- Estacionamientos subterráneos

Los estacionamientos subterráneos son instalaciones que se construyen bajo tierra, ya sea en el sótano de un edificio, debajo de un centro comercial o una calle.¹⁷ Figura N°4.



Figura N°4. Referencia a estacionamiento subterráneo. ¹⁷

- Estacionamiento con elevadores

Generalmente los estacionamientos que carecen de rampas o un fácil acceso para estacionar los vehículos requieren de una ayuda adicional para poder acomodar los vehículos en sus respectivos puestos.

Los ascensores ayudan con el almacenamiento de vehículos, la visualización y la gestión de estacionamiento de varios vehículos.¹⁷ Figura N°5.



Figura N°5. Referencia de estacionamiento con elevadores. ¹⁷

- Estacionamiento con duplicadores de espacio

Los duplicadores de espacio son estructuras elaboradas de metal resistente donde se puede almacenar varios vehículos un sitio donde normalmente entraría uno solo. Es una excelente alternativa para los estacionamientos pequeños y los proyectos que no cuenten con este tipo de áreas.¹⁷ Figura N°6.



Figura N°6. Referencia de estacionamiento con duplicadores de espacio.¹⁷

- Estacionamientos automáticos

El estacionamiento automático cuenta con sistemas que mueven mecánicamente los autos desde el área de entrada, a un espacio libre dentro del área a estacionar.



Figura N°7. Referencia de estacionamiento automático. ¹⁷

Los vehículos se pueden mover vertical y horizontalmente con el uso de elevadores hidráulicos o mecánicos.¹⁷

3.4 Seguridad y salud ocupacional

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial para la Salud (OMS) se define como la promoción y mantenimiento del mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones mediante la prevención de las desviaciones de la salud, control de riesgos y la adaptación del trabajo a la gente, y la gente a sus puestos de trabajo". Si bien la definición de salud ocupacional varía en gran manera, las condiciones y el ambiente de trabajo son factores muy conocidos que contribuyen a la salud.

La salud de los trabajadores es un tema complejo y muchas personas son actores clave en mantener los lugares de trabajo saludables y seguros para todos. Los empresarios, trabajadores, representantes de los trabajadores y gobiernos en todos los niveles y de diferentes sectores (trabajo, salud, medio ambiente, la agricultura, la seguridad social, etc.) están implicados en la defensa del derecho a un trabajo seguro y saludable. Ellos trabajan

juntos para desarrollar y poner en práctica programas y políticas de salud y seguridad, así como realizar investigaciones y producir las herramientas necesarias para promover la salud de los trabajadores.¹⁸

Los comités de salud y seguridad ocupacional, integrados por empleadores y los representantes de los trabajadores, son una estrategia que se utiliza para proteger y promover la salud de los trabajadores.¹⁸

3.4.1 Surgimiento de la salud y seguridad ocupacional.

Tomado de “REVISIÓN HISTÓRICA DE LA SALUD OCUPACIONAL Y LA SEGURIDAD INDUSTRIAL” Por Walter Lizandro Arias Gallegos de la revista Cubana de Salud y Trabajo.¹⁹

- Precursores de la salud ocupacional en el renacimiento

En Francia se fundan las primeras universidades en el siglo X y también surgen las primeras leyes que protegen a los trabajadores. Entre 1413 y 1417 se dictaminan las ‘Ordenanzas de Francia’ que velan por la seguridad de la clase trabajadora. Con la creación de la imprenta en 1450, se editan diversos documentos, de modo que, en Alemania, se publica en 1473, un panfleto elaborado por Ulrich Ellenbaf, que señala algunas enfermedades profesionales.

Vesalio, entre 1541 y 1542 se dedicó a la ardua tarea de revisar los principios de Galeno, encontrando más de 200 errores en sus descripciones anatómicas y funcionales debido a que las observaciones de Galeno fueron hechas en animales y no en seres humanos. En 1543 publica *De humanis corporis fabrica*, donde se detallan sus descripciones anatómicas que no han perdido relevancia hasta nuestros días.

En el renacimiento, ad portas de la edad moderna, dos hombres –Agrícola y Paracelso– describen en sus obras, enfermedades profesionales y sus respectivos sistemas de protección realizando importantes contribuciones a la higiene laboral. George Agrícola

(1492-1555), pública *De re metallica*, donde trata temas relacionados con la minería, mencionando afecciones en ojos, pulmones y articulaciones de los mineros.

De Animatti bus subterraniis, se refiere a las deficiencias de la ventilación como una de las principales causas de las enfermedades ocupacionales. *Aureolus Teophrastus Bombastus von Hohenheim*, mejor conocido como Paracelso (1493-1541), escribe *De morbis metallicci* que contiene la descripción de múltiples tipos de intoxicaciones por metales padecidas por los mineros, haciendo énfasis en los problemas pulmonares más frecuentes.

3.4.2 Salud ocupacional en la edad moderna

En materia de salud ocupacional, la edad moderna inicia con diversos estudios referentes a la salud ocupacional en las profesiones de la época. Durante el siglo XVII aparecen estudios como los de:

- Glauber que analiza las enfermedades de los marinos.
- Porcio y Secreta hacen lo propio con las enfermedades de los soldados.
- Plemp estudia las enfermedades de los abogados.
- Kircher escribe *Mundus subterraneus* donde describe algunos síntomas y signos de las enfermedades de los mineros como tos, la disnea y la caquexia.
- En 1665, Walter Pope publica *Philosophical transactions* donde refiere las enfermedades de los mineros producidas por las intoxicaciones con mercurio.

El trabajo más amplio y profundo sobre salud ocupacional, realizado hasta entonces lo efectuó Bernardino Ramazzini (1633-1714). Fue profesor en la Universidad de Padua y enseñaba al igual que Hipócrates a relacionar el trabajo con la salud. Ramazzini inicia su obra ocupándose de las minas metálicas y poco a poco abarca más profesiones. De modo que para la primera edición de "*De morbis artificum diatriba*", incluye 42 profesiones y 54 en la segunda edición.

Es con Ramazzini que inicia formalmente la medicina ocupacional, ya que *De morbis artificum diatriba* le valió ser considerado como el padre de la salud ocupacional. En 1754 Giovanni Scopali es el primer médico de minas en Italia y en 1775 Percival Pott estudió el carcinoma de escroto en los deshollinadores.

3.4.3 La institucionalidad de la seguridad industrial

Es un tanto difícil situar en el devenir de la historia el momento preciso en que la seguridad industrial es reconocida formalmente como una nueva especialidad. Más aún si las relaciones entre la seguridad industrial y otras ciencias, disciplinas y profesiones como la medicina, la matemática, la estadística, el derecho, la administración, la física, la química, la biología, la sociología y la psicología; son directas, evidentes y necesarias. Aunque hay quienes como R. Asfahl relacionan la formalización de la seguridad industrial con la publicación de 1931 del libro *Prevención de accidentes laborales* de H.W. Heinrich, a quien se le considera padre de la seguridad industrial. Por ejemplo, como ya se dijo, Max von Pettenkofer fundó el primer Instituto de Higiene en Munich en 1875. Y en 1908 el inglés Thomas Oliver escribe *Ocupaciones peligrosas y Enfermedades propias de los Oficios*; permitiendo que la medicina laboral se difundiera por todo el mundo.

Asimismo, en 1918, la Universidad de Harvard fue la primera casa de estudios superiores que concedió el título de licenciado en Seguridad e Higiene en el Trabajo y en la actualidad más de veinte universidades norteamericanas disponen de programas para licenciatura y doctorado en Higiene y Seguridad Profesional.

En 1918 empieza a funcionar la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Otro suceso importante fue el tratado de Versalles en su fracción XII establece principios que luego tomaría la OIT, de modo que en 1921 se crea su Servicio y Prevención de Accidentes. En 1918 también aparece la Escuela Americana con Heinrich, Simonds, Grimaldi y Birds; que proponía un enfoque analítico y preventivo de los accidentes.

Con respecto a la higiene industrial, el 29 de diciembre de 1970 el congreso norteamericano aprobó una Ley propuesta por William Steiger sobre la Seguridad e Higiene Laboral que condujo a la creación de la OSHA (Occupational, Safety and Health Administration). En ese sentido, ya en 1914 la NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) formaba parte del Departamento de Higiene y Sanidad Industrial en Pensilvania, pero en 1937 se convirtió en la División de Higiene y Sanidad Industrial como parte del Instituto Nacional de Higiene.

Asimismo, en las últimas décadas se han producido los accidentes más catastróficos de la historia. En 1984, en una empresa de productos químicos de Bhopal (India), se produjo una fuga accidental de isocianato de metilo que mató a por lo menos 2500 civiles. Otra tragedia importante fue la que ocurrió en Phillips *Petrochemical Plant* en octubre de 1989, cuando una explosión e incendio en la planta de Houston, Texas, dejó como saldo 24 trabajadores muertos y 128 heridos.

3.4.4 Calidad del aire Interior en el trabajo.²⁰

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2022). Calidad del Ambiente Interior en el trabajo. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo nos proporciona información importante a tomar en cuenta en relación a la calidad de aire interior en los lugares de trabajo.²⁰

Las actividades que se realizan de forma cotidiana obligan a diario a la permanencia prolongada de la población en todo tipo de edificios e instalaciones urbanas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los habitantes de las ciudades pasan entre el 80% y el 90% de su tiempo en espacios cerrados, cuyo aire está contaminado en mayor o menor grado.

También hay que tener en cuenta el creciente número de personas que desarrollan su actividad profesional en el sector servicios o se ocupan de otras actividades no industriales en ambientes interiores. Es importante señalar que los estudios realizados en las últimas

décadas ponen de manifiesto que la presencia de contaminantes en ambientes interiores es superior a la del exterior y se ha encontrado presencia de contaminantes que no representan un problema en el ambiente exterior (radón, formaldehído, etc.).

Una buena calidad ambiental en interiores tiene muchos beneficios:

- Asegura el confort y bienestar de los trabajadores/as y usuarios/as en los edificios.
- Minimiza el riesgo de aparición de problemas de salud.
- Mejora el ambiente laboral.
- Incrementa la productividad y disminuye el absentismo.
- Se produce una mejora en la calidad del mantenimiento de las instalaciones y se fomenta el ahorro energético como consecuencia de un mantenimiento óptimo de los sistemas de climatización.

Una buena calidad ambiental en interiores tiene muchos beneficios:

- Asegura el confort y bienestar de los trabajadores/as y usuarios/as en los edificios.
- Minimiza el riesgo de aparición de problemas de salud.
- Mejora el ambiente laboral.
- Incrementa la productividad y disminuye el absentismo.
- Se produce una mejora en la calidad del mantenimiento de las instalaciones y se fomenta el ahorro energético como consecuencia de un mantenimiento óptimo de los sistemas de climatización.

La norma UNE 171330-1 “Calidad ambiental en interiores”. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior” define la calidad ambiental en interiores como las “condiciones ambientales de los espacios interiores adecuadas al usuario y la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos”.

Se puede definir “calidad de aire aceptable” como el aire que no contiene sustancias contaminantes en cantidades tales que resulten nocivas para la salud y cuya calidad sea

juzgada como satisfactoria por al menos el 80% de las personas expuestas a sus efectos (esta definición está ligada al Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), definido por la OMS como el conjunto de molestias).

Aire de calidad aceptable debe ser un aire que no contenga sustancias contaminantes en cantidades tales que resulten nocivas para la salud. La OMS fija un tanto por ciento para determinar si se puede o no hablar de SEE (Síndrome de Edificio Enfermo). Si más del 20% de los ocupantes o trabajadores del edificio se ven afectados por molestias o enfermedades, estamos ante un caso de SEE).

Algunos de los síntomas que denotan una calidad de aire deficiente son los siguientes:

- Ojos: sequedad, picor, escozor, lagrimeo y enrojecimiento.
- Vías respiratorias altas: en nariz y garganta suelen presentarse en forma de sequedad, congestión nasal, picor y escozor, goteo nasal, estornudos y dolor de garganta.
- Piel: enrojecimiento, sequedad y picor generalizado o localizado.
- Estado general: dolores de cabeza, debilidad, somnolencia, dificultad para concentrarse, irritabilidad y náuseas.
- Enfermedades más frecuentes: las relacionadas con la hipersensibilidad, como asma, rinitis o dermatitis; y también enfermedades infecciosas.

Consecuencias de una mala calidad de aire en el trabajo:

- Problemas respiratorios: La exposición a contaminantes del aire puede causar asma, bronquitis crónica y otras enfermedades respiratorias. Los síntomas pueden incluir tos, dificultad para respirar y dolor en el pecho.
- Problemas respiratorios: La exposición a contaminantes del aire puede causar asma, bronquitis crónica y otras enfermedades respiratorias. Los síntomas pueden incluir tos, dificultad para respirar y dolor en el pecho.

- Alergias y afecciones de la piel: La contaminación del aire puede empeorar las alergias y causar afecciones de la piel como dermatitis y eczema. Los alérgenos y las partículas en el aire pueden irritar la piel y las vías respiratorias.

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo Según su origen, las fuentes de contaminación en el interior de un edificio pueden ser:

- Exteriores.
- Interiores:
 - Generados en el edificio:
 - Uso y distribución del edificio.
 - Instalaciones del edificio.
 - Generados por los ocupantes y las actividades que realizan.

Y, según su composición, podemos encontrar la presencia de agentes:

- Químicos.
- Biológicos.
- Físicos.

Los contaminantes químicos más habituales se pueden clasificar en siete grupos:

1. Productos generados por la respiración humana (ocupantes).
2. Productos derivados de la combustión.
3. Compuestos orgánicos volátiles (COV).
4. Partículas y fibras en suspensión.
5. Radón.
6. Ozono.
7. Biocidas.

3.5 Combustión ³⁴

La combustión es un conjunto de reacciones de oxidación con desprendimiento de calor, que se producen entre dos elementos: el COMBUSTIBLE, que puede ser un sólido (Carbón, Madera, etc.), un líquido (Gasóleo, Fuel-Oíl, etc.) o un gas (Natural, Propano, etc.) y el COMBURENTE, Oxígeno. La combustión se distingue de otros procesos de oxidación lenta, por ser un proceso de oxidación rápida y con presencia de llama; a su vez también se diferencia de otros procesos de oxidación muy rápida (detonaciones, deflagraciones y explosiones) por obtenerse el mantenimiento de una llama estable.

Para que la combustión tenga lugar han de coexistir tres factores:

- Combustible.

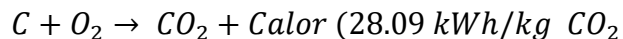
-Comburente.

- Energía De Activación.

Estos tres factores se representan en el denominado triángulo de combustión, en el cual si falta alguno de los vértices la combustión no puede llevarse a cabo. El comburente universal es el oxígeno, por lo que en la práctica se utiliza el aire como comburente, ya que está compuesto, prácticamente, por 21% Oxígeno (O₂) y 79% Nitrógeno (N₂); únicamente en casos especiales se utilizan atmósferas enriquecidas en oxígeno e incluso oxígeno puro. (ejemplo: soldadura)

La energía de activación es el elemento desencadenante de la reacción de combustión; en los quemadores habitualmente suele obtenerse mediante una chispa eléctrica entre dos electrodos, en las calderas individuales de gas se obtiene por llama piloto, tren de chispas, etc. La mayoría de los combustibles, al margen de que sean sólidos, líquidos o gaseosos, están compuestos, básicamente, por Carbono (C) e Hidrógeno (H); además de estos componentes principales tienen otros como Azufre (S), Humedad (H₂O), Cenizas, etc.

Las reacciones de combustión son:



3.5.1 Clasificación de combustibles³⁴

Tabla N°1. Clasificación de combustibles³⁴

Sólidos	Líquidos	Gaseosos
<p>Carbones como antracita, hulla, lignito, tuba.</p> <p>Biomasa como madera, podas, etc. y aquellos combustibles alternativos procedentes de residuos presentados en forma sólida.</p>	<p>Derivados del petróleo, biocombustibles y combustibles alternativos procedentes de residuos presentados en forma líquida se clasifican en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gasolina: Combustible en motores de explosión. Gama de hidrocarburos de C_4 A C_{10}. - Turbos combustibles: Denominación genérica del grupo de gasolina de elevado índice de octano, Hidrocarburos entre C_{10} y C_{14}. - Gasóleo: Gama de hidrocarburos entre C_{14} y C_{20}. Existen la variedad A, B y C. - Fuel Oil: Combustible de los grandes motores Diesel lentos y centrales térmicas 	<p>Son mezclas de hidrocarburos y sustancias reductoras (CO y H_2). Se obtienen de los pozos de gas natural o se producen en ciertos procesos químicos y/o biológicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gas natural - gases licuados petróleo: Propano, butano. - Gases artificiales y manufacturados: Gas ciudad, de horno alto, residuales, hidrogeno. - Biogás y gas de vertedero.

3.5.2 Productos derivados de la combustión

Se trata de contaminantes gaseosos originados en procesos de combustión, pudiendo estar presentes en el aire interior debido a fuentes internas (consumo de combustibles en aparatos que queman gasóleo, queroseno o gas, motores de combustión, etc.), o pueden proceder del exterior.¹⁹

Entre los compuestos que pueden encontrarse en ambientes interiores destacan:

- Dióxido de carbono (CO_2).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de nitrógeno (NO_2).
- Dióxido de azufre (SO_2).

Monóxido de carbono (CO): El monóxido de carbono se produce cuando los combustibles que contienen carbono se queman en condiciones donde el oxígeno es limitado, es decir, se produce una combustión incompleta. Se trata de un gas incoloro e inodoro y esto hace que sea extremadamente peligroso ya que las personas expuestas lo inhalan sin percibirlo produciéndose la muerte. En ambientes interiores suele estar acompañado de otros productos de combustión con olores característicos. Las fuentes principales en el ambiente interior son motores de combustión interna en garajes, toma inadecuada de aire exterior y el humo de tabaco. Se trata de un asfixiante químico que se une a la hemoglobina de la sangre (por la cual presenta una afinidad casi 250 veces superior que el oxígeno), formando carboxihemoglobina (COHb), y disminuyendo la capacidad de aporte de oxígeno a los tejidos. A bajos niveles de exposición, el CO puede causar sensación de falta de aire, náuseas y mareos ligeros; si más del 50% de la hemoglobina en la sangre se encuentra en forma de COHb puede producir la muerte.

Dióxido de nitrógeno (NO_2): La presencia de óxidos de nitrógeno está relacionada con la quema de combustibles, fuentes móviles (vehículos), procesos industriales y procesos

naturales (relámpagos). En ambientes interiores la principal fuente de emisión de NO_2 son las calefacciones y las estufas y cocinas de gas, así como el humo de tabaco. El NO_2 es un gas pardo-rojizo y de olor acre, muy asfixiante, irritante para el tracto respiratorio superior y los ojos. En exposición de 2-10 ppm pueden causar dolor de cabeza, náuseas, mareos, vómitos y tos; con exposiciones próximas a 200 ppm causa edema pulmonar agudo y muerte. Se sospecha que puede tener efectos sinérgicos con otros contaminantes presentes en interiores.

Dióxido de azufre (SO_2): Los óxidos de azufre se producen en la quema de combustibles fósiles que contienen azufre (carbón) ya que reacciona con el oxígeno originando dióxido de azufre. Es por lo que se considera un contaminante exterior, ya que es donde se encuentran la mayoría de las fuentes que lo originan. En ambientes interiores los niveles presentes son muy inferiores a los del exterior, siempre que no existan focos que lo puedan originar como estufas de queroseno, calderas o chimeneas. El SO_2 es un gas incoloro y de olor picante, irritante del tracto respiratorio superior y los ojos. En exposición de 0,25-1 ppm causa bronco-constricción y puede agravar enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Según la NTP 243: Ambientes cerrados: Calidad del aire.²¹

Siendo las NTP 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.

Entre las consecuencias para la salud por exposición prolongada a concentraciones elevadas de estos gases de combustión se tienen:

Monóxido de carbono: Intoxicación por monóxido de carbono, los síntomas incluyen dolor de cabeza, fatiga, mareos y náuseas, problemas respiratorios como irritación de las vías respiratorias, aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Dióxido de nitrógeno: Irritación de ojos, nariz y garganta, problemas respiratorios como disminución de la función pulmonar, bronquitis, disnea, riesgo de cianosis y taquicardia.

Dióxido de azufre: Irritación en las membranas mucosas, edema pulmonar, dolor de pecho.

Es por esa razón que el monitoreo de concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos es crucial para proteger la salud y seguridad de los usuarios, ya que gases como el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) pueden acumularse a niveles peligrosos y causar problemas respiratorios, cardiovasculares y neurológicos, así como irritaciones en ojos, nariz y garganta; además, la implementación de sistemas de detección asegura el cumplimiento de normativas internacionales, optimiza la eficiencia energética y evita sanciones legales, todo ello contribuyendo a un ambiente más seguro y saludable para los trabajadores.

3.6 Directrices mundiales

3.6.1 Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA)

Administración de Salud y Seguridad Ocupacional agencia federal de los Estados Unidos comprendida para salvaguardar la salud y la seguridad de los trabajadores.

Se creó OSHA para garantizar condiciones seguras y saludables para los trabajadores. Según OSHA los patronos tienen la responsabilidad de proporcionar un trabajo seguro y saludable a sus empleados.

Las normas OSHA son reglas que describen métodos que deben utilizar los patronos para proteger a sus trabajadores de peligros; hay 4 grupos de normas de OSHA:

- Industrial general
- Construcción
- Industria marítima
- Agricultura.

Estas normas también limitan la cantidad de sustancias químicas peligrosas, ruidos peligrosos, exigen el uso de equipo y prácticas de trabajo seguras.

Según los derechos y responsabilidades de conformidad con el marco jurídico de OSHA. Los patronos tienen la responsabilidad de proveer un lugar de trabajo seguro. Deben proveer a sus trabajadores un lugar de trabajo que no presente graves peligros y deben observar todas las normas de seguridad y salud de OSHA.

Las normas OSHA para la construcción, la industria en general, la industria marítima y la agricultura protegen a los trabajadores de una amplia gama de peligros graves. Entre los ejemplos de las normas de OSHA hay requisitos que exigen que los patronos:

- Ofrezcan protección contra caídas;
- Eviten el derrumbe de lugares de excavación de zanjas;

- Eviten la exposición a algunas enfermedades infecciosas;
- Vigilen la seguridad de los trabajadores que entren a espacios confinados;
- Eviten la exposición a sustancias químicas dañinas;
- Instalen mecanismos de protección en las máquinas peligrosas;
- Proporcionen respiradores y otro equipo de seguridad.

OSHA define las siguientes siglas

PEL: refiere a las normas de salud relacionadas con la exposición a los gases, vapores, humos, polvos/fibras y niebla; el ruido y la radiación, requieren una explicación adicional. Estas normas limitan la cantidad o la concentración del material (química, ruido o radiación) que puede estar presente en el sitio de trabajo. Para describir los límites, o la cantidad de estas exposiciones, la frase Límite de Exposición Permisible (PEL) se usa. Según la 29 CFR 1926.55 Gases, Vapores, Humos, Polvos y nieblas. 1926.55

Tabla N° 2. Límites de exposición permisibles para contaminantes transportados por el aire.²³

Sustancia	N°CAS	ppm	mg/m	Designación de la piel
Monóxido de Carbono	630-08-0	50	55	-
Dióxido de Nitrógeno	10102-44-0	(C)5	(C)9	-
Dióxido de Azufre	7446-09-5	5	13	-

PEL(cantidad máxima de sustancia en el aire a la que puede estar expuesto un trabajador en el transcurso de un turno de ocho horas) de la OSHA, Los límites PEL están recogidos en el Título 29 del Código de Reglamentaciones Federales de USA, Parte 1910.1000.³³ En enero de 1989 se aprobó una nueva lista, que cubre unas 600 sustancias, que entró en vigor en septiembre del mismo año, con valores muy parecidos a los del NIOSH y, sobre todo, a los de la ACGIH. La lista de valores límite de exposición permisibles (PEL) incluye:

Los "Time-Weighted Average" (TWA), definidos como la concentración promedio ponderada para 8 horas que no deberá ser superada en ningún turno de 8 horas para semanas laborales de 40 horas.

Los "Short-Term Exposure Limit" (STEL), definidos como concentración promediada para períodos de 15 minutos (si no se especifica otro período de tiempo) que no debe superarse en ningún momento de la jornada de trabajo.

Los valores "Ceiling" como niveles de concentración que no deben ser superados en ningún momento de la jornada de trabajo. Éstos pueden ser determinados como valores promediados para períodos de 15 minutos en los casos en que no sea factible una medida instantánea. La relación de valores PEL también incluye una notación específica para las sustancias con capacidad de absorción por vía dérmica.

3.6.2 Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH):²³

El Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) es la agencia federal encargada de hacer investigaciones y recomendaciones para la prevención de enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo.

Centros para el Control y la prevención de Enfermedades menciona acerca de NIOSH

La Ley para la Seguridad y Salud Ocupacional de 1970 creó NIOSH y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). OSHA forma parte del Departamento de Trabajo de los EE.UU. (Department of Labor) y es responsable de crear y hacer que se cumplan las reglas de seguridad y salud en el trabajo. NIOSH forma parte de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) del Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS).

NIOSH ofrece liderazgo a nivel nacional e internacional para prevenir enfermedades, lesiones, discapacidad y muerte relacionadas con el trabajo, mediante la recolección de datos, la realización de investigaciones científicas y la aplicación del conocimiento

obtenido en la creación de productos y servicios, entre los que se incluyen productos de información científica, videos de capacitación y recomendaciones para mejorar la salud y seguridad en el lugar de trabajo.

- REL del NIOSH La lista de valores REL es bastante más reducida que la formada por los valores de la OSHA o de la ACGIH. Los valores REL incluyen dos tipos de límites:
- Los "Time-Weighted Average" (TWA), definidos como valores de exposición promediados durante períodos de hasta 10 horas, si no se indica otra duración.
- Los "Ceiling", definidos como valores de exposición máxima, con referencia explícita a períodos de 15 minutos o inferiores.

La lista de valores REL incluye notaciones específicas para sustancias cancerígenas y sustancias con capacidad de absorción dérmica.

NIOSH cuenta con una guía de bolsillo en línea sobre peligros químicos, donde pueden encontrarse su identificación química, métricas de exposición, propiedades físicas y químicas, recomendaciones de respiradores, vías de exposición, síntomas y órganos diana, primeros auxilios.²³

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶

	MONÓXIDO DE CARBONO ²⁶
Identificación química	Numero CAS. 630-08-0 RTEC NO. FG3500000 ID y guía del DOT 1016 119 9202 168 (líquido criogénico) Formula: CO

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶ (Continuación)

Métricas de exposición	<p>REL NIOSH TWA 35 ppm (40 mg/m³) C 200 ppm (229 mg/m³)</p> <p>OSHA PEL TWA 50 ppm (55 mg/m³)</p>
Propiedades físicas y químicas	<p>Gas incoloro e inodoro.</p> <p>PESO MOLECULAR: 28,0</p> <p>PUNTO DE EBULLICIÓN: -313°F</p> <p>PUNTO DE FUSIÓN: -337°F</p> <p>SOLUBILIDAD 2%</p> <p>PRESIÓN DE VAPOR: >35 atm</p> <p>POTENCIAL DE IONIZACIÓN: 14,01 eV</p>
Recomendaciones de respiradores	<p>Hasta 350 ppm :</p> <p>(APF = 10) Cualquier respirador con suministro de aire</p> <p>Hasta 875 ppm :</p> <p>(APF = 25) Cualquier respirador con suministro de aire operado en un modo de flujo continuo</p> <p>Hasta 1200 ppm :</p> <p>(APF = 50) Cualquier respirador purificador de aire que cubra toda la cara (máscara de gas) con un recipiente estilo barbilla, montado en la parte delantera o trasera que brinda protección contra el compuesto en cuestión†</p> <p>(APF = 50)</p> <p>Cualquiera Aparato de respiración autónomo con pieza facial completa</p> <p>(APF = 50) Cualquier respirador con suministro de aire con pieza facial completa</p> <p>Entrada planificada o de emergencia en concentraciones desconocidas o condiciones IDLH:</p> <p>(APF = 10,000) Cualquier aparato de respiración autónomo que tenga una máscara completa y se opere en un modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva</p> <p>(APF = 10,000) Cualquier aire suministrado respirador que tiene una máscara completa y se opera en un modo de demanda de presión u otro modo de</p>

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶ (Continuación)

Recomendaciones de respiradores	<p>presión positiva en combinación con un aparato de respiración autónomo auxiliar de presión positiva</p> <p>Escape: (APF = 50) Cualquier respirador purificador de aire que cubra toda la cara (máscara de gas) con un recipiente estilo barbilla, montado en la parte delantera o trasera que brinde protección contra el compuesto en cuestión† Cualquier tipo de escape apropiado, autónomo Aparato de respiración</p>
Vías de exposición	<p>INCOMPATIBILIDADES Y REACTIVIDADES</p> <p>Oxidantes fuertes, trifluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, litio</p> <p>RUTAS DE EXPOSICIÓN</p> <p>inhalación, contacto con la piel y/o los ojos (líquido)</p> <p>SÍNTOMAS</p> <p>dolor de cabeza, taquipnea, náuseas, cansancio (debilidad, agotamiento), mareos, confusión, alucinaciones; cianosis; segmento ST deprimido del electrocardiograma, angina, síncope</p> <p>ÓRGANOS OBJETIVO</p> <p>sistema cardiovascular, pulmones, sangre, sistema nervioso central</p>
Primeros auxilios	<p>Piel: Congelación</p> <p>Ojos: Congelación</p> <p>Lavar la piel: Sin recomendación</p> <p>Quitar: Cuando esté húmedo (inflamable)</p> <p>Cambiar: Sin recomendación</p> <p>Proporcionar: Lavar con congelación</p>
	<p>DIÓXIDO DE AZUFRE ²⁷</p>
Identificación química	<p>Numero CAS 7446-09-5</p> <p>Formula: SO₂</p> <p>Sinónimos y nombre comercial: Oxido de azufre, anhídrido de ácido sulfuroso, Oxido sulfuroso.</p> <p>DOT ID y Guía: 1079 125Numero RTECS: WS4550000</p>

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶ (Continuación)

Métricas de exposición	REL NIOSH TWA 2 ppm (5 mg/m ³) ST 5 ppm (13 mg/m ³) OSHA PEL TWA 5 ppm (13 mg/m ³)
Propiedades físicas y químicas	PESO MOLECULAR: 64.1 PUNTO DE EBULLICIÓN 14°F PUNTO DE CONGELACIÓN: -104°F SOLUBILIDAD: 10% PRESIÓN DE VAPOR: 3,2 atm POTENCIAL DE IONIZACIÓN: 12,30 eV
Recomendaciones de respiradores	Hasta 20 ppm : (APF = 10) Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho(s) que brinde protección contra el compuesto en cuestión* (APF = 10) Cualquier respirador con suministro de aire* Hasta 50 ppm : (APF = 25) Cualquier respirador con suministro de aire operado en un modo de flujo continuo* (APF = 25) Cualquier respirador purificador de aire motorizado con cartucho(s) que brinde protección contra el compuesto en cuestión* Hasta 100 ppm : (APF = 50) Cualquier respirador de cartucho químico con pieza facial completa y cartucho(s) que brinde protección contra el compuesto en cuestión (APF = 50) Cualquier respirador purificador de aire de pieza facial completa (máscara antigás) con recipiente tipo barbilla, montado en la parte delantera o trasera que brinda protección contra el compuesto en cuestión (APF = 50) Cualquier respirador purificador de aire motorizado con una máscara de ajuste hermético y cartucho(s) que brindan protección contra el compuesto en cuestión* (APF = 50) Cualquier respirador con suministro de aire que tenga una pieza facial de ajuste hermético y funcione en modo de flujo continuo*

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶ (Continuación)

<p>Recomendaciones de respiradores</p>	<p>(APF = 50) Cualquier aparato de respiración autónomo con pieza facial completa</p> <p>(APF = 50) Cualquier equipo de respiración con suministro de aire respirador con pieza facial completa</p> <p>Entrada planificada o de emergencia en concentraciones desconocidas o condiciones IDLH:</p> <p>(APF = 10,000) Cualquier aparato de respiración autónomo que tenga una máscara completa y se opere en un modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva</p> <p>(APF = 10,000) Cualquier aire suministrado respirador que tiene una máscara completa y se opera en un modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva en combinación con un aparato de respiración autónomo auxiliar de presión positiva</p> <p>Escape:</p> <p>(APF = 50) Cualquier respirador purificador de aire que cubra toda la cara (máscara antigás) con un recipiente estilo barbilla, montado en la parte delantera o trasera que brinde protección contra el compuesto en cuestión</p> <p>Cualquier tipo de respiración autónoma apropiada de escape aparato</p>
<p>Vías de exposición</p>	<p>RUTAS DE EXPOSICIÓN</p> <p>inhalación, contacto con la piel y/o los ojos</p> <p>SÍNTOMAS</p> <p>irritación ojos, nariz, garganta; rinorrea (secreción de mucosidad nasal fina); asfixia, tos; broncoconstricción refleja; líquido: congelación</p> <p>ÓRGANOS OBJETIVO</p> <p>Ojos, piel, sistema respiratorio</p>

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶ (Continuación)

Primeros auxilios	<p>Piel: Congelación</p> <p>Ojos: Congelación</p> <p>Lavar la piel: Sin recomendación</p> <p>Quitar: Cuando esté húmedo o contaminado (líquido)</p> <p>Cambiar: Sin recomendación</p> <p>Proporcionar: Lavar con congelación</p>
	DIÓXIDO DE NITRÓGENO ²⁸
Identificación química	<p>SINÓNIMOS Y NOMBRES COMERCIALES</p> <p>tetróxido de di nitrógeno, peróxido de nitrógeno</p> <p>NO CAS. 10102-44-0</p> <p>RTEC NO. QW9800000</p> <p>ID Y GUÍA DEL DOT: 1067 124</p> <p>FÓRMULA: NO₂</p>
Métricas de exposición	<p>LIMITES DE EXPOSICIÓN</p> <p>REL NIOSH</p> <p>ST 1 ppm (1,8 mg/m³)</p> <p>OSHA PEL</p> <p>C 5 ppm (9 mg/m³)</p>
Propiedades físicas y químicas	<p>Líquido marrón amarillento o gas marrón rojizo (por encima de 70 °F) con un olor acre y acre. [Nota: en forma sólida (por debajo de 15°F) se encuentra estructuralmente como N₂O₂.</p> <p>Peso molecular: 46,0</p> <p>Punto de ebullición: 70°F; Punto de congelación: 15°F</p> <p>Solubilidad: Reacciona</p> <p>Presión de vapor: 720 mm Hg</p> <p>Potencial de ionización: 9,75 eV</p> <p>Gravedad específica: 1.44 (Líquido a 68°F)</p> <p>Punto de inflamabilidad: N / A</p> <p>Límite explosivo superior: N / A ; Límite inferior de explosividad: N / A</p> <p>Densidad relativa del gas: 2.62</p>

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶ (Continuación)

<p>Recomendaciones de respiradores</p>	<p>Hasta 20 ppm :</p> <p>(APF = 25) Cualquier respirador con suministro de aire operado en un modo de flujo continuo</p> <p>(APF = 50) Cualquier aparato de respiración autónomo con pieza facial completa</p> <p>(APF = 50) Cualquier respirador con suministro de aire con una máscara completa</p> <p>Entrada de emergencia o planificada en concentraciones desconocidas o condiciones IDLH:</p> <p>(APF = 10,000) Cualquier aparato de respiración autónomo que tenga una pieza facial completa y se opere en un modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva (APF = 10,000) Cualquier respirador con suministro de aire que tenga una pieza facial completa y se opere en una demanda de presión u otro modo de presión positiva en combinación con un aparato respiratorio auxiliar autónomo de presión positiva</p> <p>Escape:</p> <p>(APF = 50) Cualquier respirador purificador de aire que cubra toda la cara (máscara de gas) con un recipiente estilo barbilla, montado en la parte delantera o trasera que brinde protección contra el compuesto en cuestión</p> <p>¿Cualquier tipo de escape apropiado, autónomo Aparato de respiración</p>
<p>Vías de exposición</p>	<p>Líquido/gas no combustible, pero acelerará la quema de materiales combustibles.</p> <p>INCOMPATIBILIDADES Y REACTIVIDADES</p> <p>Material combustible, agua, hidrocarburos clorados, disulfuro de carbono, amoníaco [Nota: Reacciona con agua para formar ácido nítrico.</p> <p>RUTAS DE EXPOSICIÓN</p> <p>inhalación, ingestión, contacto con la piel y/o los ojos</p>

Tabla N°3. Límites permisibles por NIOSH, descritos en la guía de bolsillo en línea de peligros químicos.²⁶ (Continuación)

Vías de exposición	<p>SÍNTOMAS irritación ojos, nariz, garganta; tos, esputo espumoso mucoso, disminución de la función pulmonar, bronquitis crónica, disnea (dificultad para respirar); dolor en el pecho; edema pulmonar, cianosis, taquipnea, taquicardia</p> <p>ÓRGANOS OBJETIVO Ojos, sistema respiratorio, sistema cardiovascular</p>
Primeros auxilios	<p>Piel: Prevenir el contacto con la piel Ojos: Prevenir el contacto con los ojos Lavar la piel: Cuando esté contaminado Quitar: Cuando esté húmedo o contaminado Cambiar: Sin recomendación Proporcione: Lavaojos, Empapado rápido</p>

3.6.3 Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).²⁹

Es una organización científica benéfica, que promueve la salud ocupacional y ambiental. Ejemplos de esto incluyen ediciones anuales del libro TLVs® y BEIs® y las guías de prácticas laborales en las publicaciones exclusivas de ACGIH.

Es una asociación con sede en USA que agrupa a más de 3000 profesionales de la Higiene del Trabajo que desarrollan su labor en instituciones públicas y universidades de todo el mundo. Los valores que establece la ACGIH se denominan "Threshold Limit Values" (TLV) y se basan exclusivamente en criterios científicos de protección de la salud. Estos valores TLV son sólo unos límites recomendados, pero gozan de un elevado prestigio en el mundo de la Higiene Industrial. Normalmente, cuando se citan los valores TLV de USA sin más especificación se está haciendo referencia a los valores propuestos por la ACGIH.²⁹

TLV de la ACGIH

La ACGIH publica anualmente una relación de valores permisibles en el ambiente de trabajo (TLV) para agentes físicos y químicos y unos índices de exposición biológicos (BEI). La propia asociación divulga la información en que se ha basado para proponer dichos valores (Documentación of Threshold Limit Values) siendo su conocimiento imprescindible para su correcta aplicación. Estos valores son sólo unos límites recomendables y como tales deben ser interpretados y aplicados. Se han establecido exclusivamente para la práctica de la Higiene Industrial y la propia ACGIH indica una serie de casos en que no deben ser utilizados. Los TLV (Valores Límite Umbral) para agentes químicos expresan concentraciones en aire de diversas sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden exponerse sin sufrir efectos adversos. Se admite que, dada la variabilidad de respuestas individuales, un porcentaje de trabajadores pueda experimentar ligeras molestias ante ciertas sustancias a estas concentraciones, o por debajo de ellas e, incluso en casos raros, puedan verse afectados por agravamiento de dolencias previas o por la aparición de enfermedades profesionales. Debido a los variados efectos que las sustancias químicas pueden provocar en las personas expuestas, se definen diferentes tipos de valores TLV.²³

Tipos de valores TLV

TLV-TWA. Media ponderada en el tiempo: Concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de 8 horas y 40 horas semanales, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos. Este es el tipo más característico, al que se hace referencia habitualmente cuando se cita un valor TLV.²³

TLV-C. Valor techo: Concentración que no debería ser sobrepasada en ningún instante. La práctica habitual de la higiene admite para su valoración muestreos de 15 minutos excepto para aquellos casos de sustancias que puedan causar irritación inmediata con exposiciones muy cortas.²³

TLV-STEL. Límites de exposición para cortos periodos de tiempo: Concentración a la que pueden estar expuestos los trabajadores durante un corto espacio de tiempo sin sufrir irritación, daño crónico o irreversible en los tejidos o narcosis importante. No es un límite de exposición separado e independiente, sino un complemento de la media ponderada en el tiempo (TWA). Se define como la exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada, aunque la media ponderada en el tiempo durante las ocho horas sea inferior al TLVTWA. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango. Puede recomendarse un período de exposición distinto de los 15 minutos cuando ello está avalado por efectos biológicos observados. El número de sustancias con valor STEL asignado ha ido disminuyendo en las últimas ediciones, con lo que el campo de aplicación de este tipo de TLV es cada vez más reducido.²³

Limitación de las desviaciones por encima del TLV-TWA

Para la mayoría de sustancias que tienen un valor TLV-TWA no existen suficientes datos toxicológicos para garantizar un valor STEL, por lo que se procede a establecer unos límites para las desviaciones o excursiones por encima del valor promedio. Estos límites, basados en estimaciones estadísticas, se fijan mediante la recomendación siguiente: en exposiciones cortas se puede superar tres veces el valor TLV-TWA durante no más de 30 minutos en la jornada y en ningún caso se debe superar cinco veces, suponiendo que no se supere el valor TLV-TWA de la jornada.²³

Tabla N°4. Limites permisibles establecidos por ACGIH.²⁴

Monóxido de Carbono N°CAS: 630-08-0 Formula molecular: CO TLV-TWA: 25 ppm(29mg/m3). ²⁹	Dióxido de azufre N°CAS: 7446-09-5 Formula molecular: SO ₂ . TLV-STEL: 0.25 ppm (0.65 mg/m3). ³⁰	Dióxido de nitrógeno N°CAS: 10102-44-0 Formula molecular: NO ₂ Sinónimos: Peróxido de nitrógeno, nitrito. TLV-TWA: 0.2 ppm(0.38 mg/m3). ³¹
--	---	---

3.7 Directrices nacionales

Actualmente el país no cuenta con una normativa que haga referencia a la calidad del aire interior.

3.7.1 Medición de gases presentes en el aire

Durante la evaluación de riesgos puede ser necesario realizar mediciones de las sustancias químicas a las que están expuestos los trabajadore/ras. La vía de entrada más importante es la inhalatoria ya que la respiración es un proceso continuo y por la elevada superficie de contacto entre los alveolos y la sangre, en caso de que las sustancias químicas lleguen hasta estos. La evaluación de la exposición laboral a agentes químicos por inhalación basada en el muestreo del aire de los lugares de trabajo se lleva a cabo comparando la concentración en el aire ponderada en el tiempo de un determinado contaminante, y obtenida a partir de mediciones representativas. Las mediciones consisten en la captación de la sustancia química y posterior análisis para cuantificar la concentración.

La publicación del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Medición De Los Contaminantes Químicos. Mediciones Puntuales Y Promedio. Mediciones Personales Y Ambientales. Instrumentos De Lectura Directa. Sistemas Activos De Toma De Muestras. Calibración De Los Equipos. Sistemas Pasivos De Toma De Muestras. Transporte Y Conservación De Las Muestras. Representatividad De Las Mediciones.

Estrategias De Muestreo. Condicionantes de la Toma De Muestras. Control De Calidad De Los Equipos De Medida, proporciona la siguiente información: ³²

La normativa de Prevención de Riesgos Laborales (PRÓL.) en el artículo 3 del Real Decreto 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo indica que “la evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda”.

El mencionado artículo continúa más adelante diciendo que “las mediciones a las que se refieren los apartados anteriores no serán sin embargo necesarias, cuando el empresario demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección”. Es decir, no siempre será necesario medir, siempre y cuando se pueda demostrar “claramente” que el personal trabajador tiene una “adecuada protección”. En estos casos es frecuente el uso de métodos cualitativos de evaluación del riesgo, como por ejemplo los modelos de exposición ART (Advanced Reach Tool o Stoffenmanager (solo disponibles en inglés). El Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP) establece en su artículo 5 que cuando la evaluación de los riesgos requiera efectuar mediciones, análisis o ensayos y exista normativa específica de aplicación, esto es, metodología analítica específica, el procedimiento de evaluación deberá ajustarse a las condiciones concretas establecidas en aquélla. En todo caso se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad requerido.

En ausencia de normativa específica se usarán en orden de prioridad:

- Las normas UNE-EN.
- Las guías del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).
- Normas internacionales ISO.
- Guías de organismos de reconocido prestigio.

Tipo de muestreo o medición:

- Según su DURACIÓN: Puntuales y promedio.
- Según su LOCALIZACIÓN: Personales y ambientales.
- Según el SISTEMA: Pasivo y activo.

3.7.2 Mediciones puntuales y promedio.

Las mediciones proporcionan el valor medio de la concentración del contaminante durante el tiempo que se ha realizado dicha medición. Atendiendo a la duración de la medición, las mediciones pueden ser puntuales o promediadas.

- La medición puntual se limita a la determinación de la concentración en un periodo de tiempo muy corto (unos minutos). El valor de la concentración que se obtiene de este modo puede asimilarse al valor instantáneo de la misma en el momento de la medición. Estas mediciones son adecuadas para determinar:
 - Picos de concentración en situaciones concretas.
 - La presencia de agentes químicos en zonas donde se sospecha que puede haber exposición. Se suelen hacer con instrumentos de lectura directa.
- La medición promediada abarca un periodo de tiempo más largo, y es adecuada para la determinación de concentraciones medias a lo largo de la jornada laboral o parte de ella. Se suele realizar con un sistema de captación del contaminante en un soporte que después se analiza.

3.7.3 Mediciones personales y ambientales

Según donde se coloque el instrumento de medida, las mediciones pueden ser ambientales o personales. Las mediciones personales, permiten obtener valores de las concentraciones de los contaminantes en la zona próxima a las vías respiratorias del trabajador/ra. Este tipo de mediciones precisa la utilización de instrumentos de tamaño y peso reducidos y funcionamiento autónomo, ya que acompañan a la persona durante la realización de su

trabajo, normalmente van situados en la solapa del trabajador/ra. Los resultados de estas mediciones dan una idea más exacta de la exposición real de las personas trabajadoras a los contaminantes, aunque la exposición de una persona en particular también depende de sus hábitos de trabajo. Para la comparación con los VLEP se usan mediciones personales. Las mediciones ambientales permiten la determinación de las concentraciones de contaminantes en zonas de trabajo concretas o bien representativas de la composición del ambiente general de una zona de trabajo. Este tipo de mediciones no suele tener limitaciones en cuanto al tamaño y peso de los instrumentos que se utilizan, que suelen colocarse en sitios fijos.

3.7.4 Instrumentos lectura directa.

Estos instrumentos se caracterizan porque indican de forma inmediata el resultado de la medición. Su principal ventaja es precisamente la inmediatez con la que se obtiene el resultado de la medición, sin embargo, suelen ser menos precisos que los métodos de toma de muestra.

Según el tipo de contaminante puede diferenciarse sistemas para:

- Análisis de gases y vapores (monitores e instrumentos colorimétricos).
- Sistemas para la medición de aerosoles (instrumentos ópticos y eléctricos).

3.7.4.1 Medidores de gases y vapores Instrumentos colorimétricos.

Se basan en el cambio de color que sufre un reactivo específico al reaccionar con un contaminante determinado. La concentración se indica por el cambio de color por comparación con una escala en el propio dispositivo.

Existen varios tipos:

- Papeles reactivos.
- Líquidos reactivos.

- Tubos colorimétricos con reactivos sólidos: son los más comunes, se acoplan a una bomba automática de aspiración de aire. Aunque la aplicación principal de estos tubos se centra en la obtención de valores de las concentraciones de aire correspondientes a períodos de corta duración, también hay disponibles tubos para su utilización en muestreos de larga duración que permiten obtener concentraciones medias durante la jornada laboral o ciclos de trabajo determinados. Pueden determinarse más de cien contaminantes diferentes con tubos colorimétricos específicos existentes en el mercado. Las principales marcas son Dräger, Kitagawa y Sensidyne.

Ventajas de los instrumentos colorimétricos:

- Rapidez en la respuesta, no necesitan análisis posterior.
- No necesitan calibración.
- Simples de usar y de bajo coste.

Inconvenientes de los instrumentos colorimétricos:

- Precisión variable.
- Pueden sufrir interferencias por otros contaminantes.
- Les afecta la temperatura: las bajas temperaturas provocan variaciones de color.

3.7.4.2 Monitores de gases y vapores.

Contienen un sensor que genera una señal instantánea proporcional a la concentración del gas o vapor. Según la naturaleza física de la señal que detectan para la determinación cuantitativa del contaminante se distinguen monitores:

- Eléctricos: Cuando las propiedades físicas o químicas del contaminante introducen cambios en los parámetros eléctricos de un sensor, de forma que los valores de salida son proporcionales a la concentración del compuesto a medir. Los sensores electroquímicos Dräger pueden detectar hasta 100 gases y vapores.

- Térmicos: detectan las variaciones en las propiedades térmicas de los compuestos a medir.
- Electromagnéticos: la energía electromagnética, en forma de radiación UV, visible o IR, se absorbe por el medio contaminado a frecuencias características del contaminante y con una intensidad que depende de su concentración.
- Químico-electromagnéticos: se basan en el análisis de un gas en el que se produce una reacción química acompañada de una radiación electromagnética, que es la que se mide.
- Espectroscopios fotoacústicos. Se basan en la medición de la onda acústica generada por un gas cuando absorbe luz modulada. La longitud de onda de la luz determina de qué gas se trata, mientras que la magnitud de la absorción, medida como aumento de presión periódica (onda acústica), consecuencia de un aumento presión por aumento de temperatura, medida por un micrófono, es proporcional a la concentración del gas.

La precisión de este tipo de equipos viene determinada por el fabricante, y su utilización exige, por otra parte, calibraciones periódicas por medio de atmósferas o mezclas de gases de composición conocida. Pueden medir concentraciones puntuales, o bien tomar medidas durante un cierto periodo de tiempo.

Ventajas de los monitores de gases y vapores:

- Rapidez de respuesta, por lo que están particularmente indicados para conocer la presencia de un compuesto que puede ocasionar daños agudos.
- Capacidad para medir concentraciones puntuales.
- No precisar análisis posterior.
- Posibilidad de conectar el equipo a una alarma o cualquier otro tipo de indicador o controlador.

Inconvenientes de los monitores de gases y vapores:

- Necesitan calibración, normalmente bastante complicada, aunque vengan calibrados por el fabricante, fundamentalmente porque:
 - El elemento sensible puede envejecer, dando otra respuesta diferente a cuando es nuevo.
 - Después de determinadas mediciones, cuando la concentración medida ha sido muy elevada, puede haber sobresaturación.
- Inespecificidad, ya que no son selectivos para el compuesto para el que están pensados, sino que pueden presentar ciertas interferencias. En general el grado de inespecificidad disminuye de los eléctricos a los quimi-electromagnéticos.

Las principales aplicaciones de los monitores de lectura directa para gases son la determinación de:

- Ozono, O_3
- Monóxido de carbono, CO
- Dióxido de azufre, SO_2
- Óxidos de nitrógeno, NO_x

3.7.4.3 Monitores de aerosoles.

Los medidores de aerosoles constan de un selector de tamaño de partícula, de modo que solo partículas inferiores a cierto tamaño entren en la zona de medición. Actualmente estos instrumentos permiten medir concentraciones de hasta 10^6 partículas/cm³, 1000 mg/m³, y distribuciones de tamaño de partícula en el rango de los 10 nm a los 20 μ m. Los monitores de lectura directa de aerosoles son los instrumentos más utilizados para medir concentraciones de nanomateriales. Se distinguen cuatro grupos fundamentales, aunque los más utilizados en higiene ocupacional son los monitores ópticos y eléctricos:

- Monitores ópticos: miden la extinción o la dispersión de la luz al atravesar las partículas del aerosol un haz de luz. Son sensibles para medir partículas de tamaño

de más 100 nm. Los monitores más comunes son los contadores de partículas y los nefelómetros.

- Monitores eléctricos: se basan en suministrar una carga eléctrica proporcional al tamaño de la partícula que llega al instrumento para posteriormente medir esa carga cuyo valor es proporcional a la concentración de partículas. Estos instrumentos pueden medir la distribución de tamaño del aerosol y son capaces de medir partículas de menos de 100 nm.
- Micro balanza oscilatoria: el instrumento basado en este principio es conocido como TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance). Las partículas se colectan continuamente en un filtro montado en la punta de un elemento de vidrio hueco, el cual oscila en un campo eléctrico. La concentración de la masa de las partículas se calcula por medio de una relación calibrada entre la frecuencia de oscilación y la cantidad de partículas, tomando en cuenta el volumen del aire muestreado.
- Micro balanza piezoeléctrica: en estos monitores las partículas se recogen por impactación inercial o por precipitación electrostática en la superficie de un disco de cristal de cuarzo piezoeléctrico. El cambio de frecuencia del cristal de muestreo es electrónicamente comparado con un cristal de referencia limpio, generando una señal que es proporcional a la masa colectada.

3.7.4.4 Sensores.

El uso de sensores se está incrementado en los últimos años. La transferencia inalámbrica de datos basada en redes de telefonía móvil está mejorando la adopción de esta técnica permitiendo la integración de sensores en distintos lugares de trabajo para producir mapas de exposición completos. Se están desarrollando sensores portátiles e incluso implantables que ayudarán en la evaluación de la exposición y la práctica clínica.

3.7.5 Sistemas activos de toma de muestras

En general el objetivo en higiene es tomar muestras personales para su comparación con el VLEP. Los sistemas que se describen en esta sección son para la toma de muestras personales. Se clasifican en:

- Sistema Pasivo o muestreo pasivo: estos sistemas no usan bombas de aspiración de aire. El contaminante difunde hasta el sistema de retención. Por ejemplo, tubos de difusión para BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno).
- Sistema Activo o Muestreo activo: estos sistemas se basan en hacer pasar un volumen conocido de aire contaminado a través de un medio de retención en el que queda retenido el contaminante presente en el aire que es posteriormente extraído dicho medio y analizado para determinar su concentración. Un sistema activo de toma de muestras está formado por:
 - Una bomba que aspira el aire con un caudal determinado y que está debidamente calibrada.
 - Un muestreador con un soporte donde se encuentra el medio de retención del contaminante.
 - Un captador o medio de retención del contaminante, que dependerá del estado del contaminante (partículas, gases o vapores).

3.7.6 Sistemas pasivos de toma de muestras

Los sistemas pasivos no usan bombas de aspiración. Estos sistemas se usan para gases y vapores.

Consisten en un tubo abierto por uno de sus extremos y cerrado por el otro. El extremo cerrado contiene el medio de retención. Al abrir el tubo las moléculas del contaminante se

difunden por el soporte hasta llegar al medio de retención. La cantidad de contaminante que llega a la sustancia absorbente (M) es proporcional a la concentración en el exterior del tubo (C) y al tiempo de duración del proceso, conforme a la Ley de Fick:

$$M = D \left(\frac{A}{L} \right) t$$

La concentración del contaminante se calcula despejando C de la expresión anterior y ajustando las unidades:

$$C = \frac{(M \times L \times 106)}{(D \times A \times t)}$$

Donde: M = masa transferida total, que se determinará analíticamente (mg) D = coeficiente de difusión, específico para cada gas o vapor, es función de la presión y la temperatura (cm² /segundo).

A = superficie de difusión (cm²)

L = longitud de difusión (cm)

C = concentración del contaminante (mg/m³)

t = tiempo de muestreo (segundos)

Las principales ventajas de los sistemas pasivos de toma de muestras son:

- Simplicidad operativa y facilidad en su empleo al no ser necesario las actividades de mantenimiento y calibración de las bombas de aire.
- Posibilidad de emplear tiempos de muestreo prolongados. Aunque el tiempo dependerá de la concentración ambiental ya que el sistema de retención se puede saturar si la concentración ambiental es alta y se muestrea durante periodos largos.
- Mínima posibilidad de cometer errores personales.

Los principales inconvenientes son:

- Necesidad de tener un conocimiento exacto del coeficiente de difusión del contaminante a la temperatura de muestreo y características del captador.
- Invariabilidad del caudal de muestreo y su valor relativamente bajo.
- Cierta sensibilidad del sistema pasivo a factores ambientales (humedad, temperaturas elevadas, velocidad del viento, otros contaminantes).

3.8 Semi-cuantificación de inmisiones de gases utilizando tubos dräger de corta duración.

3.8.1 Generalidades ³²

El aire ambiente natural está químicamente constituido por una mezcla de gases que consta del 78 % de nitrógeno, 21 % de oxígeno, 0,03 % de dióxido de carbono, además de trazas de argón, helio y otros gases menos habituales. También encontramos vapor de agua, por ejemplo, el causado por la humedad. Si las concentraciones de los componentes varían, o se añade otro gas diferente, ya no tenemos aire natural. Cuando se producen estas modificaciones, existe la posibilidad de que el aire tenga un efecto nocivo sobre la salud. ³²

La medición de gases es una ayuda técnica y un factor de evaluación de la concentración de gases que solo es posible mediante un dispositivo dedicado a tal fin. Para determinar el potencial peligroso de un gas, es necesario medir su concentración y tener en cuenta la duración de la exposición y otros parámetros, como el tipo de trabajo que se está realizando. Si solo se conoce la concentración de un contaminante del aire, será difícil evaluar su grado de peligrosidad. Por ejemplo, existe cierta incertidumbre en cuanto a los efectos sobre la salud del humo del tabaco. El efecto aditivo de más de 800 sustancias individuales que contiene el humo de un cigarrillo y la fisiología propia del fumador son factores que determinan la influencia tóxica en la persona. Un requisito importante para determinar el potencial de cualquier contaminante gaseoso del aire es medir la concentración a través de un dispositivo de medición de gases adecuado. El tipo de dispositivo que se utilice dependerá del tipo de gases que vayan a medirse y con qué

frecuencia. Para gran consternación de usuarios y fabricantes, no existe un instrumento universal que mida todos los gases o vapores a la vez. La variedad de sustancias es demasiado grande para que se puedan medir todos los contaminantes posibles del aire mediante una única técnica. Cuanto más compleja sea la composición química de una sustancia, más compleja es la técnica de medición del gas.³²

Las altas concentraciones generalmente se representan en porcentaje de volumen (% vol.), es decir, 1 parte de una sustancia en 100 partes de aire. El aire consta de 21 % vol. de oxígeno. (es decir, 100 partes de aire contienen 21 partes de oxígeno). En concentraciones más bajas, se utiliza la unidad de ppm = partes por millón (mL/m³). En una concentración, ppm significa 1 parte de una sustancia en 1 millón de partes de aire, y ppb hace referencia a 1 parte de una sustancia en 1 billón de partes de aire. La conversión de unidades muy pequeñas de concentraciones en % vol. es como sigue: 1 % vol. = 10 000 ppm = 10 000 000 ppb Además de los componentes gaseosos, el aire también contiene partículas sólidas o gotas de líquido llamadas aerosoles. Puesto que una indicación en porcentaje del volumen no resulta muy útil por el pequeño tamaño de las gotas o partículas, la concentración de los aerosoles se representa en mg/m³.³²

CAPÍTULO IV

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

- Estudio de Campo: El estudio se realizó en los estacionamientos subterráneos de los centros comerciales del área metropolitana de San Salvador, El Salvador. Realizando la determinación de los gases de combustión: Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y Dióxido de Azufre, con tubos colorimétricos Dräger de rango corto, junto con una bomba manual dräger accuro, El aire a evaluar se introdujo en los tubos para reaccionar con el material respectivo con un flujo y una duración preestablecida por el proveedor. Los resultados de la determinación semicuantitativa fueron utilizados para determinar que la calidad del aire de los estacionamientos subterráneos fuera la adecuada para los trabajadores del establecimiento y las personas que frecuentan el establecimiento, y que este no signifique un riesgo para la salud.
- Estudio transversal: Se desarrolló la determinación semicuantitativa, en el periodo comprendido del mes de junio a julio del año 2024.

4.2 Investigación bibliográfica.

La revisión bibliográfica se realizó en las siguientes fuentes:

- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador
- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador
- Consorcio de Bibliotecas Universitarias de El Salvador (CBUES)
- Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador
- Portal Regional de la Biblioteca Virtual en Salud (BVS)
- Internet

4.3 Campo de aplicación

La investigación de campo se llevó cabo en los estacionamientos subterráneos de centro comerciales del área metropolitana de San Salvador, El Salvador, determinando la calidad del aire interior de dicha área de los establecimientos.

4.4 Universo y muestra

- Universo: Estacionamientos subterráneos de centros comerciales de la zona metropolitana de San Salvador, El Salvador, Centro América.
- Muestra: Estacionamientos subterráneos de 5 Centros comerciales los cuales aprobaron el acceso a las instalaciones para la realización de la medición semicuantitativa de gases de combustión.

4.5 Parte experimental

Materiales y Equipo (Ver anexo N°1)

Se tomo muestra con tubos dräger de corta duración, específicos para CO , SO_2 , NO_2 , con ayuda de una bomba accuro dräger para captar el aire a muestrear.

4.5.1 Procedimiento para toma de muestra con tubos de rango corto dräger para la medición de límites de exposición ocupacional de CO , SO_2 , NO_2 .

Toma de muestra³¹:

1. Romper ambos extremos del tubo.
2. Conectar directamente a la bomba de muestreo extremo indicado en el tubo.
3. Llevar a cabo el número de embonadas especificadas en cada tubo por el proveedor: $CO(n=5)$, $NO_2(n=5)$, $SO_2(n=100)$.
4. Inmediatamente al finalizar el muestreo, leer la escala del tubo y documentar el valor indicado por el tubo colorimétrico. Realizar en cada uno de los niveles subterráneos de los estacionamientos.
5. Realizar el tratamiento de los datos para la obtención de resultados que puedan ser comparados con los límites establecidos por las normativas.

4.5.2 Identificación de establecimiento

Se establecieron códigos alfa numéricos para identificar los establecimientos donde se muestreo con la finalidad de manejar los resultados de manera confidencial, como se detalla a continuación:

CCX.SOTM: Donde CC corresponde a Centro Comercial, X el número de establecimiento, SOT, corresponde si el establecimiento posee sótano, M si este es múltiple.

CCX.ESTM: Donde CC corresponde a Centro Comercial, X el número de establecimiento, EST, refiriéndose a estacionamiento y M si este es múltiple, es decir si el establecimiento posee más de un estacionamiento subterráneo de un solo nivel.

CCX.ESTU: Donde CC corresponde a Centro Comercial, X el número de establecimiento, EST, refiriéndose a estacionamiento y U si este posee un único estacionamiento.

4.6 Verificación de repetitividad del método.

Para verificar la repetitividad de los resultados se realizarán 3 mediciones en un punto de cada centro comercial a muestrear.

4.7 Adecuado manejo de residuos.

No se desecharon nunca los tubos Dräger usados en los residuos domésticos. Deben desecharse adecuadamente o bien deben reciclarse, ya que hay productos químicos presentes en el sistema de reactivos, aunque sea en cantidades mínimas.

CAPÍTULO V

5.0 RESULTADOS

5.1 Centro Comercial N°1.

Para el centro comercial N°1 se identificó que cuenta con sótano múltiple (CC1.SOTM) por lo que se divide en SOT1 y SOT2, la capacidad aproximada de este centro comercial es de 1,000 automóviles, está compuesto por zonas de transporte de carga, motocicletas, bicicletas, etc. Por otra parte, el establecimiento tiene la particularidad que el sótano 3 es únicamente habilitado para el uso de los empleados del centro comercial, motivo por el cual no se realiza el estudio en este nivel.

Así mismo se identificó que el centro comercial posee una buena ventilación natural ya que, SOT1 cuenta con 2 accesos vehiculares ver Figura N°8. SOT2 posee un único ingreso amplio de ventilación en la zona de ingreso y salida ver Figura N°9. Detallando en ambas figuras los puntos de muestro, siendo el color rojo el que representa los muestreos en el periodo de la mañana y el color azul por la tarde (P1, P2).

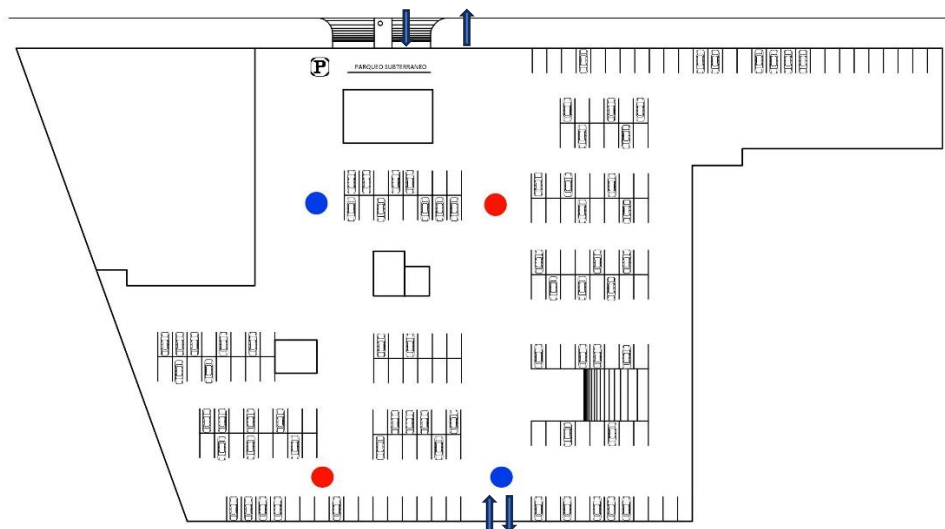


Figura N° 8. Croquis CC1.SOTM-SOT1

Fuente: Elaboración propia

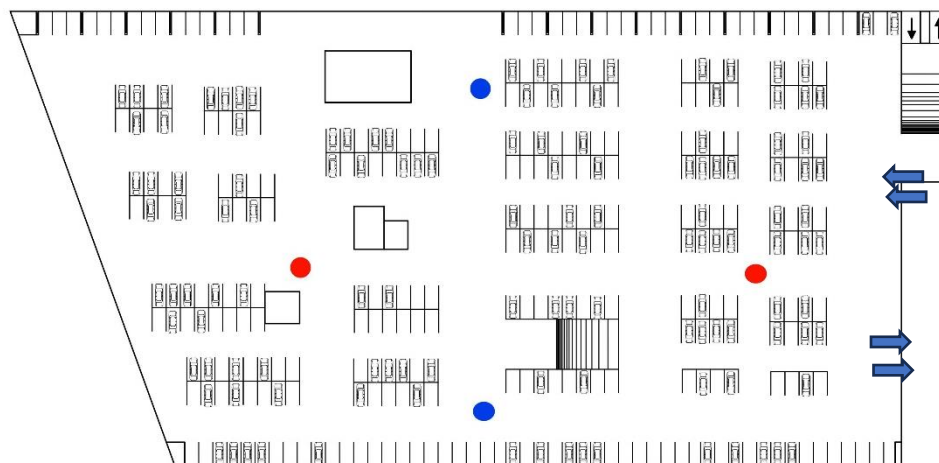


Figura N° 9. Croquis CC1.SOTM-SOT2

Fuente: Elaboración propia

En Tabla N°5 se muestran los valores obtenidos del Centro Comercial 1 por medio del Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración. Presentados por días y puntos de muestreo, considerado para ambos el factor de mayor concentración vehicular el cual son los días sábado y domingo. Los resultados de la emisión de los gases CO, NO₂, y SO₂ son reportados en ppm.

Tabla N° 5. Resultados centro comercial N°1, sótano múltiple (CC1.SOTM)

CENTRO COMERCIAL 1 SÓTANO MÚLTIPLE (CC1.SOTM)									
		SOT1							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES (ppm)		N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	1	1.25	0.16	0	5	1.25	0.08	0
	P2	2	1.25	0.16	0	6	1.25	0.16	0
PM	P1	3	3.75	0.16	0	7	5	0.16	0
	P2	4	5	0.16	0	8	5	0.08	0
		SOT2							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES (ppm)		N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	9	1.25	0	0	13	1.25	0.08	0
	P2	10	3.5	0.08	0	14	1.25	0.08	0
PM	P1	11	5	0.16	0	15	3.75	0.08	0
	P2	12	5	0.16	0	16	3.75	0.08	0
DIRECTRICES			LIMITES						
			CO	NO ₂			SO ₂		
OSHA			50 ppm	5 ppm			5 ppm		
NIOSH			35 ppm	1 ppm			2 ppm		
ACGIH			25 ppm	0.2 ppm			0.25 ppm		

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°10 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de monóxido de carbono para CC1.SOTM contra los límites establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

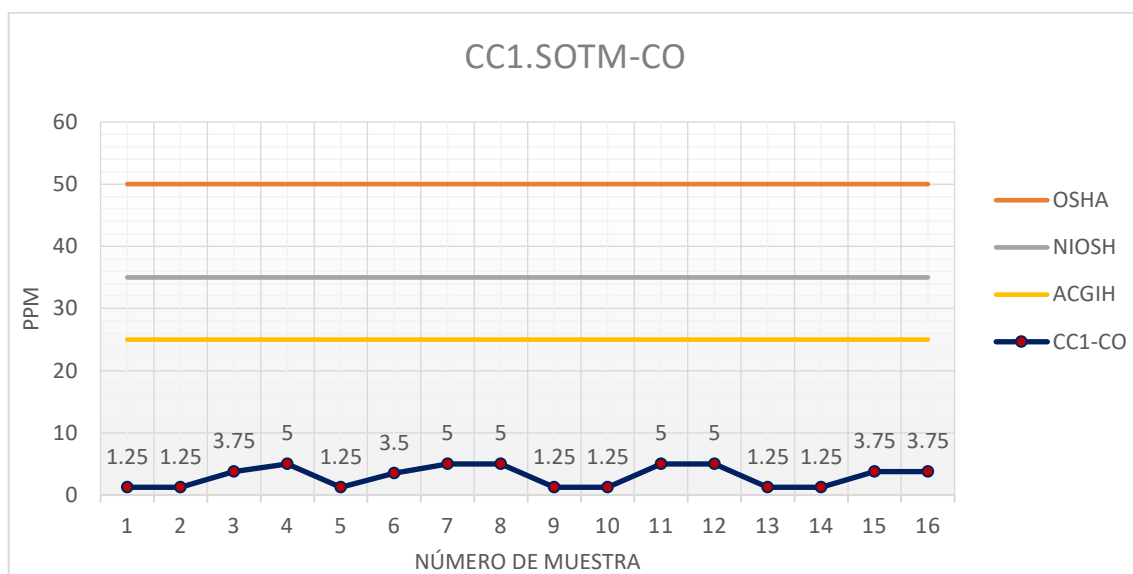


Figura N°10. Gráfico CC1SOTM-CO, resultados medición de monóxido de carbono

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que los resultados para el centro comercial 1 para monóxido de carbono que en total fueron 16 muestras, ninguna de ella sobrepasa los límites establecidos por las directrices internacionales antes mencionadas, se encuentran considerablemente muy por debajo del límite inferior más pequeño que es de 25 ppm establecido por la ACGIH.

En la Figura N°11 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de nitrógeno para CC1.SOTM contra los límites establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

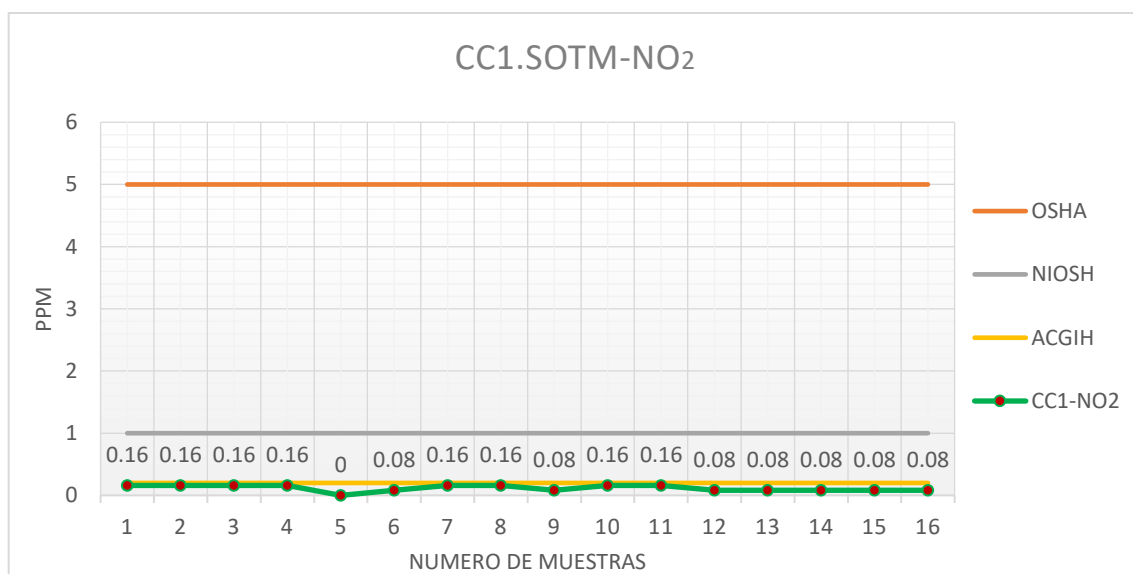


Figura N°11. Gráfico CC1.SOTM, resultados medición de dióxido de nitrógeno.

Fuente: Elaboración propia

En las concentraciones de dióxido de nitrógeno obtenidas podemos observar que ninguno de los 16 muestreos se encuentra fuera de los límites establecidos, pero 8 de los 16 muestreos obtenemos concentraciones cerca del límite establecido por ACGIH que es de 0.2 ppm, siendo estos resultados de 0.16 ppm.

En Figura N°12 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de azufre para CC1.SOTM contra los límites establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

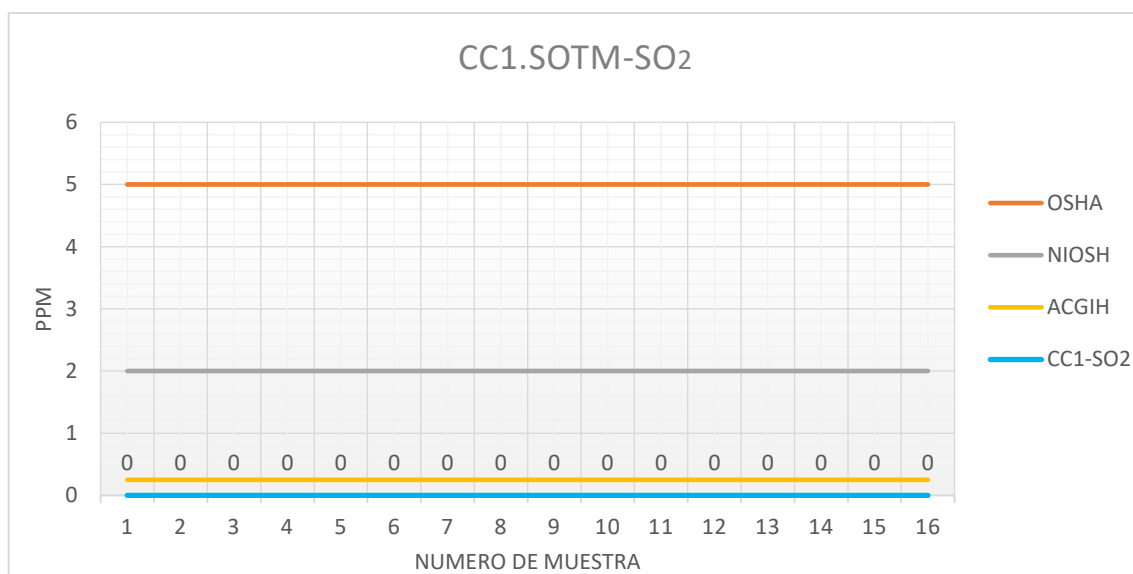


Figura N°12. Gráfico CC1.SOTM, resultados medición de dióxido de azufre.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de los 16 muestreos fueron 0 ppm, es decir en el tubo colorimétrico no se observó coloración en el contenido reactivo.

Se obtuvieron resultados favorables de la concentración de estos 3 gases de combustión, ya que ninguno de ellos sobrepasa los límites seguros de exposición, verificando la calidad del aire circundante en esta zona del establecimiento, siendo este un ambiente laboral seguro para los trabajadores del lugar, como también para demás personas que se encuentren en esta zona del estacionamiento.

Se extendió el informe de resultados a la administración del centro comercial, Ver informe en Anexo N°8.

5.2 Centro Comercial N°2

El centro comercial N°2 que cuenta con Sótano múltiple (CC1.SOTM) por lo que se divide en SOT1, SOT2 y SOT3 la capacidad aproximada para este centro comercial es de 900 automóviles.

Así mismo se observó que el sistema de ventilación que maneja el centro comercial es por extracción mecánica, y ventilación natural teniendo ingreso únicamente en 2 puntos donde se encuentra el acceso vehicular para el SOT1 ver Figura N°13. SOT2 posee ventilación y extracción mecánica ver Figura N°14 así mismo el SOT3 posee ventilación y extracción mecánica ver Figura N°15, se presenta para cada sótano los puntos donde se realizó la medición (P1, P2).

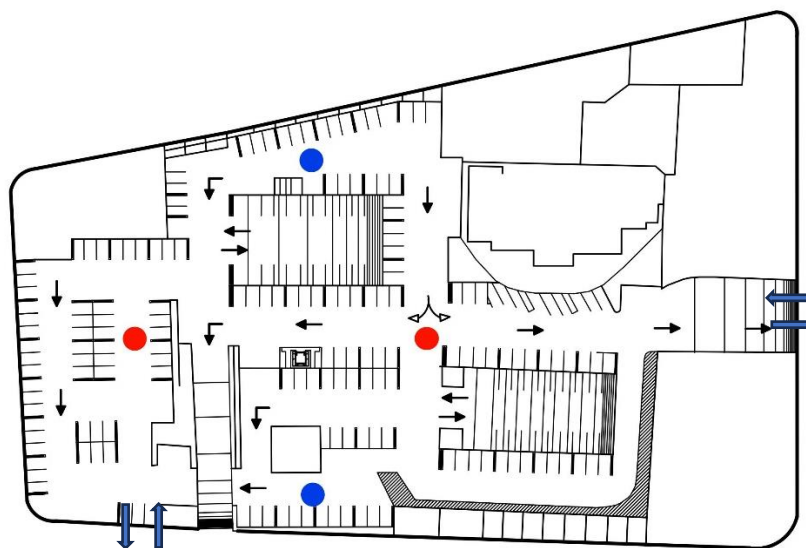


Figura N°13. Croquis CC2.SOTM-SOT1

Fuente: Elaboración propia

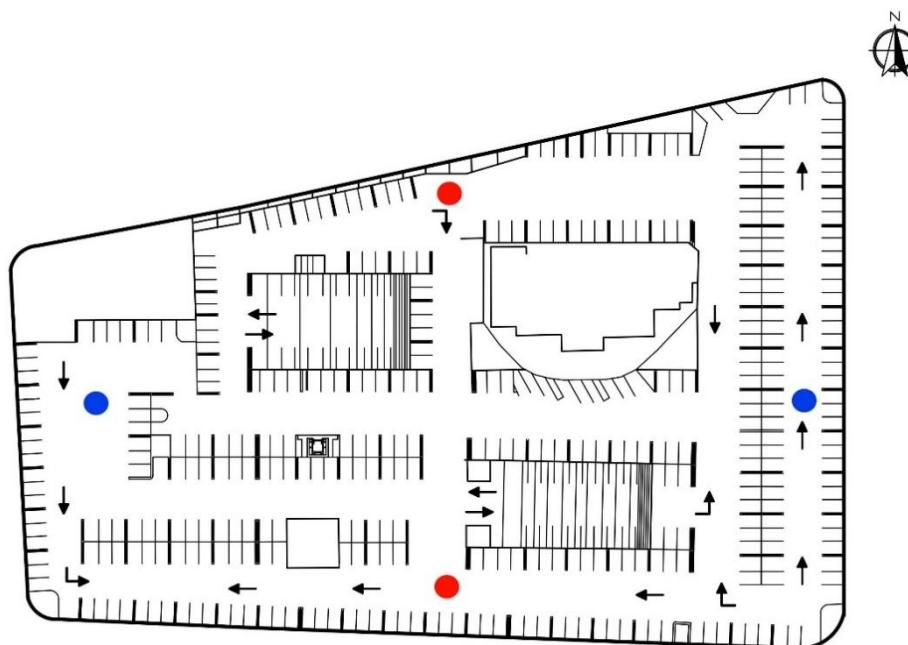


Figura N°14. Croquis CC2.SOTM-SOT2

Fuente: Elaboración propia

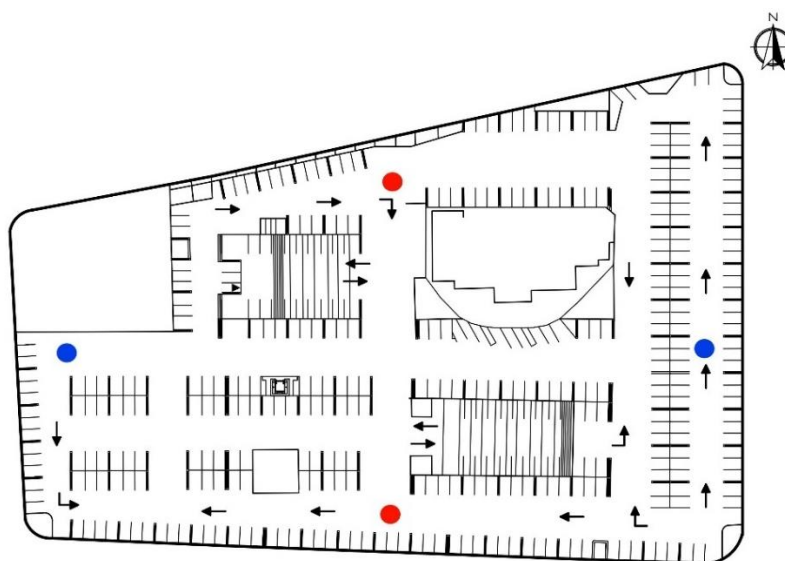


Figura N°15. Croquis CC2.SOTM-SOT3

Fuente: Elaboración propia

En Tabla N°6 muestra los valores obtenidos del Centro Comercial 2 por medio del Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración. Se presentan los resultados de los gases por días muestreados y los puntos donde se realizó la medición (P1, P2) Los resultados de las emisiones de los gases CO, NO₂, y SO₂ son reportados en ppm.

Tabla N°6. Resultados en ppm de centro comercial N°2 sótano múltiple (CC2.SOTM)

CENTRO COMERCIAL 2 SOTANO MULTIPLE CC2.SOTM									
		SOT1							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES (ppm)		N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	1	5	0.16	0.1	5	2.5	0	0
	P2	2	5	0.16	0.1	6	2.5	0	0
PM	P1	3	2.5	0.24	0.1	7	2.5	0.16	0.1
	P2	4	2.5	0.24	0.1	8	5	0.16	0.1
		SOT2							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES (ppm)		N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	9	1.25	0	0	13	0	0	0
	P2	10	0	0.08	0	14	1.25	0	0
PM	P1	11	10	0.08	0.1	15	5	0.16	0
	P2	12	5	0.08	0.1	16	10	0.16	0
		SOT3							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES (ppm)		N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	17	5	0	0	21	0	0	0
	P2	18	5	0	0.025	22	0	0	0
PM	P1	19	1.25	0.16	0.025	23	3.75	0.24	0.05
	P2	20	3.75	0.16	0.05	24	3.75	0.24	0.1
DIRECTRICES		LIMITES							
		CO			NO ₂			SO ₂	
OSHA		50 ppm			5 ppm			5 ppm	
NIOSH		35 ppm			1 ppm			2 ppm	
ACGIH		25 ppm			0.2 ppm			0.25 ppm	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°16 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de monóxido de carbono para CC2.SOTM contra los límites establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

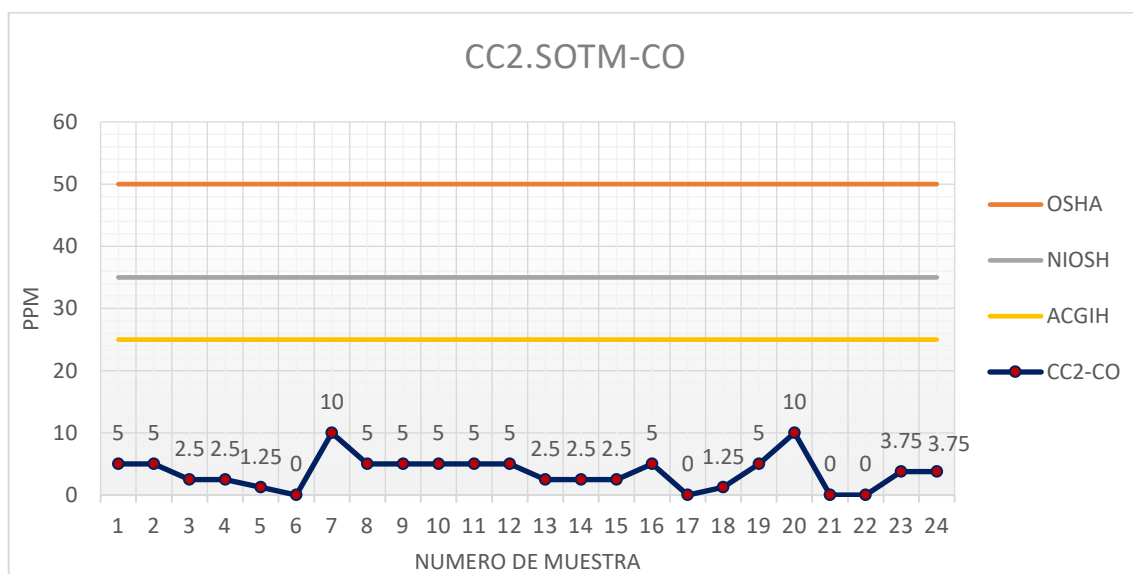


Figura N°16. Gráfico CC2.SOTM, resultados medición de monóxido de carbono.

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que los resultados para el centro comercial 2 de concentración de monóxido de carbono que en total fueron 24 muestras, ninguna de ella sobrepasa los límites establecidos por las directrices internacionales antes mencionadas presentando resultados con picos de 10 ppm para las muestras número 7 y 20, sin embargo, se mantienen dentro de los límites establecidos para OSHA, NIOSH Y ACGIH.

En la figura N°17 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de nitrógeno para CC2.SOTM contra los límites establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

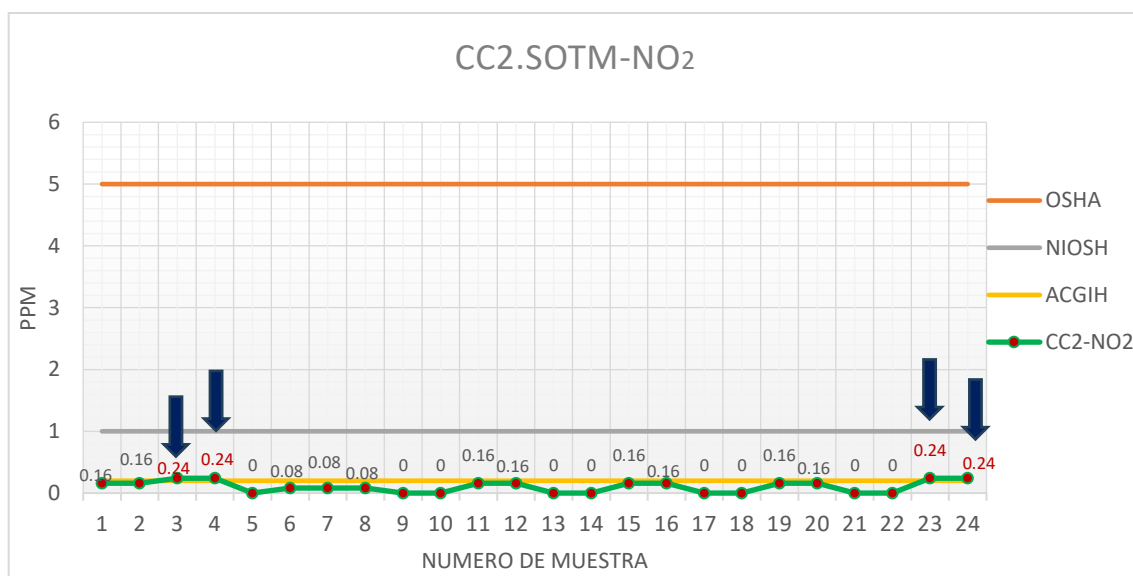


Figura N°17. Gráfico CC2.SOTM, resultados medición de dióxido de nitrógeno

Fuente: Elaboración propia

Se observa como 4 de 24 muestreos, respectan a muestras número 3,4, 23 y 24, superan por poco el límite seguro de exposición establecido por la ACGIH que es de 0.2 ppm, siendo los resultados de 0.24 ppm, la exposición prolongada a concentraciones superiores a 0.2ppm pueden provocar irritación de mucosa, ojos, nariz y garganta, también la exposición a largo plazo podría originar el desarrollo de enfermedades crónicas como bronquitis, asma, neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedades cardiovasculares, entre otras. Cabe resaltar que estos puntos fuera del límite se tomaron en el turno vespertino, en este se notó que el establecimiento se encontraba cerca de su máxima capacidad.

En la Figura N°18. podemos ver la representación gráfica de los resultados para SO₂.

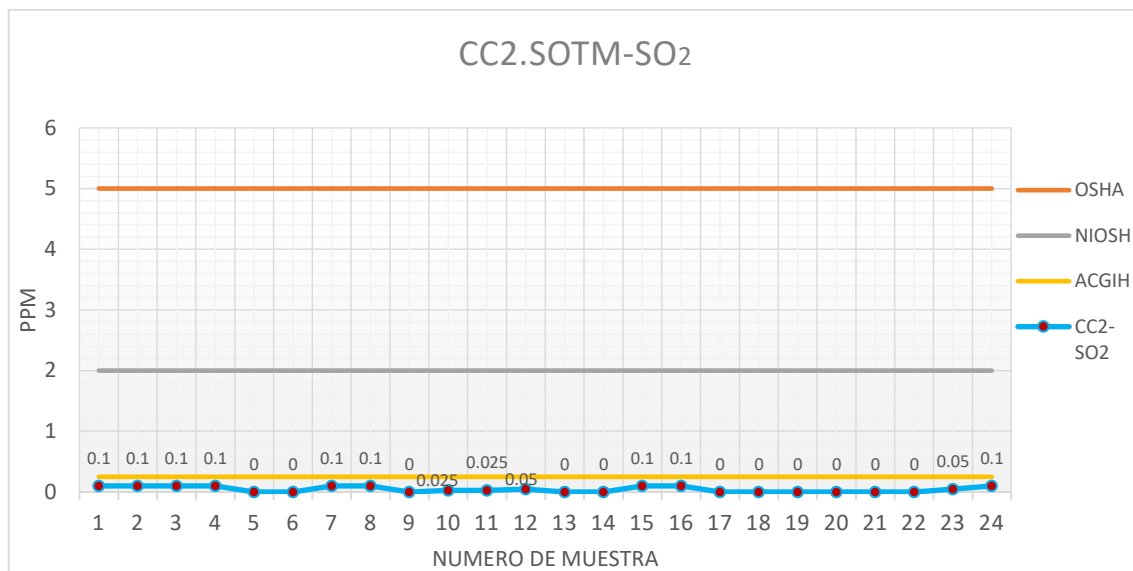


Figura N°18. Gráfico CC2.SOTM, resultados medición de dióxido de azufre.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para SO₂ en este centro comercial se encuentran dentro de los límites establecidos para OSHA, NIOSH Y ACGIH, incluso cuando este se encuentra cerca de su máxima capacidad, los niveles de este gas son muy bajos.

Se extiende el informe de resultados a la administración del centro comercial N°2. Ver informe en Anexo N°9

5.3 Centro Comercial N°3

El centro comercial 3 cuenta con estacionamientos Múltiples (CC3.ESTM) por lo que se divide EST1, EST1.2, EST2 y EST3, cabe destacar que estos solamente son una parte de la capacidad total de estacionamiento disponible del comercial que aproximado es de 1200 automóviles.

Así mismo se observó que el sistema de ventilación que maneja el centro comercial es por ventilación natural teniendo ingreso únicamente en 2 puntos donde se encuentra el acceso vehicular para el EST1 ver figura N°19.

El EST1.2 No posee ningún tipo de ventilación Ver figura N°20. En cuanto al EST2 este posee ventilación natural y extracción mecánica ver figura N°21. Para el EST3 Posee amplia ventilación Natural ver figura N°22; Se presenta para cada sótano los puntos donde se realizó la medición (P1, P2).

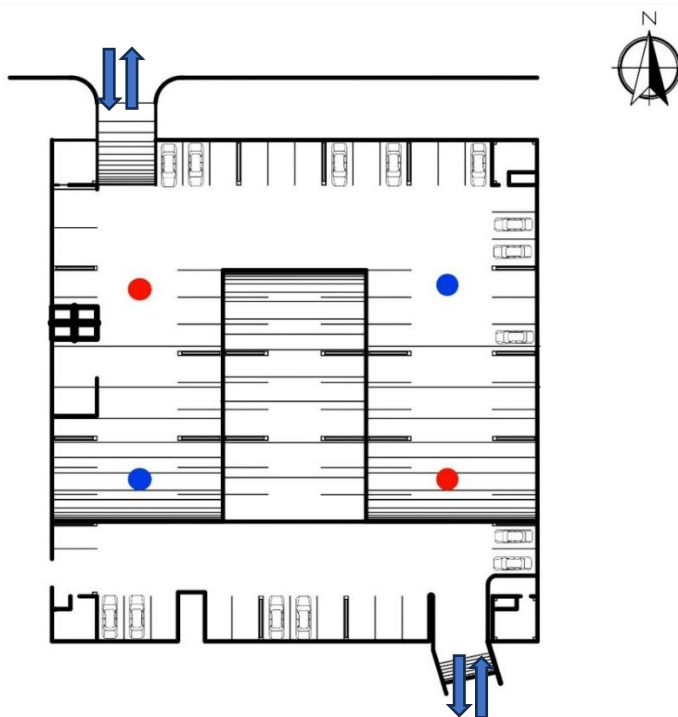


Figura N°19. Croquis CC3.ESTM-EST1

Fuente: Elaboración propia

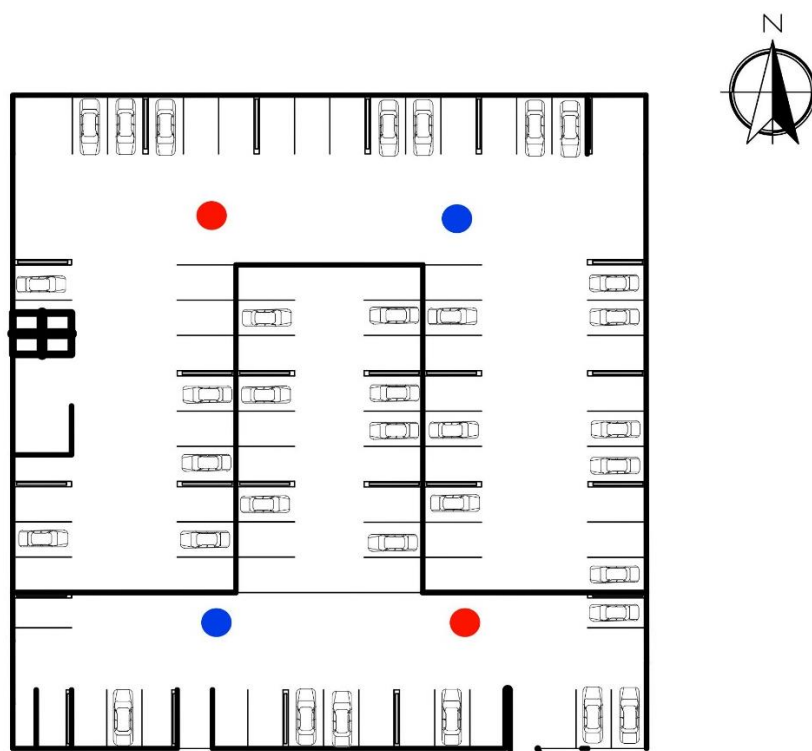


Figura N°20. Croquis CC3.ESTM-EST1.2

Fuente: Elaboración propia

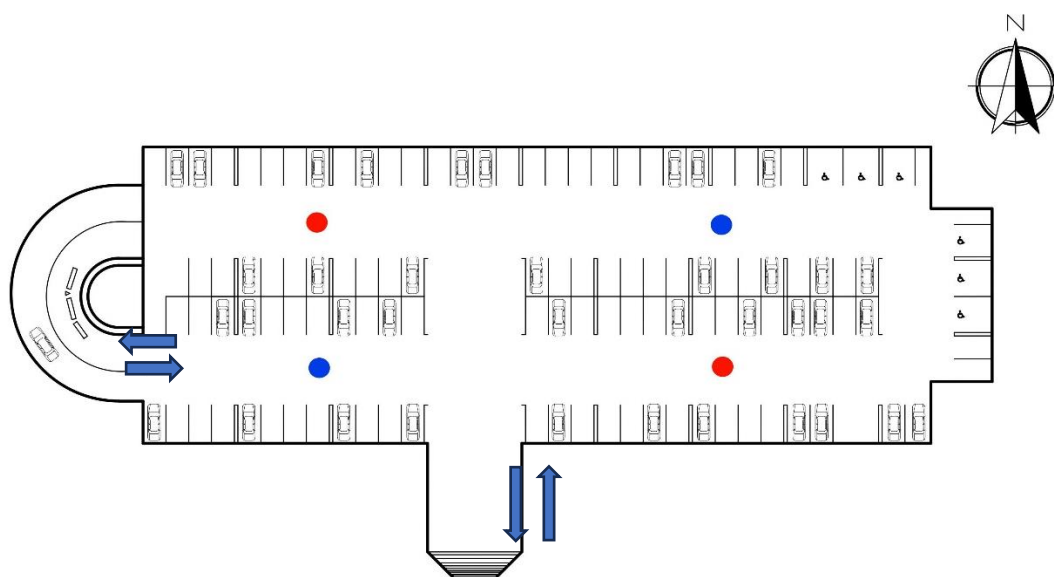


Figura N°21. Croquis CC3.ESTM-EST2

Fuente: Elaboración propia

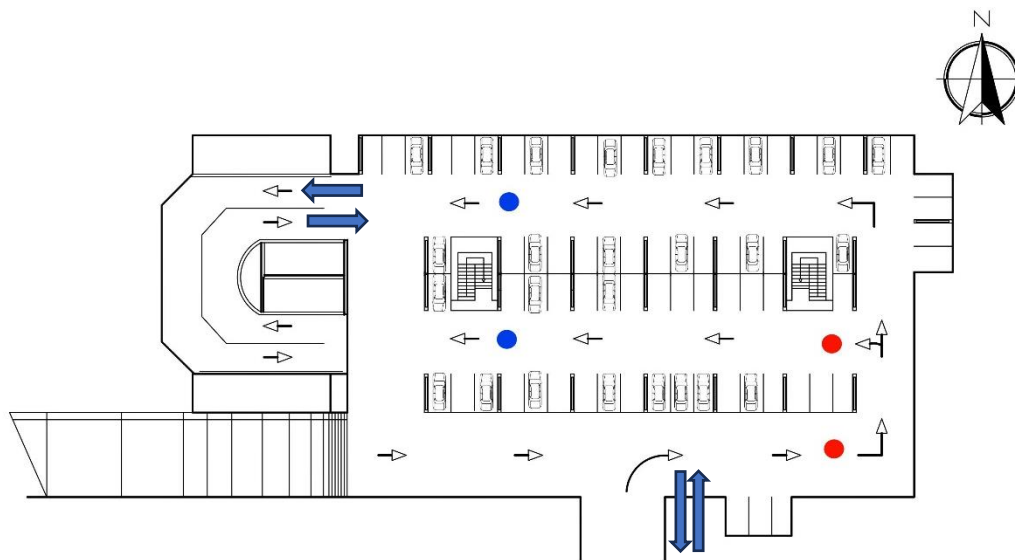


Figura N°22. Croquis CC3.ESTM-EST3

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N°7 muestra los valores obtenidos del Centro Comercial 3 por medio del Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración. Se presentan los resultados de los gases por días muestreados y los puntos donde se realizó la medición (P1, P2) Los resultados de las emisiones de los gases CO, NO₂, y SO₂ son reportados en ppm.

Tabla N°7. Resultados obtenidos de medición de gases en centro comercial N°3 estacionamiento múltiple. (CC3.ESTM)

CENTRO COMERCIAL 3, ESTACIONAMIENTO MÚLTIPLE (CC3.ESTM)									
EST1.1									
SÁBADO									
DOMINGO									
GASES (ppm)		N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	1	5	0.5	0	5	5	0	0
	P2	2	5	0.16	0	6	2.5	0	0
PM	P1	3	5	0	0	7	2.5	0.4	0
	P2	4	5	0	0	8	1.25	0.4	0
EST1.2									
SÁBADO									
DOMINGO									
GASES (ppm)		N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	9	10	0.24	0	12	5	0.16	0
	P2	10	10	0.24	0.1	13	5	0	0
PM	P1	11	5	0.16	0.1	14	5	0	0.1
	P2	12	5	0	0	15	0	0	0.1
EST2									
SÁBADO									
DOMINGO									
GASES (ppm)		N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	16	0	0.24	0	20	0	0	0
	P2	17	0	0.24	0	21	1.25	0.24	0.1
PM	P1	18	0	0	0.025	22	2.5	0.24	0
	P2	19	0	0	0	24	1.25	0.24	0.1
EST3									
AM					PM				
GASES (ppm)		N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	25	0	0	0	29	0	0	0
	P2	26	1	0	0	30	0	0.08	0
PM	P1	27	1	0.08	0	31	1	0.08	0
	P2	28	1	0.08	0	32	0	0	0
DIRECTRICES			LIMITES						
			CO		NO ₂		SO ₂		
OSHA			50 ppm		5 ppm		5 ppm		
NIOSH			35 ppm		1 ppm		2 ppm		
ACGIH			25 ppm		0.2 ppm		0.25 ppm		

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°23 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de monóxido de carbono para CC3.ESTM contra los límites establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

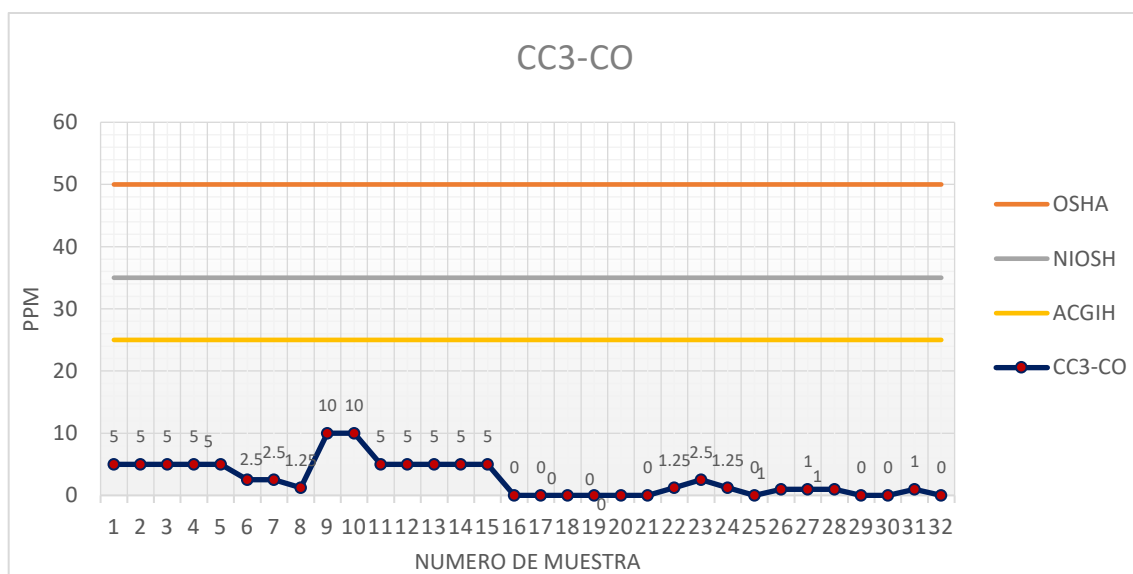


Figura N°23. Gráfico CC3.ESTM resultados medición de monóxido de carbono

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico que el valor máximo que se obtuvo de la concentración de monóxido de carbono en los muestreos es de 10 ppm en muestras 9 y 10, estas corresponden al EST1.2 (ver Tabla N°7) día sábado por la mañana, periodo en el cual se observó el estacionamiento en su máxima capacidad, tomando en cuenta que esta zona no tiene ventilación natural ni mecánica, aun así podemos concluir que no alcanza el límite de exposición, las concentraciones siguen siendo seguras tanto para el personal que trabaja en el establecimiento como para los visitantes.

En la Figura N°24 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de nitrógeno contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

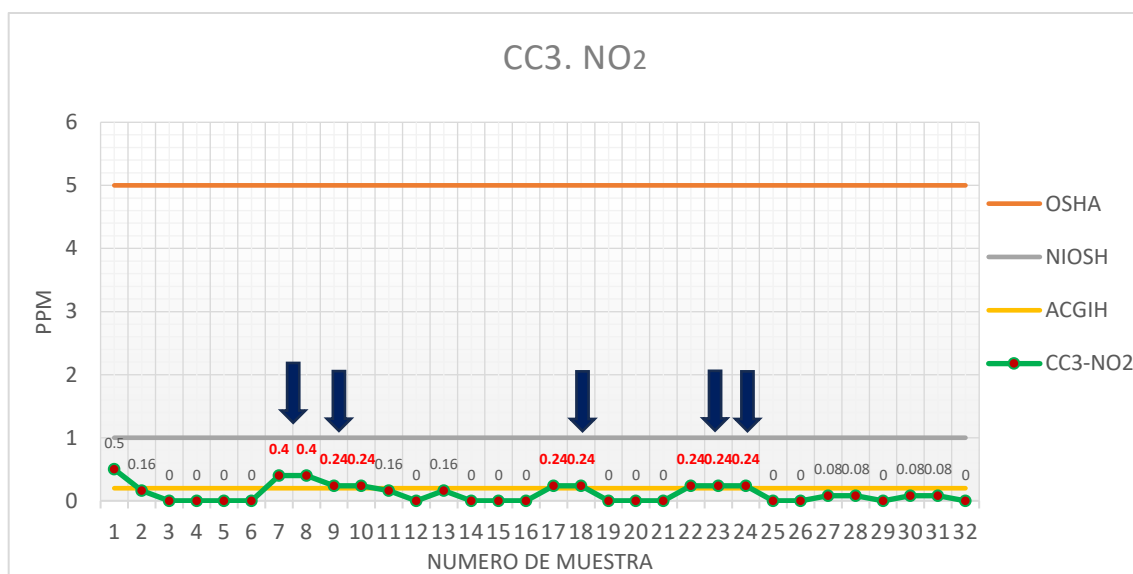


Figura N°24. Gráfico CC3.ESTM, resultados medición de dióxido de nitrógeno

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la Figura N°24, donde se grafican las concentraciones obtenidas contra los límites de dióxido de nitrógeno establecidos por las directrices internacionales, que las muestras 7 y 8, duplican el valor límite para ACGIH que es de 0.2 ppm, siendo el resultado del muestreo 0.4 ppm, estos corresponden al estacionamiento 1 primer nivel, donde se observó mínimas fuentes de ventilación y extracción de aire, por lo contrario estos muestreos siguen cumpliendo con la calidad del aire para NIOSH y OSHA que tienen valores límite más altos, para los muestreos 17, 18, 22, 23 y 24, podemos observar que salen de la especificación de ACGIH, lo que puede provocar irritación de mucosa, ojos, nariz y garganta, también la exposición a largo plazo podría originar el desarrollo de enfermedades crónicas como bronquitis, asma, neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedades cardiovasculares, entre otras.

En la Figura N°25 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de azufre contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

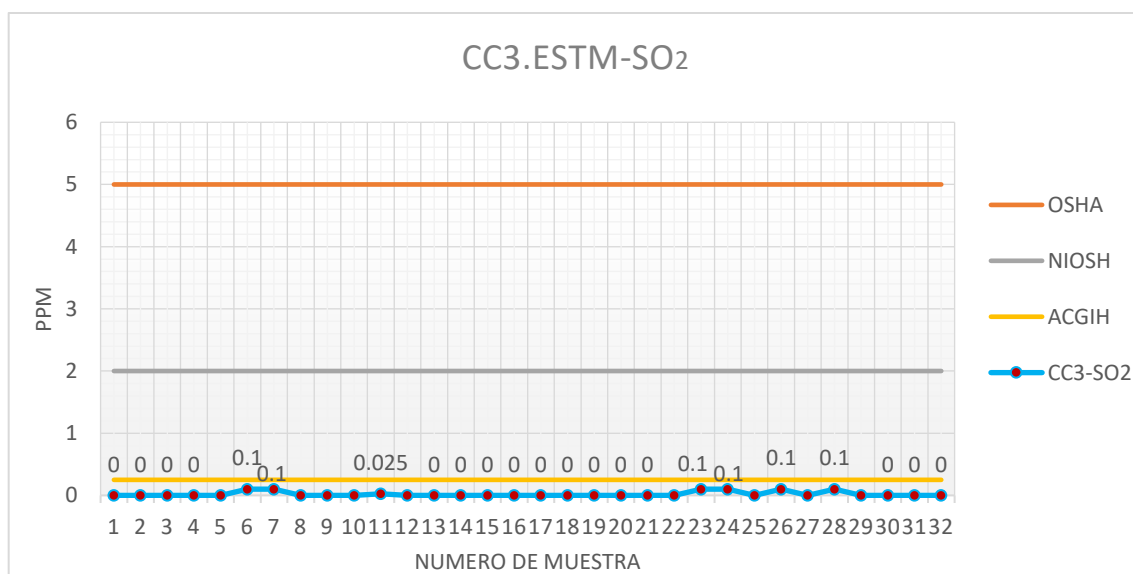


Figura N°25. Gráfico CC3.ESTM, resultados medición de dióxido de azufre

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos con respecto a los 32 muestreos totales de dióxido de azufre en el centro comercial 3 son considerablemente despreciables, siendo la mayoría de ellos indetectable para el tubo colorimétrico en el cual no presento reacción su contenido.

Se extiende el informe de resultados a la administración del centro comercial N°3. Ver informe en Anexo N°10

La Tabla N°8 muestra los valores obtenidos del Centro Comercial 4 por medio del Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración. Se presentan los resultados de los gases por días muestreados y los puntos donde se realizó la medición (P1, P2) Los resultados de las emisiones de los gases CO, NO₂, y SO₂ son reportados en ppm.

Tabla N°8. Datos obtenidos de medición de gases en centro comercial 4, estacionamiento único. (CC4.ESTU)

CENTRO COMERCIAL 4 ESTACIONAMIENTO ÚNICO (CC4.ESTU)									
		EST							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES (ppm)		N de muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	1	5	0.16	0.1	5	2.5	0	0
	P2	2	5	0.16	0.1	6	0	0	0.1
PM	P1	3	5	0	0	7	5	0	0.1
	P2	4	0	0	0	8	5	0	0.1
DIRECTRICES		LIMITES							
		CO				NO ₂		SO ₂	
OSHA		50 ppm				5 ppm		5 ppm	
NIOSH		35 ppm				1 ppm		2 ppm	
ACGIH		25 ppm				0.2 ppm		0.25 ppm	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°27 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de monóxido de carbono contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

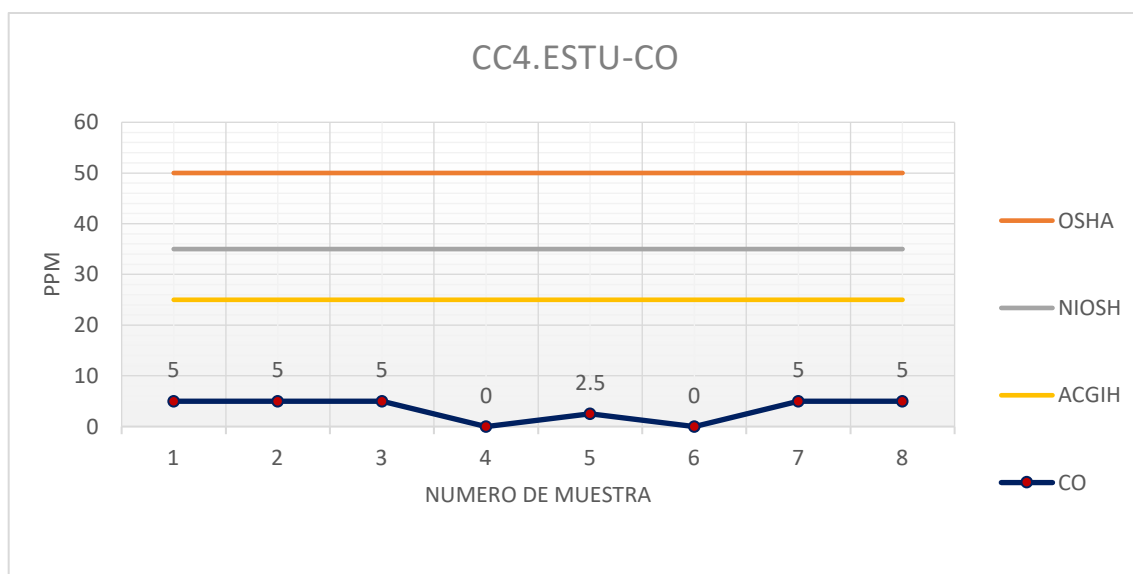


Figura N°27. Croquis CC4.ESTU, resultados medición de monóxido de carbono

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el estacionamiento no cuenta con ventilación mecánica, simplemente este cuenta con acceso de aire natural que se encuentran en la parte superior de este y el acceso vehicular que es considerablemente amplio, y que este no tiene gran capacidad vehicular se observa que los valores de monóxido de carbono detectados en el aire circundante son bajos.

En la Figura N°28 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de nitrógeno contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

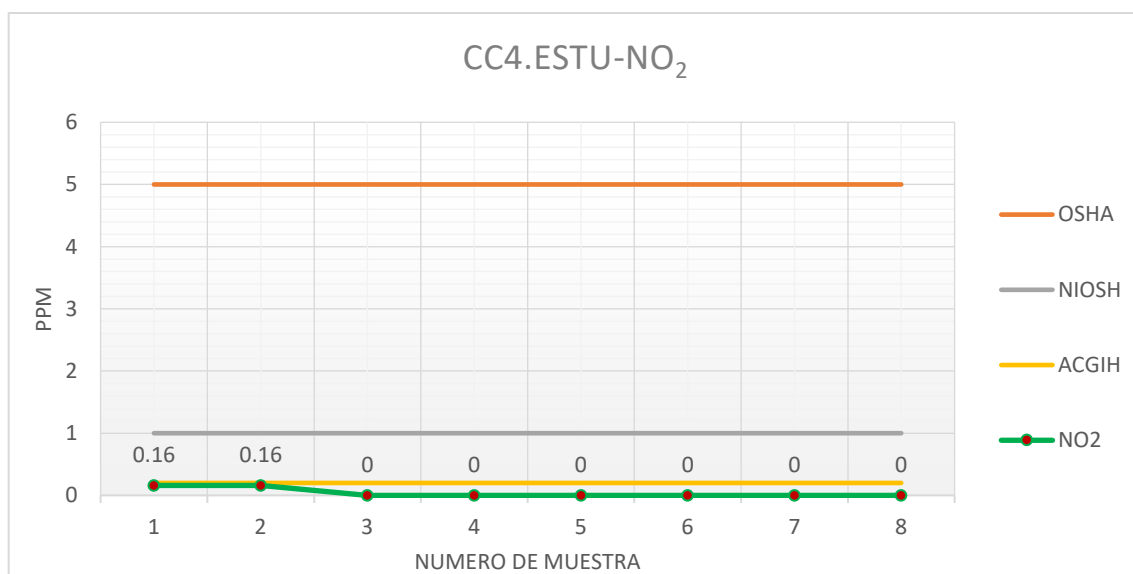


Figura N° 28. Gráfico CC4.ESTU, resultados medición de dióxido de nitrógeno

Fuente: Elaboración propia

Muestreo 1 y 2, con resultados de 0.16 ppm son los valores máximos que se obtuvieron en un total de 8 muestreos, estos muestreos corresponden al turno de la mañana en día sábado, en el que notablemente hubo mayor afluencia vehicular a comparación de los turnos siguientes, a pesar de ello, ninguno de estos resultados supera el valor limite seguro de la concentración de este gas.

En la Figura N°29 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de azufre contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

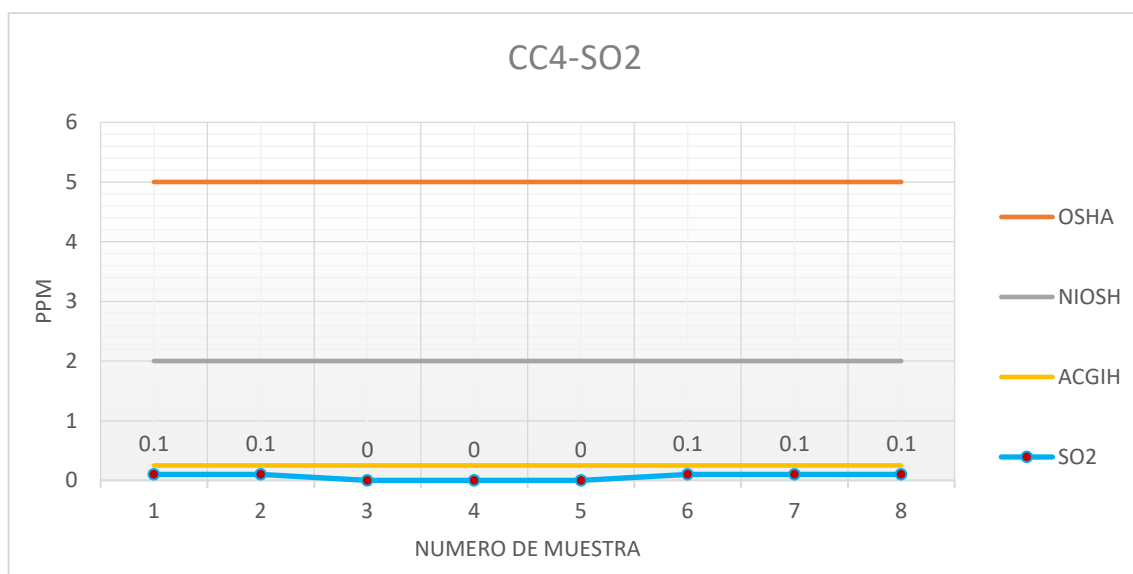


Figura N°29. Gráfico CC4.ESTU, resultados para dióxido de azufre.

Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones obtenidas de los muestreos son considerablemente despreciables, ya que los valores más altos obtenidos son de 0.1 ppm, siendo el límite 0.2 ppm, encontrándose los valores obtenidos por debajo de los límites establecidos por las directrices internacionales.

Se extiende el informe de resultados a la administración del centro comercial N°4. Ver informe en Anexo N°11

5.5 Centro Comercial N°5

El centro comercial 5 cuenta con estacionamiento subterráneo único (CC5.ESTU), este cuenta con 1 solo nivel el cual cuenta con la capacidad total para un aproximado es de 300 automóviles ver Figura N°30.

Así mismo se observó que el sistema de ventilación que maneja el centro comercial es por ventilación natural por medio de los 2 accesos vehiculares que este centro comercial cuenta.

Se presenta para cada sótano los puntos donde se realizó la medición (P1, P2).

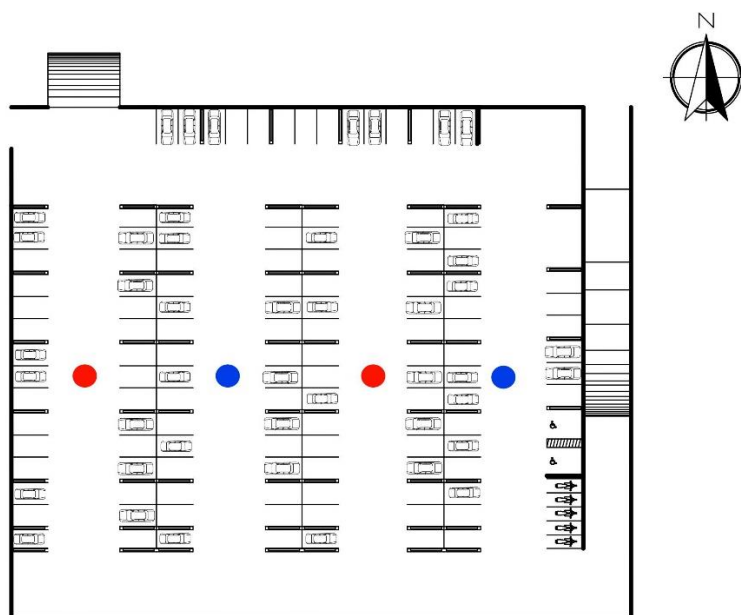


Figura N°30. Croquis CC5.ESTU, resultados de dióxido de azufre.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N°9 muestra los valores obtenidos del Centro Comercial 5 por medio del Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración. Se presentan los resultados de los gases por días muestreados y los puntos donde se realizó la medición (P1, P2) Los resultados de las emisiones de los gases CO, NO₂, y SO₂ son reportados en ppm.

Tabla N°9. Resultados de medición de gases en centro comercial 5, estacionamiento único (CC5.ESTU)

CENTRO COMERCIAL 5 ESTACIONAMIENTO ÚNICO (CC5.ESTU)									
		EST							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES (ppm)		N de muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	N de Muestra	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
AM	P1	1	1.25	0	0	5	1.25	0	0
	P2	2	2.5	0.08	0	6	1.25	0.08	0
PM	P1	3	2.5	0.08	0	7	2.5	0.08	0
	P2	4	1	0.08	0	8	1.25	0	0
DIRECTRICES		LIMITES							
		CO			NO ₂		SO ₂		
OSHA		50 ppm			5 ppm		5 ppm		
NIOSH		35 ppm			1 ppm		2 ppm		
ACGIH		25 ppm			0.2 ppm		0.25 ppm		

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°31 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de monóxido de carbono contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

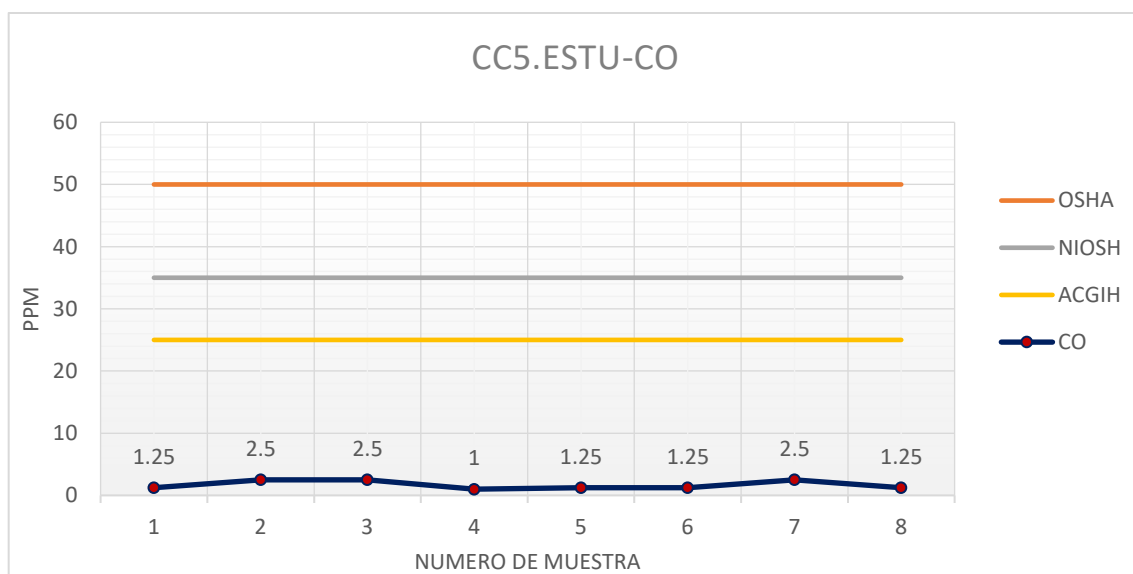


Figura N°31. Gráfico CC5.ESTU, resultados para monóxido de carbono.

Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos de los 8 muestreos en el establecimiento están debajo del valor límite de exposición seguro, confirmando la calidad del aire circúndate para concentraciones de monóxido de carbono.

En la figura N°32 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de nitrógeno contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

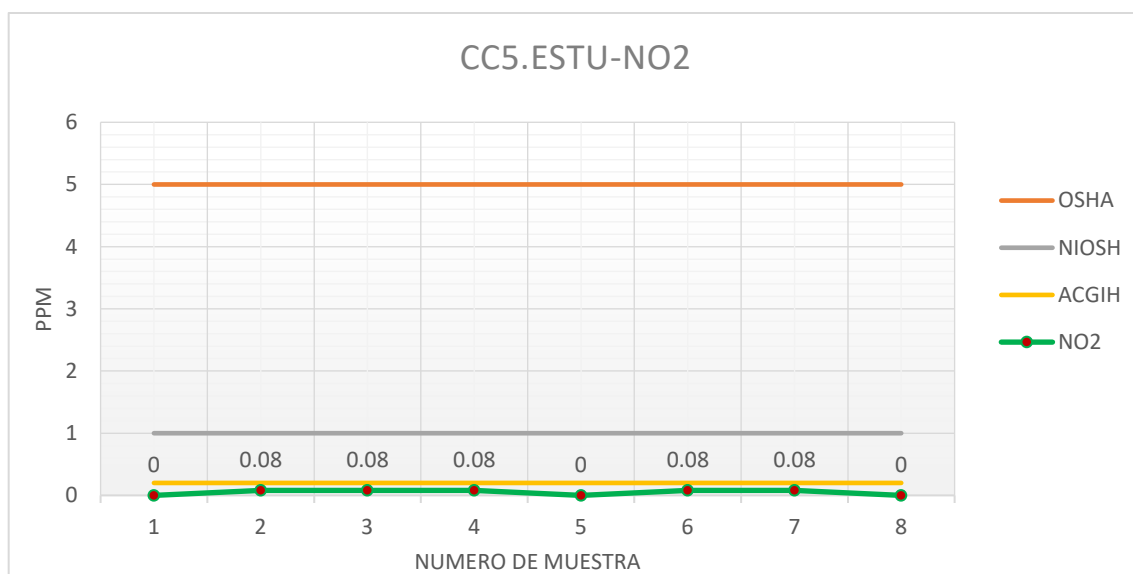


Figura N°32. Gráfico CC5.ESTU, resultados para dióxido de nitrógeno

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que 5 de 8 muestreos tienen como resultado 0.08 ppm, siendo un valor que se encuentra por debajo del límite de concentración, se puede considerar que cumple la calidad del aire con respecto a la concentración de dióxido de nitrógeno en el espacio subterráneo para cada una de las instituciones de referencia de calidad del aire.

En la figura N°33 se grafican los valores obtenidos de concentraciones de dióxido de azufre contra valores límites establecidos por directrices internacionales OSHA, NIOSH, ACGIH.

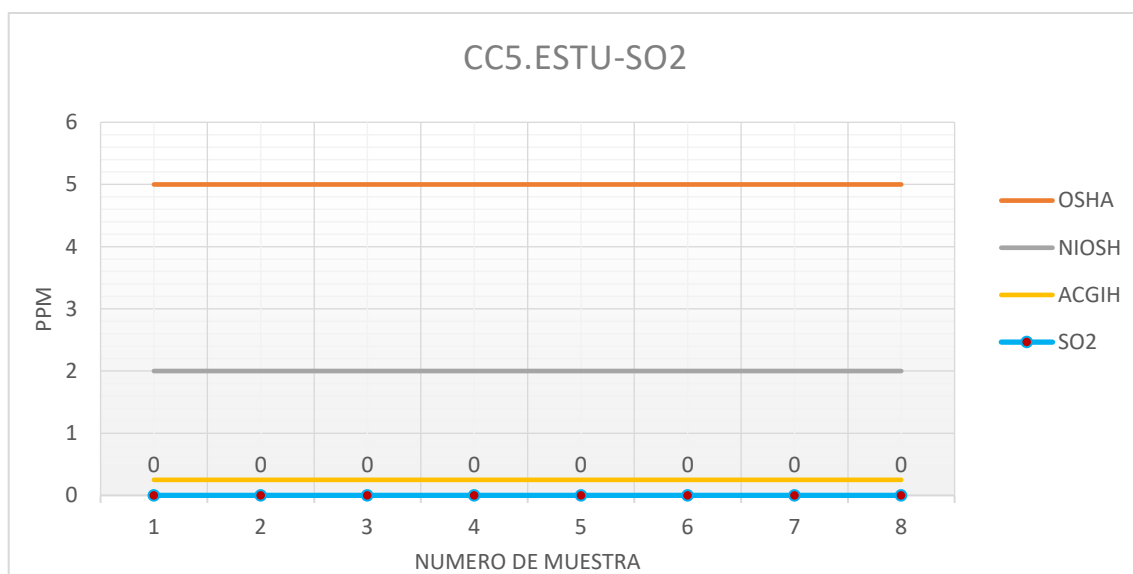


Figura N° 33. Gráfico CC5.ESTU, resultados para dióxido de azufre

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para los muestreos fueron reportados como 0, ya que no se obtuvo cambio de color en el contenido reactivo del tubo colorimétrico, es decir, no se consideran concentraciones detectables. Por lo que es área libre de este gas de combustión y no representa peligro para el personal que labora en este centro comercial

Se extiende el informe de resultados a la administración del centro comercial N°5. Ver informe de Anexo N°12

5.6 Verificación de repetibilidad

Tabla N°10. Repetibilidad de medición en un punto de muestreo en cada centro comercial sujeto a estudio.

Datos de Repetibilidad de las mediciones					
Gases de combustión (ppm)	Centros comerciales				
	CC1.SOTM	CC2.SOTM	CC3. ESTM	CC4.ESTU	CC5.ESTU
<i>CO</i>	5	5	5	5	1.25
	5	5	5	5	1.25
	5	5	5	5	1.25
<i>NO₂</i>	0.16	0.16	0	0.16	0
	0.16	0.16	0	0.16	0
	0.16	0.16	0	0.16	0
<i>SO₂</i>	0	0.1	0	0	0
	0	0.1	0	0	0
	0	0.1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Se comprobó la repetibilidad, es decir la obtención de los mismos datos en la implementación del método de análisis, y realizo en cada uno de los centros comerciales, tomando 3 muestras en un punto de los estacionamientos subterráneos. Con datos favorables como se representa en el anterior apartado.

CAPÍTULO VI

6.0 CONCLUSIONES

1. De los once centros comerciales identificados que cuentan con estacionamiento subterráneo en la zona metropolitana de San Salvador, solo cinco otorgaron su consentimiento para llevar a cabo la determinación semi-cuantitativa de gases de combustión como el monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. La limitada cooperación de las administraciones de algunos centros comerciales restringió el alcance de la investigación e impidió evaluar adecuadamente el riesgo de exposición a altos niveles de estos gases para los trabajadores del establecimiento.
2. La cuantificación de gases de combustión (CO , NO_2 , y SO_2) usando un método semi-cuantitativo con tubos colorimétricos dräger de rango corto y bomba acurro, demostró ser útil para identificar puntos de muestreo con mayores concentraciones de gases. Esto permitió recomendar medidas de control a la administración del lugar. El estudio se realizó los días sábado y domingo durante la mañana y la tarde, cuando el establecimiento alcanza su máxima capacidad y circulación vehicular, se establecieron los puntos de muestreo observando la permanencia del personal de seguridad en el establecimiento.
3. Al comparar las concentraciones obtenidas mediante la semi-cuantificación de gases en los centros comerciales evaluados contra los parámetros dados por las normativas internacionales (OSHA, NIOSH y ACGIH), se evidenció que para la normativa OSHA y NIOSH, todos los muestreos correspondientes a los estacionamientos subterráneos de los cinco comerciales no superan el límite de exposición seguro a los gases de combustión, mientras que dos centros comerciales presentan muestreos donde la concentración de dióxido de nitrógeno supera el límite de exposición seguro de ACGIH.

4. Los resultados de los muestreos realizados en los distintos centros comerciales indican que las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se encuentran, en su mayoría, dentro de los límites seguros establecidos por las directrices internacionales de calidad de aire, como ACGIH, OSHA y NIOSH. Sin embargo, se han identificado áreas específicas en dos centros comerciales donde las concentraciones de dióxido de nitrógeno superan ligeramente los límites de la ACGIH, especialmente en condiciones de alta capacidad vehicular y falta de ventilación adecuada. A pesar de esto, los niveles generales de contaminantes no representan un riesgo significativo para la salud de los trabajadores y visitantes. Esto implica la implementación de sistemas de ventilación efectivos, monitoreo continuo de la calidad del aire y medidas correctivas inmediatas en caso de detectar cualquier desviación de los estándares aceptables. Solo así se podrá asegurar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todos los empleados. Cabe destacar que la exposición a concentraciones más elevadas por encima de los límites seguros, de manera prolongada como durante una jornada laboral, puede provocar riesgos para la salud a largo plazo.
5. Se elaboró y emitió un informe específico para cada centro comercial, detallando los resultados en los muestreos realizados. Dichos informes incluyen la interpretación de los resultados y proporcionan recomendaciones precisas para cada establecimiento, asegurando así un enfoque personalizado y basado en datos para mejorar sus operaciones y cumplir con los estándares requeridos.

CAPÍTULO VII

7.0 RECOMENDACIONES

1. A las instituciones Ministerio de Medio Ambiente, Organismo Salvadoreño de Normalización (OSN) , Ministerio de Trabajo, de velar por el cuidado del medio ambiente, que tengan en consideración la elaboración de una normativa que incluyan los gases de combustión de fuentes móviles residuos de las emisiones de gases de los vehículos en espacios reducidos o confinados que ocupan como combustible diésel y gasolina; la cual es de gran interés al país y para el personal que labora en estos espacios, y así aplicarla ayudando a la disminución de la contaminación del aire; evaluando espacios confinados realizando inspecciones de calidad de aire verificar así no sobrepasen los límites establecidos por las normativas.
2. A las empresas administradoras de centros comerciales tomar en cuenta este análisis de gases de combustión realizado en los estacionamientos subterráneos de la zona metropolitana de san salvador, para la mejora continua de los espacios de estacionamientos que se siga cumpliendo con las normas de calidad del aire de las instituciones internacionales presentadas.
3. A las empresas administradoras de los centros comerciales que posean en sus estacionamientos ventilación y extracción mecánica a realizar mantenimientos periódicos para mantener los estacionamientos con la menor cantidad de gases en el ambiente.
4. A las empresas de seguridad prestadoras de servicio de personal de los estacionamientos subterráneos, Se recomienda que realice un monitoreo de la salud de cada uno de los empleados, a fin de conocer que tanto afecta a cada trabajador la exposición a los gases, ya que cuando se habla de riesgo ocupacional también se tienen en cuenta los componentes biológicos que varían de acuerdo a cada individuo, sin embargo, en esta investigación no se

contempló ya que se direcciona más a la aplicación del riesgo desde una perspectiva ambiental a una problemática real.

5. A futuros estudiantes que realizan investigaciones relacionadas con el medio ambiente a retomar los gases de combustión en espacios confinados incluyendo el análisis del personal expuesto a estos para ampliar el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Clinica Universidad de Navarra, España, Diccionario Médico, Carboxihemoglobina. 2024 [Internet] Disponible en <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/carboxihemoglobina>
2. DeCS, Descriptores de Ciencias en la Salud, Biblioteca Virtual en Salud (bvs), Sulfohemoglobinemia- edición 2024 [Internet] Disponible en: <https://decs.bvsalud.org/es/ths/resource/?id=13823#Details>
3. Calidad del Ambiente Interior en el trabajo - Año 2022 [Internet]. Portal INSST. Disponible en: <https://www.insst.es/el-instituto-al-dia/calidad-del-ambiente-interior-en-el-trabajo-ano-2022>
4. Epalza Vela PA, Gutiérrez Alfonso LY. Análisis del riesgo por exposición a monóxido de carbono en parqueaderos cerrados de centros comerciales de Villavicencio. Universidad Santo Tomás; 2019. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15516/2019paolaepalza.pdf?sequence=5>
5. Abarca Mejía KJ, Ayala Paiz RY. Cálculo de la huella de carbono en fuentes fijas y fuentes móviles, durante el proceso productivo de una empresa concretera en El Salvador. Universidad de El Salvador; 2014.
6. NSO. CALIDAD DEL AIRE AMBIENTAL INMISIONES ATMOSFÉRICAS. Gob.sv. Disponible en : http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/282/Norma_Calidad_Aire-Inmisiones.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. Martínez PPIG. Determinación de niveles de contaminación producida por monóxido de carbono (CO) en trabajadores de parqueos en sótanos de edificios por vehículos automotores en la Guatemala [Internet]. Disponible en: <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF919.pdf>

8. Researchgate.net. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/6122681_Concentrations_of_vehicle-related_air_pollutants_in_an_urban_parking_garage
9. Edu.ec. [citado el 8 de julio de 2023]. Disponible en:
<https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/12874>
10. Dhawan S, Ananth J, Sebastian S, Sachin D, Sviet B. Health risk assessment of workers in underground parking due to exposure to CO and VOC [Internet]. Ijetsr.com. [citado el 4 de agosto de 2023]. Disponible en:
http://www.ijetsr.com/images/short_pdf/1517199365_1388-1391-oucip846_ijetsr.pdf
11. Mitchell C. OPS/OMS [Internet]. Pan American Health Organization / World Health Organization. 2009. Disponible en:
https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=1527:workers-health-resources&Itemid=1349&limitstart=2&lang=es
12. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL. DEPARTAMENTO DE MEDICINA. SECCIÓN DE TECNOLOGÍA MEDICA. LABORATORIO CLÍNICO. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL PERSONAL DOCENTE, ADMINISTRATIVO Y ESTUDIANTIL DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL PARA EVALUAR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN QUE CAUSA EL INGENIO CHAPARRASTIQUE EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL DURANTE EL PERIODO DE LA ZAFRA COMPRENDIDO DE ENERO A MARZO 2004 [Internet]. Edu.sv. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19308/1/50105467.pdf>
13. Monóxido de carbono [Internet]. Cdc.gov. 2019. Disponible en:
<https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/npgd0105-sp.html>
14. Kent R. Olson, Craig G. Smollin, Ilene B. Anderson, Neal L. Benowitz, Paul D. Blanc, Susan Y. Kim-Katz, Justin C. Lewis, Alan H. B. Wu. Envenenamientos e

intoxicaciones 8e [Internet]. Disponible en:

<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3227§ionid=272190793>

15. Óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.) (Nitrogen Oxides) [Internet]. Cdc.gov. 2021 disponible en:
https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html
16. Álvarez DO. Aire [Internet]. Concepto. Disponible en: <https://concepto.de/aire/>
17. Riders SAC. Tipos de estacionamiento. ¿Cuáles son y cómo elegir el que se ajusta a tus necesidades de construcción? [Internet]. RIDERS SAC. 2022. Disponible en: <https://ridersac.com/soluciones-para-multiplicar-los-espacios-de-estacionamiento/tipos-de-estacionamiento/?v=5442d30ac10b>
18. Mitchell C. OPS/OMS [Internet]. Pan American Health Organization / World Health Organization. 2009. Disponible en:
https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=1527:workers-health-resources&Itemid=1349&limitstart=2&lang=es
19. Gallegos WLA. REVISIÓN HISTÓRICA DE LA SALUD REVISIÓN HISTÓRICA DE LA SALUD HISTORICAL REVIEW ABOUT HISTORICAL REVIEW ABOUT OCUPACIONAL Y LA SEGURIDAD OCUPACIONAL Y LA SEGURIDAD OCCUPATIONAL HEALTH AND OCCUPATIONAL HEALTH AND INDUSTRIALINDUSTRIAL INDUSTRIAL SAFETYINDUSTRIAL SAFETY [Internet]. Medigraphic.com. 2012. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubsaltra/cst-2012/cst123g.pdf>
20. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O. A. , M. P. Elaborado por: Francisco Javier García-Estañ López Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (CNNT). INSST. Calidad del Ambiente Interior en el trabajo [Internet]. 2022 oct. Disponible en:
<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Calidad+del+Ambiente+Interior+en+el+trabajo.pdf>

21. Ma J, Berenguer S, Licenciada E, Ciencias Q, Ma C, Martí S, et al. NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire [Internet]. Insst.es. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_243.pdf/9f6cbba4-ac26-4d0b-aae7-068ca6e66914
22. Osha.gov. Disponible en: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3173.pdf>
23. 1926.55 - Gases, vapors, fumes, dusts, and mists [Internet]. Osha.gov. [citado el 16 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.55>
24. Sánchez JB, Solá XG. NTP 244: Criterios de valoración en Higiene Industrial Hygiene Exposure Limits Valeurs limites en Higiène Industrielle Redactores [Internet]. Insst.es. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_244.pdf/b853aaf2-955b-41d7-b021-7bd702ecdd9d
25. Índice de nombres de productos químicos, sinónimos y nombres comerciales [Internet]. Cdc.gov. 2019. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/indice-sp.html>
26. Carbon monoxide [Internet]. Cdc.gov. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0105.html>
27. Sulfur dioxide [Internet]. Cdc.gov. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0575.html>
28. Nitrogen dioxide [Internet]. Cdc.gov. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0454.html>
29. Dinuoscio C. Carbon monoxide [Internet]. ACGIH. Association Advancing Occupational and Environmental Health; 2022. Disponible en: <https://www.acgih.org/carbon-monoxide-3/>

30. Dinuoscio C. Sulfur dioxide [Internet]. ACGIH. Association Advancing Occupational and Environmental Health; 2021. Disponible en:
<https://www.acgih.org/sulfur-dioxide/>
31. Dinuoscio C. Nitrogen dioxide [Internet]. ACGIH. Association Advancing Occupational and Environmental Health; 2022]. Disponible en:
<https://www.acgih.org/nitrogen-dioxide/>
32. TEMA 4 MEDICIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS. MEDICIONES PUNTUALES Y PROMEDIO. MEDICIONES PERSONALES Y AMBIENTALES. INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA. SISTEMAS ACTIVOS DE TOMA DE MUESTRAS. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS. SISTEMAS PASIVOS DE TOMA DE MUESTRAS. TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS. REPRESENTATIVIDAD DE LAS MEDICIONES. ESTRATEGIAS DE MUESTREO. CONDICIONANTES DE LA TOMA DE MUESTRAS. CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA [Internet]. Insst.es. [citado el 24 de julio de 2023]. Disponible en:
<https://www.insst.es/documents/94886/4155697/Tema+4.+Medici%C3%B3n+de+los+contaminantes+qu%C3%ADmicos.pdf>
33. KGaA DSAG&. Manual de Tubos Dräger y microtubos, 21a Edición [Internet]. 2022 jul. Disponible en: <https://www.draeger.com/Products/Content/tubes-hb-9072723-es.pdf>
34. Combustibles T 1. L. Tecnología de los Combustibles [Internet]. Unican.es. [citado el 29 de julio de 2023]. Disponible en:
<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2429/course/section/2454/TC-1.pdf>
35. Contaminantes del aire 1910.1000 (S/f). Osha.gov. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000>
36. Ficha Técnica Bomba Acurro
<https://www.draeger.com/Content/Documents/Products/tube-pump-accuro-pi-9072770-es-es.pdf>

ANEXOS

ANEXO N°1 Materiales y equipo.³²

Materiales y Equipo

- Tubos colorimétricos de rango corto para monóxido de carbono dräger



- Tubos colorimétricos de rango corto para dióxido de azufre dräger.



- Tubos colorimétricos de rango corto para dióxido de nitrógeno dräger.



- Bomba manual acurro marca dräger.



ANEXO N°2 FICHA TÉCNICA BOMBA ACURRO.³⁶

Bomba manual Dräger accuro Bomba de tubo Dräger

Mediciones rápidas con una sola mano: la bomba manual de detección puntual de gases Dräger accuro puede utilizarse con los tubos colorimétricos para realizar mediciones en condiciones extremas. Los tubos Dräger son fáciles de usar, están calibrados y es la solución perfecta para utilizar con las bombas Dräger.



Ventajas

Mediciones puntuales móviles

Esta bomba manual se utiliza para las mediciones puntuales como la detección de picos de concentración, entradas a espacios confinados, en condiciones difíciles, etc.

Bomba funcional de fuelle

La bomba de medición Dräger accuro aspira 100 ml en cada embolada. Durante el proceso, el cuerpo de la bomba (fuelle) se comprime completamente. La válvula de escape se cierra durante la fase de apertura del fuelle por lo que la muestra de gas fluye a través del tubo conectado hasta la bomba. El proceso de medición finaliza cuando el cuerpo de la bomba se ha abierto totalmente. El final de cada embolada es visible a través de un indicador que se localiza en la parte superior de la bomba.

Muestreo

Durante el proceso de muestreo, las sustancias que deben evaluarse primero se acumulan en un material transportador adecuado, p. ej., carbón activo, gel de sílice y otros. El aire a evaluar se introduce en el material respectivo con un flujo y una duración preestablecidos. Después, las sustancias que se han acumulado en el material transportador mediante la absorción y la absorción química se examinan cualitativa y cuantitativamente en el laboratorio mediante análisis instrumentales como la cromatografía de gases.

Manejo con una sola mano

A menudo hay que realizar mediciones en condiciones extremas: subido a una escalera, dentro de pozos o en lugares donde se requiere una protección respiratoria adicional. La bomba de detección de gases Dräger accuro puede utilizarse fácilmente con solo una mano y permite realizar mediciones fiables en lugares de difícil acceso.

Especificaciones técnicas

Dimensiones (ancho x alto x fondo)	170 x 45 x 85 mm	
Volumen por embolada	100 ±5 cm ³	
Peso	250 g	
Condiciones ambientales	Temperatura: de -20 °C a +50 °C Humedad relativa: de 0 – 95 % sin condensación	
Certificados	Marcado CE según EN 0158	
	ATEX	I M1/ II 1G IIC T6 -20°C ≤ Ta ≤ +50° C/ II 1D BVS 04 ATEX H 068
	DIN	EN 1231

Información para pedidos

	Unidad de embalaje	Referencia
Bomba Dräger accuro	1	64 00 000
Set de detección de gas Dräger accuro	1 bomba Dräger accuro, estuche de transporte, abridor de tubos Dräger TO 7000 y kit con piezas de repuesto para Dräger accuro	64 00 260
Kit de piezas de repuesto para Dräger accuro	1	64 00 220
Sonda de extensión de 3 m	1 incluidos el adaptador de tubo y sonda	64 00 077
Abridor de tubos Dräger TO 7000	1	64 01 200
Adaptador para set de pruebas simultáneas Dräger	1 incluido sistema para corte	64 00 090
Accesorios adicionales por encargo		

ANEXO N°3. TUBOS DRÄGER. ³⁶

¿Qué es un tubo Dräger? Para describirlo de un modo sencillo, es un vial de vidrio que contiene una preparación química que reacciona con la sustancia medida cambiando de color. Para alcanzar su vida útil normal de 2 años, las puntas del tubo están fundidas en ambos extremos. De esta manera, el vial constituye un envase inerte para el sistema reactivo. La mayoría de los tubos Dräger están marcados con una escala y conviene destacar que la extensión de la decoloración indica la concentración de la sustancia medida.

La escala impresa permite la lectura directa de la concentración. De este modo, no es necesaria la calibración por parte del usuario. Por supuesto, la extensión de la decoloración no se corresponde con la concentración como medida directa, sino que es, estrictamente hablando, una medida de la reacción de la masa del contaminante del aire con el contenido del tubo Dräger.

Los tubos de corta duración (rango corto) están diseñados para realizar mediciones en un momento y una ubicación determinada, y en un intervalo de tiempo relativamente corto. Las mediciones con tubos de rango corto pueden durar desde 10 segundos a 15 minutos aproximadamente, dependiendo del tubo y la bomba Dräger utilizada. Algunas aplicaciones de los tubos de rango corto son la evaluación de las fluctuaciones de concentración en el lugar de trabajo, la medición de contaminantes en la zona de respiración de los trabajadores, la investigación de los espacios confinados (p. ej., silos de grano, depósitos químicos, alcantarillas) antes de la entrada, y la comprobación de fugas de gases en tuberías de proceso.

El sistema de medición de los tubos Dräger consta de un tubo Dräger y una bomba para tubos Dräger. Cada tubo Dräger contiene un sistema reactivo muy sensible que realiza lecturas precisas cuando las características técnicas de la bomba de detección de gases coinciden con precisión con la cinética de reacción del sistema reactivo en el tubo. Por lo tanto, una bomba de detección de gases debe proporcionar un volumen correcto y también un recorrido temporal de la muestra a través del tubo Dräger a la velocidad adecuada

(características de succión). Estos requisitos tienen sus referencias en las normas o los estándares nacionales e internacionales sobre tubos detectores, por las que se requiere o se recomienda que los tubos detectores se utilicen con una bomba de detección de gases apropiada del mismo fabricante.

Las bombas para tubos Dräger pueden utilizarse para realizar mediciones de rango corto y para la toma de muestras. Las mediciones de rango corto son aquellas que se realizan in situ, es decir, la evaluación de las fluctuaciones de las concentraciones, mediciones de emisiones, mediciones en situaciones difíciles, etc. En la toma de muestras, en primer lugar, se recogen todas las sustancias que se van a medir en un medio adecuado, por ejemplo, carbón activo, gel de sílice, etc. Primero se conduce el aire que se va a evaluar al medio correspondiente, normalmente con un flujo de volumen (=caudal) definido durante un intervalo de tiempo específico. A continuación, las sustancias recogidas en el medio por absorción o por Quimi absorción se analizan cualitativa y cuantitativamente en el laboratorio con métodos analíticos como la cromatografía de gases (GC), la cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC), la fotometría UV-VIS o la espectroscopia IR.

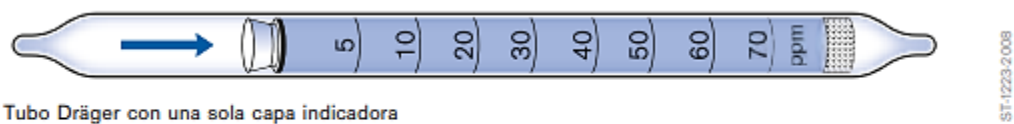
La bomba para tubos Dräger accuro es una bomba de fuelle. Puede accionarse fácilmente con una mano y extrae 100 mL por embolada. Durante el proceso de medición, el cuerpo de la bomba (los fuelles) se presiona completamente. Esto correspondería a una "embolada". Durante la embolada, el aire que contiene la cámara de la bomba sale hacia la válvula de escape. El proceso de succión se produce automáticamente una vez que se liberan los fuelles. La válvula de escape se cierra durante la fase de apertura de los fuelles, de manera que la muestra de gas fluye a través del tubo Dräger conectado hacia la bomba. Una vez que el cuerpo de la bomba vuelve a su posición original, el proceso de succión finaliza. El final de la embolada es visible mediante una indicación de fin de embolada que se controla por presión, situada en la cabeza de la bomba. Los fuelles de la bomba Dräger accuro incorporan un mecanismo interno de tijera que realiza una compresión

paralela de la bomba y el contador automático de emboladas que está integrado en la cabeza de la bomba registra el número de emboladas.

Fundamento químico ³²

La base de cualquier tubo Dräger de lectura directa es la reacción química de la sustancia medida con los productos químicos del preparado de llenado. Puesto que esta reacción conlleva una decoloración, los tubos Dräger también se conocen como sensores químicos colorimétricos. La conversión de sustancias en los tubos Dräger es proporcional a la masa del gas de reacción. Por lo general, es posible indicar esta conversión de sustancias a través de la longitud de la decoloración. Cuando una indicación que se basa en la longitud de la decoloración no resulta práctica, la alternativa es un tubo Dräger con una indicación que se base en la interpretación de la intensidad del color según unos estándares de referencia suministrados, o según un conjunto de estándares concretos.

Tubos de rango corto con una sola capa indicadora Toda la capa de llenado de estos tubos actúa como capa indicadora.



Tubo Dräger con una sola capa indicadora

Algunos ejemplos: Hidracina 0,25/a
Amoniaco 0,25/a

Figura N°34. Dräger de rango corto, de una sola capa

Cuando se lee la concentración en un tubo con escala, pueden encontrarse tres situaciones diferentes:

- La indicación de color termina en un ángulo recto respecto al eje longitudinal del tubo.

- La indicación de color es oblicua al eje longitudinal del tubo - El final de la indicación de color se torna muy difuso. Cuando la indicación de color forma un ángulo recto con el eje longitudinal del tubo, la concentración puede leerse directamente con la escala (ver el ejemplo 1).
- Si la indicación de color es oblicua (es decir, se extiende en diagonal hacia el eje longitudinal del tubo), se observa una decoloración a lo largo y a lo ancho. En este caso, el promedio de las dos lecturas es el que indica la concentración (ver el ejemplo 2).
- Si la indicación de color se torna progresivamente difusa, puede que resulte difícil evaluar el final de la decoloración. En este caso, el borde final de la decoloración debe interpretarse en el punto en que es perceptible una débil decoloración (ver el ejemplo 3).

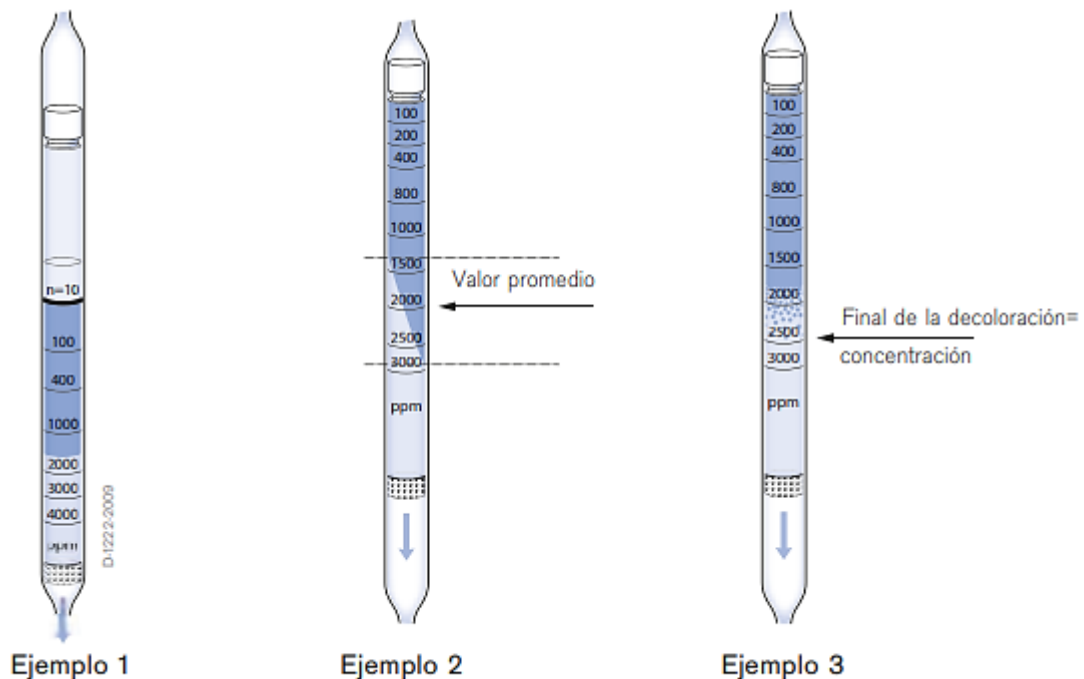


Figura N°35. Lectura de concentración

Información general de los tubos y su reacción química

- Tubo para detección de Monóxido de carbono 5/c

Rango de medición estándar: 5 a 150 ppm

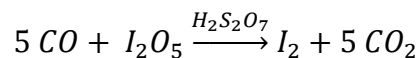
Numero de emboladas (n): 5

Tiempo de medición: Aproximadamente 150 s.

Desviación estándar: ± 10 a 15%

Cambio de color: Blanco a verde amarronado.

Se basa en la conversión del pentóxido de yodo en condiciones acidas en yodo, a través de la reacción con monóxido de carbono.



- Tubo para detección de Dióxido de nitrógeno:

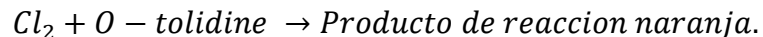
Rango de medida estándar: 0.5 a 25 ppm

Numero de emboladas(n): 5

Tiempo de medición: 40 s.

Desviación estándar: ± 10 a 15%

Cambio de color: Naranja



- Tubo para detección de Dióxido de azufre:

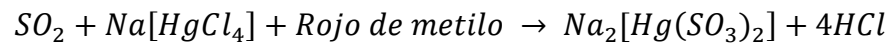
Rango de medición estándar: 0.1 a 3 ppm

Numero de emboladas(n): 100

Tiempo de medida: Aprox. 20 minutos.

Desviación estándar: ± 10 a 15%

Cambio de color: Amarillo a naranja



**ANEXO N°4 FICHA TÉCNICA DE TUBOS DRÄGER PARA MONÓXIDO DE
CARBONO ³²**

Monóxido de carbono 2/a

Referencia 67 33 051

Campo de aplicación

Rango de medición estándar:	2 a 60 ppm / 25 a 300 ppm
Número de emboladas (n):	10 / 2
Tiempo de medición:	aprox. 4 min / 50 s
Desviación estándar:	±10 a 15 %
Cambio de color:	blanco → verde/rosa amarronado

Condiciones ambientales de funcionamiento

Temperatura:	0 a 50 °C
Humedad absoluta:	2 a 20 mg H ₂ O/L

Principio de reacción



Sensibilidad cruzada

Las cantidades siguientes no influyen en la indicación de 10 ppm CO (respectivamente):

100 ppm de ácido sulfhídrico

50 ppm de dióxido de azufre

15 ppm de dióxido de nitrógeno

15 ppm de CO + 200 ppm de octano: indicación aprox. de 30 ppm

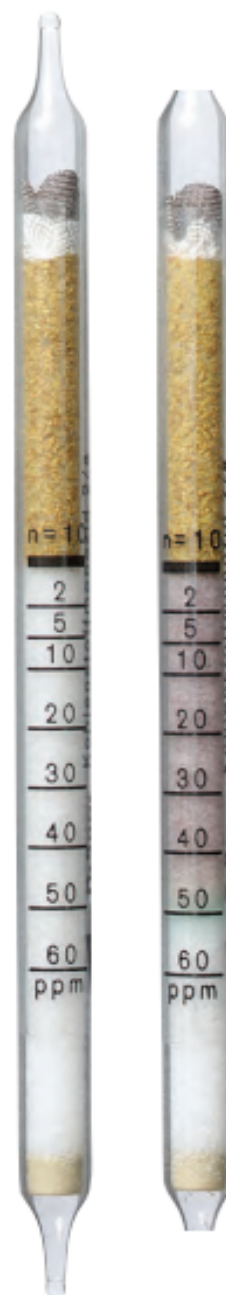
10 ppm de CO + 40 ppm de butadieno: indicación aprox. de 15 ppm

10 ppm de CO + 30 (100) ppm de benceno: indicación aprox. de 15 (20-30) ppm

10 ppm de CO + 40 ppm de cloroformo: indicación aprox. de 60 ppm

10 (60) ppm de acetileno: indicación aprox. de 5 (15) ppm

Mediante la aplicación de un tubo de carbón (CH 24101), todavía se pueden medir 10 ppm de CO en presencia de 10 000 ppm de n-octano.



**ANEXO N°5 FICHA TÉCNICA DE TUBOS DRÄGER PARA DIÓXIDO DE
NITRÓGENO ³²**

Dióxido de nitrógeno 2/c

Referencia 67 19 101

D

Campo de aplicación

Rango de medición estándar: 5 a 100 ppm / 2 a 50 ppm

Número de emboladas (n): 5 / 10

Tiempo de medición: aprox. 1 min / aprox. 2 min

Desviación estándar: ±10 a 15 %

Cambio de color: amarillo verde → azul gris

Condiciones ambientales de funcionamiento

Temperatura: 10 a 40 °C

Humedad absoluta: máx. 40 mg H₂O/L

Principio de reacción

NO₂ + difenilbencidina → producto de reacción azul-gris

Sensibilidad cruzada

En su VLA (TLV), el ozono o el cloro no interfieren en la lectura.

Se indican concentraciones más altas, pero con diferentes sensibilidades. No se indica el monóxido de nitrógeno.



**ANEXO N°6 FICHA TÉCNICA DE TUBOS DRÄGER PARA DIÓXIDO DE
AZUFRE ³²**

Dióxido de azufre 0,1/a

Referencia 67 27 101

D

Campo de aplicación

Rango de medición estándar:	0,1 a 3 ppm
Número de emboladas (n):	100
Tiempo de medición:	aprox. 20 min
Desviación estándar:	±10 a 15 %
Cambio de color:	amarillo → naranja

Condiciones ambientales de funcionamiento

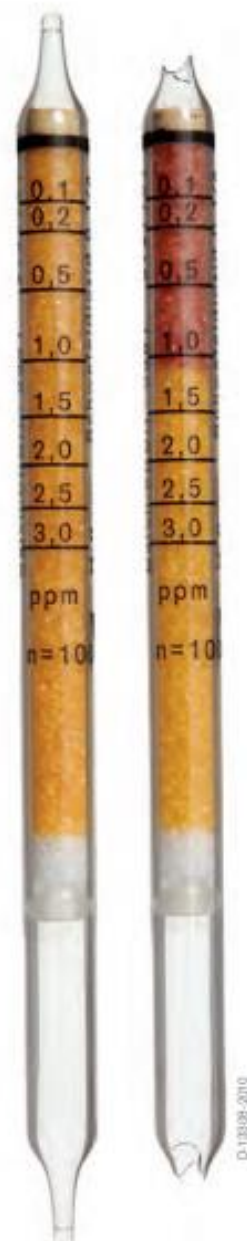
Temperatura:	10 a 30 °C
Humedad absoluta:	3 a 15 mg H ₂ O / L

Principio de reacción



Sensibilidad cruzada

Es imposible medir el dióxido de azufre en presencia de otros gases ácidos.



ANEXO N°7 FOTOGRAFÍAS DE TOMA DE MUESTRAS



Figura N°36. Toma de muestras con bomba acurro y tubos dräger.



Fuente: elaboración propia.



Figura N°37. Lectura de tubos dräger.

Fuente: elaboración propia.

ANEXO N°8 INFORMES DE RESULTADOS CC1.SOTM

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION	
Determinación semi-cuantitativa de concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador.		

Objetivo

Determinar las concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador mediante un método semi-cuantitativo.

Resumen

En la presente investigación se pretende cuantificar la inmisión de gases de combustión que generan daño al medio ambiente y a la salud de los seres vivos. El estudio será realizado en los estacionamientos subterráneos de los centros comerciales del área metropolitana de San Salvador, El Salvador. Se efectuará la determinación de gases de combustión como Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y dióxido de Azufre, emitido por vehículos mediante el uso de tubos colorimétricos Dräger de rango corto, junto con una bomba manual dräger accuro, que nos permitirá obtener valores semicuantitativos, para cada gas a estudiar. Los resultados que se obtengan de las mediciones de los contaminantes a estudiar, serán comparados con límites establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), esto debido a que nuestro país aún no cuenta con una norma que regule la concentración de inmisión de los gases contaminantes en espacios confinados como los estacionamientos vehiculares. También se evaluará si la calidad del aire de los estacionamientos subterráneos es la óptima para los trabajadores del establecimiento.

Monóxido de Carbono: Una vez inhalado el Monóxido de Carbono pasa al torrente sanguíneo y se une a la hemoglobina de forma competitiva y reversible, formando la carboxihemoglobina, esta dificulta el transporte del oxígeno por la sangre. Efectos clínicos de intoxicación por monóxido de carbono, los síntomas más comunes de la intoxicación por monóxido de carbono son dolor de cabeza, mareo, debilidad, náusea, vómitos, dolor de pecho y confusión.

Dióxido de Azufre: Es un gas incoloro no inflamable formado por la combustión de materiales que contienen azufre, este puede formar ácido sulfuroso al entrar en contacto con la humedad de las mucosas, siendo a nivel respiratorio la mayoría de los efectos. La exposición aguda causa ardor de los ojos, nariz y faringe; lagrimeo; y tos como también asma, bronquitis crónica, Sulfohemoglobinemia es una rara condición por la cual existe un exceso de sulfohemoglobina en la sangre.

Dióxido de Nitrógeno: Puede irritar los pulmones y disminuir su capacidad funcional. La irritación que provoca este contaminante se relaciona con una importante inflamación de las vías respiratorias y una mayor mucosidad, lo que supone un aumento de la reactividad bronquial favoreciendo la aparición de infecciones respiratorias, como bronquitis, especialmente en mayores e inmunodeprimidos, así como bronquiolitis en niños. Incrementando la sensibilidad pulmonar a la broncoconstricción, agudizando los síntomas de pacientes con enfermedades crónicas respiratorias, asmáticos y alérgicos

Responsables		
Nombre	Cargo	Firma
Br. Griselda Mabel Bonilla Mariona	Analista	
Br. Gloria Camila González Fuentes	Analista	
Autorizado por:		
Lic. Sandra Guadalupe Peraza MSc. en Salud Ocupacional	Asesor	

INFORME DE RESULTADOS CC1.SOTM

1. Tabla de datos obtenidos

CENTRO COMERCIAL 1 SÓTANO MÚLTIPLE (CC1.SOTM)									
		SOT1							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES		N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	1	1.25	0.16	0	5	1.25	0.08	0
	P2	2	1.25	0.16	0	6	1.25	0.16	0
PM	P1	3	3.75	0.16	0	7	5	0.16	0
	P2	4	5	0.16	0	8	5	0.08	0
		SOT2							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES		N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	9	1.25	0	0	13	1.25	0.08	0
	P2	10	3.5	0.08	0	14	1.25	0.08	0
PM	P1	11	5	0.16	0	15	3.75	0.08	0
	P2	12	5	0.16	0	16	3.75	0.08	0

2. Parámetros de aceptación

DIRECTRICES	LIMITES		
	Monóxido de Carbono	Dióxido de Nitrógeno	Dióxido de azufre
OSHA	50 ppm	5 ppm	5 ppm
NIOSH	35 ppm	1 ppm	2 ppm
ACGIH	25 ppm	0.2 ppm	0.25 ppm

3. Interpretación de resultados

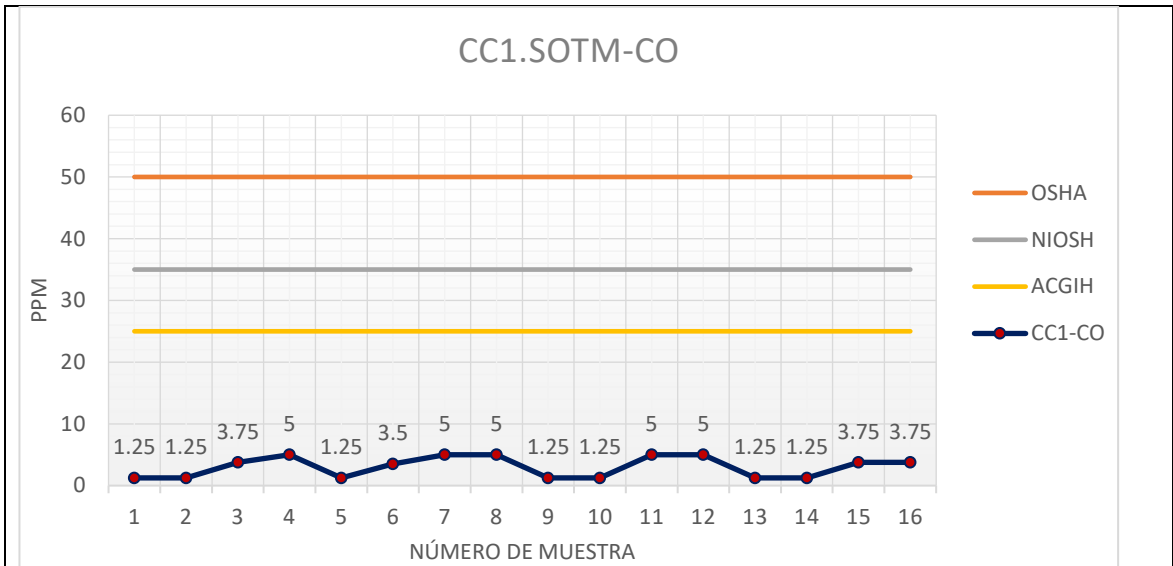


Ilustración 1. Datos obtenidos de determinación de monóxido de carbono vs límites de exposición

Monóxido de carbono: 1 para monóxido de carbono que en total fueron 16 muestras, ninguna de ella sobrepasa los límites establecidos por las directrices internacionales antes mencionadas, se encuentran considerablemente muy por debajo del límite inferior más pequeño que es de 25 ppm establecido por la ACGIH.

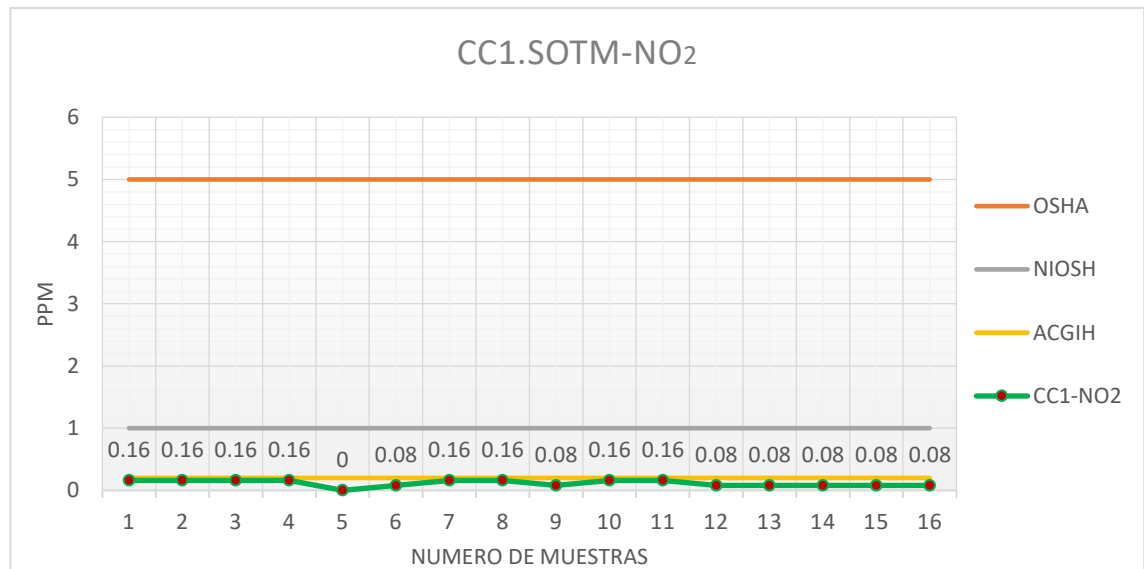


Ilustración 2. Datos obtenidos de determinación de dióxido de nitrógeno vs límites de exposición

Dióxido de nitrógeno: En las concentraciones de dióxido de nitrógeno obtenidas podemos observar que ninguno de los 16 muestreos se encuentra fuera de los límites establecidos, pero 8 de los 16 muestreos obtenemos concentraciones cerca del límite establecido por ACGIH que es de 0.2 ppm, siendo estos resultados de 0.16 ppm.

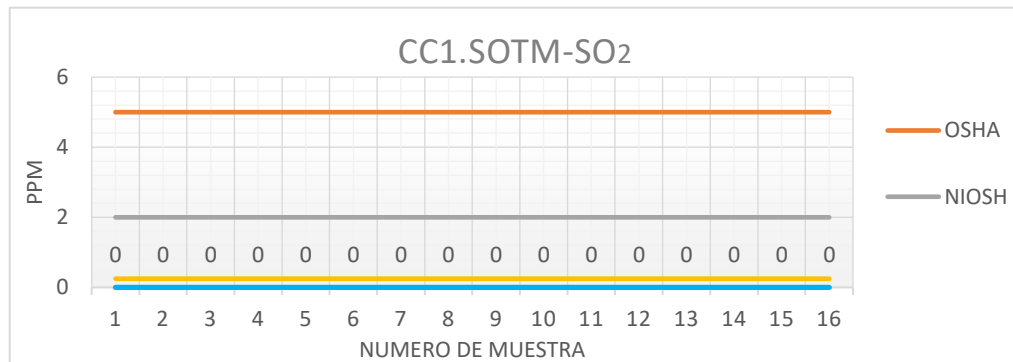


Ilustración 3. Datos obtenidos de determinación de dióxido de azufre vs límites de exposición

Dióxido de azufre: Las concentraciones obtenidas de los 16 muestreos son considerablemente despreciables, debido a las bajas concentraciones, ya que el contenido reactivo del tubo colorimétrico no reacciona con el analito de interés.

4. Conclusión

Se concluye que el estacionamiento subterráneo de este establecimiento no significa un riesgo para los trabajadores, tampoco para los visitantes, debido a que a pesar de que la instalación no cuenta con ventilación ni extracción mecánica de aire, no sobre pasan las concentraciones seguras de gases de combustión monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, significando que el mecanismo de circulación natural del aire es lo suficientemente capaz de evitar la concentración de estos, cumpliendo con los parámetros establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH y ACGIH.

5. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa realizar al menos anualmente el examen en análisis de monóxido de carbono en sangre, para monitorear carboxihemoglobina en sangre en los trabajadores que permanecen en la instalación.

Monitorear las concentraciones de gases en combustión periódicamente para verificar que el mecanismo de ventilación con el que cuenta el establecimiento siga siendo lo suficientemente eficaz para evitar la acumulación de gases en la estación, para evitar enfermedades a largo plazo en los trabajadores, como también intoxicación.

ANEXO N°9 INFORME DE RESULTADOS CC2.SOTM



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN



Determinación semi-cuantitativa de concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador.

Objetivo

Determinar las concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador mediante un método semi-cuantitativo.

Resumen

En la presente investigación se pretende cuantificar la inmisión de gases de combustión que generan daño al medio ambiente y a la salud de los seres vivos. El estudio será realizado en los estacionamientos subterráneos de los centros comerciales del área metropolitana de San Salvador, El Salvador. Se efectuará la determinación de gases de combustión como Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y dióxido de Azufre, emitido por vehículos mediante el uso de tubos colorimétricos Dräger de rango corto, junto con una bomba manual dräger accuro, que nos permitirá obtener valores semicuantitativos, para cada gas a estudiar. Los resultados que se obtengan de las mediciones de los contaminantes a estudiar, serán comparados con límites establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), esto debido a que nuestro país aún no cuenta con una norma que regule la concentración de inmisión de los gases contaminantes en espacios confinados como los estacionamientos vehiculares. También se evaluará si la calidad del aire de los estacionamientos subterráneos es la óptima para los trabajadores del establecimiento.

Monóxido de Carbono: Una vez inhalado el Monóxido de Carbono pasa al torrente sanguíneo y se une a la hemoglobina de forma competitiva y reversible, formando la carboxihemoglobina, esta dificulta el transporte del oxígeno por la sangre. Efectos clínicos de intoxicación por monóxido de carbono, los síntomas más comunes de la intoxicación por monóxido de carbono son dolor de cabeza, mareo, debilidad, náusea, vómitos, dolor de pecho y confusión.

Dióxido de Azufre: Es un gas incoloro no inflamable formado por la combustión de materiales que contienen azufre, este puede formar ácido sulfuroso al entrar en contacto con la humedad de las mucosas, siendo a nivel respiratorio la mayoría de los efectos. La exposición aguda causa ardor de los ojos, nariz y faringe; lagrimeo; y tos como también asma, bronquitis crónica, Sulfohemoglobinemia es una rara condición por la cual existe un exceso de sulfohemoglobina en la sangre.

Dióxido de Nitrógeno: Puede irritar los pulmones y disminuir su capacidad funcional. La irritación que provoca este contaminante se relaciona con una importante inflamación de las vías respiratorias y una mayor mucosidad, lo que supone un aumento de la reactividad bronquial favoreciendo la aparición de infecciones respiratorias, como bronquitis, especialmente en mayores e inmunodeprimidos, así como bronquiolitis en niños. Incrementando la sensibilidad pulmonar a la broncoconstricción, agudizando los síntomas de pacientes con enfermedades crónicas respiratorias, asmáticos y alérgicos

Responsables		
Nombre	Cargo	Firma
Br. Griselda Mabel Bonilla Mariona	Analista	
Br. Gloria Camila González Fuentes	Analista	
Autorizado por:		
Lic. Sandra Guadalupe Peraza MSc. en Salud Ocupacional	Asesor	

INFORME DE RESULTADOS CC2.SOTM									
1. Tabla de datos obtenidos									
CENTRO COMERCIAL 2 SOTANO MULTIPLE CC2.SOTM									
SOT1									
SÁBADO									
DOMINGO									
GASES		N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	1	5	0.16	0.1	5	2.5	0	0
	P2	2	5	0.16	0.1	6	2.5	0	0
PM	P1	3	2.5	0.24	0.1	7	2.5	0.16	0.1
	P2	4	2.5	0.24	0.1	8	5	0.16	0.1
SOT2									
SÁBADO									
DOMINGO									
GASES		N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	9	1.25	0	0	13	0	0	0
	P2	10	0	0.08	0	14	1.25	0	0
PM	P1	11	10	0.08	0.1	15	5	0.16	0
	P2	12	5	0.08	0.1	16	10	0.16	0
SOT3									
SÁBADO									
DOMINGO									
GASES		N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	17	5	0	0	21	0	0	0
	P2	18	5	0	0.025	22	0	0	0
PM	P1	19	1.25	0.16	0.025	23	3.75	0.24	0.05
	P2	20	3.75	0.16	0.05	24	3.75	0.24	0.1

2. Parámetros de aceptación

DIRECTRICES	LIMITES		
	Monóxido de Carbono	Dióxido de Nitrógeno	Dióxido de azufre
OSHA	50 ppm	5 ppm	5 ppm
NIOSH	35 ppm	1 ppm	2 ppm
ACGIH	25 ppm	0.2 ppm	0.25 ppm

3. Interpretación de resultados

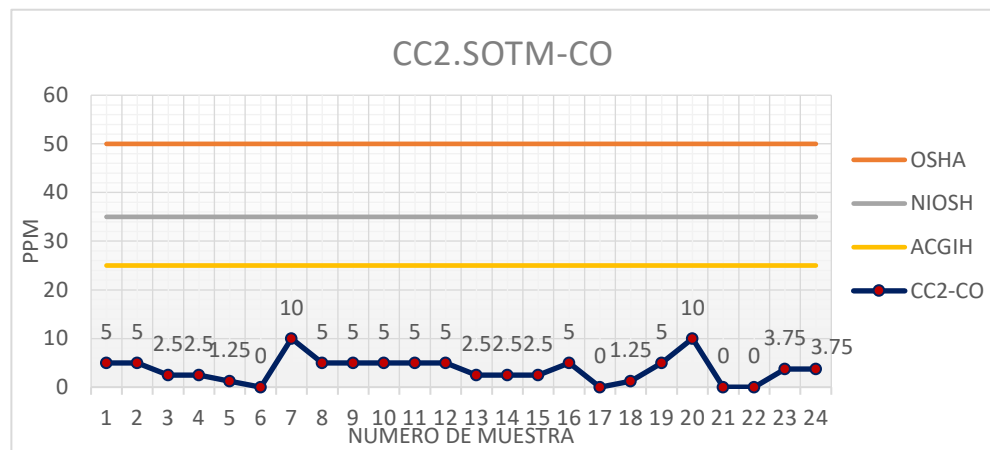


Ilustración 4. Datos obtenidos de determinación de monóxido de carbono vs límites de exposición

Monóxido de carbono: Podemos observar que los resultados obtenidos para el centro comercial 2 de concentración de monóxido de carbono que en total fueron 24 muestras, ninguna de ella sobrepasa los límites establecidos por las directrices internacionales antes mencionadas presentando resultados con picos de 10 ppm para las muestras número 7 y 20, sin embargo, se mantienen dentro de los límites establecidos para OSHA, NIOSH Y ACGIH.

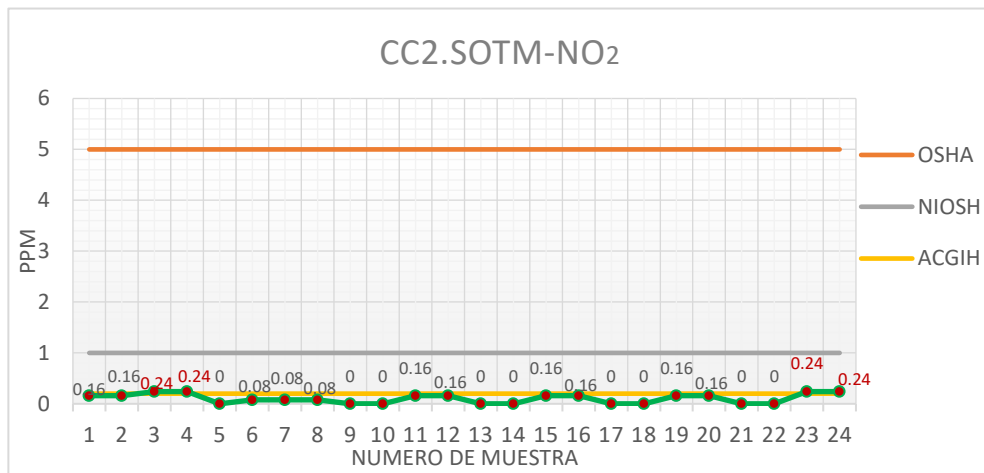


Ilustración 5. Datos obtenidos de determinación de dióxido de nitrógeno vs límites de exposición

Dióxido de nitrógeno: Se observa como 4 de 24 muestreos, respectan a muestras número 3,4, 23 y 24, superan por poco el límite seguro de exposición establecido por la ACGIH que es de 0.2 ppm, siendo los resultados de 0.24 ppm, la exposición prolongada a concentraciones superiores a 0.2ppm pueden provocar irritación de mucosa, ojos, nariz y garganta, también la exposición a largo plazo podría originar el desarrollo de enfermedades crónicas como bronquitis, asma, neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedades cardiovasculares, entre otras. Cabe resaltar que estos puntos fuera del límite se tomaron en el turno vespertino, en este se notó que el establecimiento se encontraba cerca de su máxima capacidad.

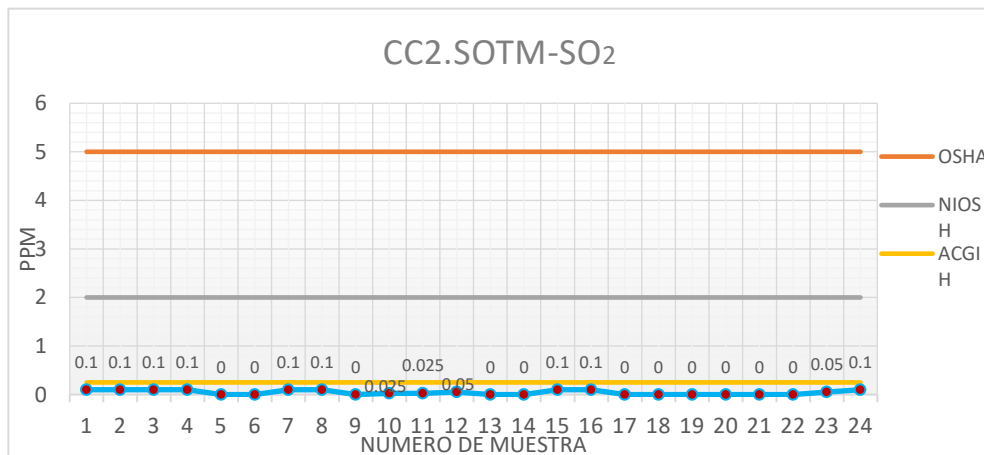


Ilustración 6. Datos obtenidos de determinación de dióxido de azufre vs límites de exposición

Dióxido de azufre: Los resultados para SO₂ en este centro comercial se encuentran dentro de los límites establecidos para OSHA, NIOSH Y ACGIH, incluso cuando este se encuentra cerca de su máxima capacidad, los niveles de este gas son muy bajos.

4. Conclusión



este establecimiento se observó que cuenta tanto con ventilación natural y extracción mecánica en su estructura, las instalaciones de este estacionamiento subterráneo tienen la capacidad de contener un aproximado de 900 automóviles, en los resultados obtenidos correspondientes a la medición de monóxido de carbono presente en el aire circundante son menores al límite establecido por OSHA, NIOSH y ACGIH (ver tabla 6), los muestreos respectivos a la medición de dióxido de nitrógeno presente en el aire se obtuvieron 4 de 24 muestreos en los que supera por poco el límite seguro establecido por ACGIH, pero por lo contrario, los 24 muestreos no alcanzan el límite de NIOSH y OSHA, es decir para ambas directrices antes mencionadas la calidad del aire cumple con respecto a la presencia de dióxido de nitrógeno en el aire, lo que respecta a dióxido de azufre, nuevamente este analito fue apenas detectable en el aire a muestrear, concluyendo que el centro comercial N°2 es capaz de mantener la calidad de aire segura para espacios interiores tanto para NIOSH y OSHA.

5. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa realizar al menos anualmente el examen en análisis de monóxido de carbono en sangre, para monitorear carboxihemoglobina en sangre en los trabajadores que permanecen en la instalación.

Monitorear las concentraciones de gases en combustión periódicamente para verificar que el mecanismo de ventilación con el que cuenta el establecimiento siga siendo lo suficientemente eficaz para evitar la acumulación de gases en la estación, para evitar enfermedades a largo plazo en los trabajadores, como también intoxicación.

ANEXO N°10 INFORME DE RESULTADOS CC3.ESTM

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
Determinación semi-cuantitativa de concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador.		
Objetivo		
<p>Determinar las concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador mediante un método semi-cuantitativo.</p>		
Resumen		
<p>En la presente investigación se pretende cuantificar la inmisión de gases de combustión que generan daño al medio ambiente y a la salud de los seres vivos. El estudio será realizado en los estacionamientos subterráneos de los centros comerciales del área metropolitana de San Salvador, El Salvador. Se efectuará la determinación de gases de combustión como Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y dióxido de Azufre, emitido por vehículos mediante el uso de tubos colorimétricos Dräger de rango corto, junto con una bomba manual dräger accuro, que nos permitirá obtener valores semicuantitativos, para cada gas a estudiar. Los resultados que se obtengan de las mediciones de los contaminantes a estudiar, serán comparados con límites establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), esto debido a que nuestro país aún no cuenta con una norma que regule la concentración de inmisión de los gases contaminantes en espacios confinados como los estacionamientos vehiculares. También se evaluará si la calidad del aire de los estacionamientos subterráneos es la óptima para los trabajadores del establecimiento.</p> <p>Monóxido de Carbono: Una vez inhalado el Monóxido de Carbono pasa al torrente sanguíneo y se une a la hemoglobina de forma competitiva y reversible, formando la carboxihemoglobina, esta dificulta el transporte del oxígeno por la sangre. Efectos clínicos de intoxicación por monóxido de carbono, los síntomas más comunes de la intoxicación por monóxido de carbono son dolor de cabeza, mareo, debilidad, náusea, vómitos, dolor de pecho y confusión.</p> <p>Dióxido de Azufre: Es un gas incoloro no inflamable formado por la combustión de materiales que contienen azufre, este puede formar ácido sulfuroso al entrar en contacto con la humedad de las mucosas, siendo a nivel respiratorio la mayoría de los efectos. La exposición aguda causa ardor de los ojos, nariz y faringe; lagrimeo; y tos como también asma, bronquitis crónica, Sulfohemoglobinemia es una rara condición por la cual existe un exceso de sulfohemoglobina en la sangre.</p> <p>Dióxido de Nitrógeno: Puede irritar los pulmones y disminuir su capacidad funcional. La irritación que provoca este contaminante se relaciona con una importante inflamación de las vías respiratorias y una mayor mucosidad, lo que supone un aumento de la reactividad bronquial favoreciendo la aparición de infecciones respiratorias, como bronquitis, especialmente en mayores e inmunodeprimidos, así como bronquiolitis en niños. Incrementando la sensibilidad pulmonar a la broncoconstricción, agudizando los síntomas de pacientes con enfermedades crónicas respiratorias, asmáticos y alérgicos</p>		
Responsables		
Nombre	Cargo	Firma
Br. Griselda Mabel Bonilla Mariona	Analista	
Br. Gloria Camila González Fuentes	Analista	
Autorizado por:		
Lic. Sandra Guadalupe Peraza MSc. en Salud Ocupacional	Asesor	

INFORME DE RESULTADOS CC3.ESTM

1. Tabla de datos obtenidos

CENTRO COMERCIAL 3, ESTACIONAMIENTO MÚLTIPLE (CC3.ESTM)

		EST1.1							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES		N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	1	5	0.5	0	5	5	0	0
	P2	2	5	0.16	0	6	2.5	0	0
PM	P1	3	5	0	0	7	2.5	0.4	0
	P2	4	5	0	0	8	1.25	0.4	0
		EST1.2							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES		N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	9	10	0.24	0	12	5	0.16	0
	P2	10	10	0.24	0.1	13	5	0	0
PM	P1	11	5	0.16	0.1	14	5	0	0.1
	P2	12	5	0	0	15	0	0	0.1
		EST2							
		SÁBADO				DOMINGO			
GASES		N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	16	0	0.24	0	20	0	0	0
	P2	17	0	0.24	0	21	1.25	0.24	0.1
PM	P1	18	0	0	0.025	22	2.5	0.24	0
	P2	19	0	0	0	24	1.25	0.24	0.1
		EST3							
		AM				PM			
GASES		N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de Muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	25	0	0	0	29	0	0	0
	P2	26	1	0	0	30	0	0.08	0
PM	P1	27	1	0.08	0	31	1	0.08	0
	P2	28	1	0.08	0	32	0	0	0

2. Parámetros de aceptación

DIRECTRICES	LIMITES		
	Monóxido de Carbono	Dióxido de Nitrógeno	Dióxido de azufre
OSHA	50 ppm	5 ppm	5 ppm
NIOSH	35 ppm	1 ppm	2 ppm
ACGIH	25 ppm	0.2 ppm	0.25 ppm

3. Interpretación de resultados

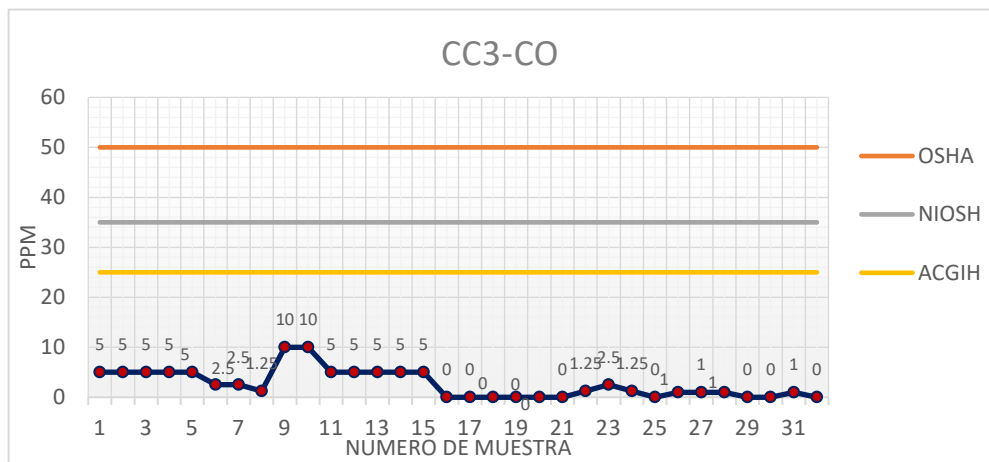


Ilustración 7. Datos obtenidos de determinación de monóxido de carbono vs límites de exposición

Monóxido de carbono: Se observa en el gráfico que el valor máximo que se obtuvo de la concentración de monóxido de carbono en los muestreos es de 10 ppm en muestras 9 y 10, estas corresponden al EST1.2 (ver tabla) día sábado por la mañana, periodo en el cual se observó el estacionamiento en su máxima capacidad, tomando en cuenta que esta zona no tiene ventilación natural, ni mecánica, aun así podemos concluir que no alcanza el límite de exposición, las concentraciones siguen siendo seguras tanto para el personal que trabaja en el establecimiento como para los visitantes.

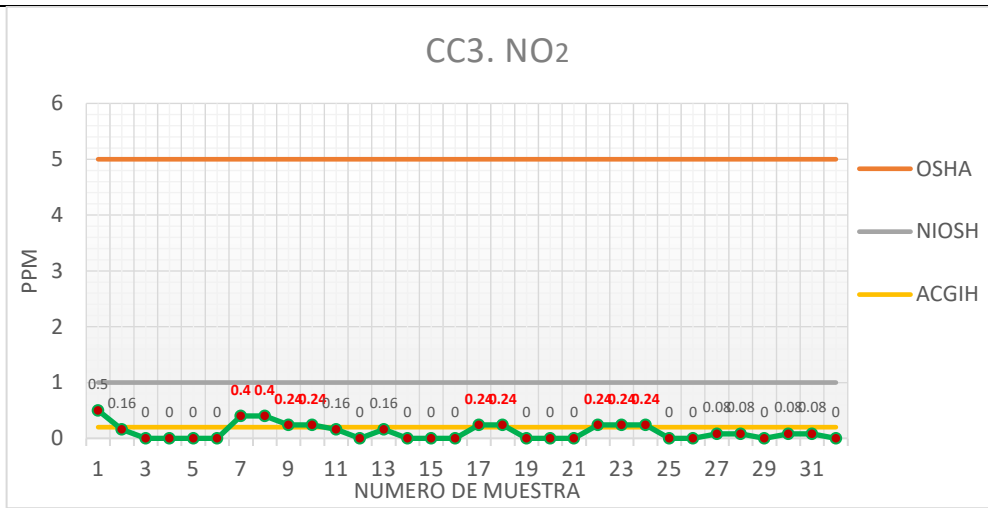


Ilustración 8. Datos obtenidos de determinación de dióxido de nitrógeno vs límites de exposición

Dióxido de nitrógeno: Se puede apreciar que las muestras 7 y 8, duplican el valor límite para ACGIH que es de 0.2 ppm, siendo el resultado del muestreo 0.4 ppm, estos corresponden al estacionamiento 1 primer nivel, donde se observó mínimas fuentes de ventilación y extracción de aire, por lo contrario estos muestreos siguen cumpliendo con la calidad del aire para NIOSH y OSHA que tienen valores límite más altos, para los muestreos 17, 18, 22, 23 y 24, podemos observar que salen de la especificación de ACGIH, pero cumplen las especificaciones de OSHA y NIOSH. lo que puede provocar irritación de mucosa, ojos, nariz y garganta, también la exposición a largo plazo podría originar el desarrollo de enfermedades crónicas como bronquitis, asma, neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedades cardiovasculares, entre otra

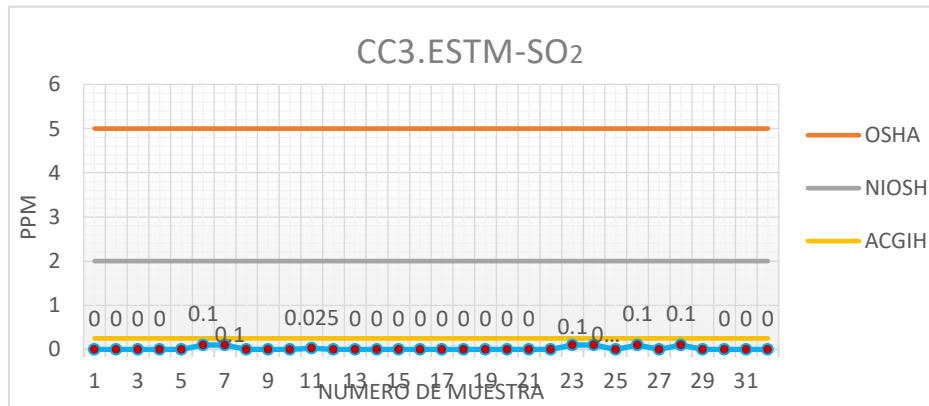


Ilustración 9. Datos obtenidos de determinación de dióxido de azufre vs límites de exposición

Dióxido de azufre: Los datos obtenidos con respecto a los 32 muestreos totales de dióxido de azufre en el centro comercial 3 son considerablemente despreciables, siendo la mayoría de ellos indetectable para el tubo colorimétrico en el cual no presento reacción su contenido.

4. Conclusión

Este centro comercial cuenta con tres estructuras subterráneas, pero distribuidas de manera diferente, para el estacionamiento subterráneo 1, este se divide en 2 pisos, en el cual el EST1.1 donde cuenta únicamente con ventilación natural proporcionada por los espacios de acceso vehicular, donde los resultados obtenidos en este lo que respecta a la concentración de monóxido de carbono, cumplen con la calidad de aire, encontrándose debajo de los límites establecidos por las directrices internacionales, a diferencia de los muestreos que respectan a dióxido de nitrógeno donde 3 de 8 muestreos superan el límite establecido por ACGIH el cual cuenta con límites más estrictos con respecto a la concentración de gases en el aire interior, con respecto a las concentraciones de dióxido de azufre observamos nuevamente que este no fue detectable. EST1.2 no cuenta con ningún tipo de ventilación, monóxido de carbono y dióxido de azufre cumplen con mantener valores dentro de los límites seguros, a diferencia de la concentración de dióxido de nitrógeno el cual supera nuevamente el límite de ACGIH en 2 de 8 muestras. EST2 posee tanto extracción mecánica como ventilación natural, en este estacionamiento únicamente dióxido de nitrógeno se excede en el valor límite establecido por ACGIH, cumpliendo con la calidad de aire tanto monóxido de carbono y dióxido de azufre para las tres directrices OSHA, NIOSH y ACGIH, dióxido de nitrógeno cumple la calidad de aire interior únicamente para OSHA y NIOSH que cuentan con parámetros más amplios. EST3 posee 2 amplios accesos de ventilación natural, cabe mencionar que este no cuenta con gran capacidad de almacenamiento de vehículos, esta instalación cumple con la calidad de aire interior para las tres directrices internacionales antes mencionadas.



5. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa realizar al menos anualmente el examen en análisis de monóxido de carbono en sangre, para monitorear carboxihemoglobina en sangre en los trabajadores que permanecen en la instalación.

Monitorear las concentraciones de gases en combustión periódicamente para verificar que el mecanismo de ventilación con el que cuenta el establecimiento siga siendo lo suficientemente eficaz para evitar la acumulación de gases en la estación, para evitar enfermedades a largo plazo en los trabajadores, como también intoxicación.

.

ANEXO N°11 INFORME DE RESULTADOS CC4.ESTU

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
Determinación semi-cuantitativa de concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador.		
Objetivo		
<p>Determinar las concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador mediante un método semi-cuantitativo.</p>		
Resumen		
<p>En la presente investigación se pretende cuantificar la inmisión de gases de combustión que generan daño al medio ambiente y a la salud de los seres vivos. El estudio será realizado en los estacionamientos subterráneos de los centros comerciales del área metropolitana de San Salvador, El Salvador. Se efectuará la determinación de gases de combustión como Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y dióxido de Azufre, emitido por vehículos mediante el uso de tubos colorimétricos Dräger de rango corto, junto con una bomba manual dräger accuro, que nos permitirá obtener valores semicuantitativos, para cada gas a estudiar. Los resultados que se obtengan de las mediciones de los contaminantes a estudiar, serán comparados con límites establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), esto debido a que nuestro país aún no cuenta con una norma que regule la concentración de inmisión de los gases contaminantes en espacios confinados como los estacionamientos vehiculares. También se evaluará si la calidad del aire de los estacionamientos subterráneos es la óptima para los trabajadores del establecimiento.</p> <p>Monóxido de Carbono: Una vez inhalado el Monóxido de Carbono pasa al torrente sanguíneo y se une a la hemoglobina de forma competitiva y reversible, formando la carboxihemoglobina, esta dificulta el transporte del oxígeno por la sangre. Efectos clínicos de intoxicación por monóxido de carbono, los síntomas más comunes de la intoxicación por monóxido de carbono son dolor de cabeza, mareo, debilidad, náusea, vómitos, dolor de pecho y confusión.</p> <p>Dióxido de Azufre: Es un gas incoloro no inflamable formado por la combustión de materiales que contienen azufre, este puede formar ácido sulfuroso al entrar en contacto con la humedad de las mucosas, siendo a nivel respiratorio la mayoría de los efectos. La exposición aguda causa ardor de los ojos, nariz y faringe; lagrimeo; y tos como también asma, bronquitis crónica, Sulfohemoglobinemia es una rara condición por la cual existe un exceso de sulfohemoglobina en la sangre.</p> <p>Dióxido de Nitrógeno: Puede irritar los pulmones y disminuir su capacidad funcional. La irritación que provoca este contaminante se relaciona con una importante inflamación de las vías respiratorias y una mayor mucosidad, lo que supone un aumento de la reactividad bronquial favoreciendo la aparición de infecciones respiratorias, como bronquitis, especialmente en mayores e inmunodeprimidos, así como bronquiolitis en niños. Incrementando la sensibilidad pulmonar a la broncoconstricción, agudizando los síntomas de pacientes con enfermedades crónicas respiratorias, asmáticos y alérgicos</p>		

Responsables		
Nombre	Cargo	Firma
Br. Griselda Mabel Bonilla Mariona	Analista	
Br. Gloria Camila González Fuentes	Analista	
Autorizado por:		
Lic. Sandra Guadalupe Peraza MSc. en Salud Ocupacional	Asesor	

INFORME DE RESULTADOS CC4.ESTU							
1. Tabla de datos obtenidos							
Centro comercial 4 estacionamiento único (CC4.ESTU)							
GASES		EST					
		SÁBADO			DOMINGO		
		CO	NO ₂	SO ₂	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	5	0.16	0.1	2.5	0	0
	P2	5	0.16	0.1	0	0	0.1
PM	P1	5	0	0	5	0	0.1
	P2	0	0	0	5	0	0.1
2. Parámetros de aceptación							
DIRECTRICES	LIMITES						
	Monóxido de Carbono	Dióxido de Nitrógeno	Dióxido de azufre				
OSHA	50 ppm	5 ppm	5 ppm				
NIOSH	35 ppm	1 ppm	2 ppm				
ACGIH	25 ppm	0.2 ppm	0.25 ppm				
3. Interpretación de resultados							
<p><i>Ilustración 10. Datos obtenidos de determinación de monóxido de carbono vs límites de exposición</i></p>							

Monóxido de carbono: Considerando que la estructura del estacionamiento no cuenta con ventilación mecánica, únicamente este cuenta con acceso de aire natural que se encuentran en la parte superior de este y el acceso vehicular que es considerablemente amplio, y que este no tiene gran capacidad vehicular se observa que los valores de monóxido de carbono detectados en el aire circundante son bajos.

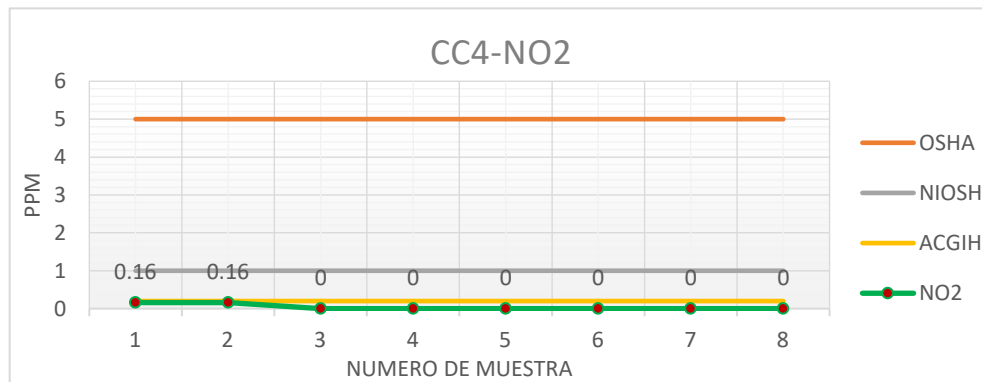


Ilustración 11. Datos obtenidos de determinación de dióxido de nitrógeno vs límites de exposición

Dióxido de nitrógeno: Muestreo 1 y 2, con resultados de 0.16 ppm son los valores máximos que se obtuvieron en un total de 8 muestreos, estos muestreos corresponden al turno de la mañana en día sábado, en el que notablemente hubo mayor afluencia vehicular a comparación de los turnos siguientes, a pesar de ello, ninguno de estos resultados supera el valor limite seguro de la concentración de este gas.

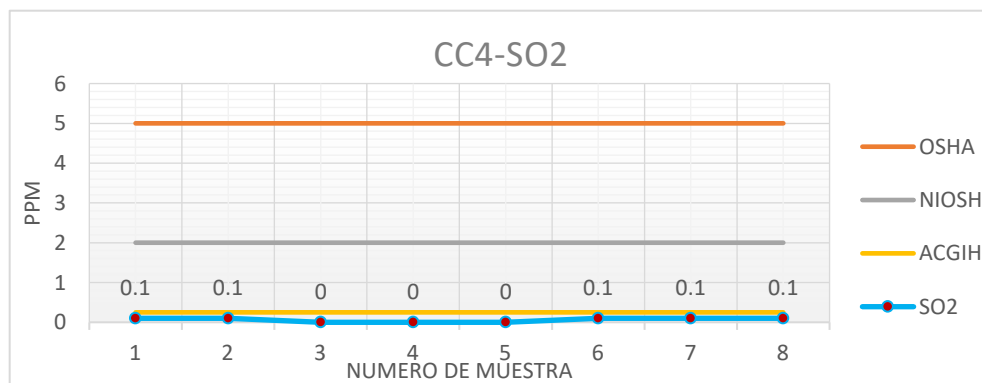


Ilustración 12. Datos obtenidos de determinación de dióxido de azufre vs límites de exposición

Dióxido de azufre: Las concentraciones obtenidas de los muestreos son considerablemente despreciables, debido a las bajas concentraciones, ya que el contenido reactivo del tubo colorimétrico no reacciono con el analito de interés.

4. Conclusión



Se concluye que el estacionamiento subterráneo de este establecimiento no significa un riesgo para los trabajadores, tampoco para los visitantes, debido a que a pesar de que la instalación no cuenta con ventilación ni extracción mecánica de aire, no sobre pasan las concentraciones seguras de gases de combustión monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, significando que el mecanismo de circulación natural del aire es lo suficientemente capaz de evitar la concentración de estos, cumpliendo con los parámetros establecidos por las directrices internacionales OSHA, NIOSH y ACGIH.

5. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa realizar al menos anualmente el examen en análisis de monóxido de carbono en sangre, para monitorear carboxihemoglobina en sangre en los trabajadores que permanecen en la instalación.

Monitorear las concentraciones de gases en combustión periódicamente para verificar que el mecanismo de ventilación con el que cuenta el establecimiento siga siendo lo suficientemente eficaz para evitar la acumulación de gases en la estación, para evitar enfermedades a largo plazo en los trabajadores, como también intoxicación.

ANEXO N°12 INFORME DE RESULTADOS CC5.ESTU

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
Determinación semi-cuantitativa de concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador.		

Objetivo

Determinar las concentraciones de gases de combustión en estacionamientos subterráneos de centros comerciales del área metropolitana de San Salvador mediante un método semi-cuantitativo.

Resumen

En la presente investigación se pretende cuantificar la inmisión de gases de combustión que generan daño al medio ambiente y a la salud de los seres vivos. El estudio será realizado en los estacionamientos subterráneos de los centros comerciales del área metropolitana de San Salvador, El Salvador. Se efectuará la determinación de gases de combustión como Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y dióxido de Azufre, emitido por vehículos mediante el uso de tubos colorimétricos Dräger de rango corto, junto con una bomba manual dräger accuro, que nos permitirá obtener valores semicuantitativos, para cada gas a estudiar. Los resultados que se obtengan de las mediciones de los contaminantes a estudiar, serán comparados con límites establecidos por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), esto debido a que nuestro país aún no cuenta con una norma que regule la concentración de inmisión de los gases contaminantes en espacios confinados como los estacionamientos vehiculares. También se evaluará si la calidad del aire de los estacionamientos subterráneos es la óptima para los trabajadores del establecimiento.

Monóxido de Carbono: Una vez inhalado el Monóxido de Carbono pasa al torrente sanguíneo y se une a la hemoglobina de forma competitiva y reversible, formando la carboxihemoglobina, esta dificulta el transporte del oxígeno por la sangre. Efectos clínicos de intoxicación por monóxido de carbono, los síntomas más comunes de la intoxicación por monóxido de carbono son dolor de cabeza, mareo, debilidad, náusea, vómitos, dolor de pecho y confusión.

Dióxido de Azufre: Es un gas incoloro no inflamable formado por la combustión de materiales que contienen azufre, este puede formar ácido sulfuroso al entrar en contacto con la humedad de las mucosas, siendo a nivel respiratorio la mayoría de los efectos. La exposición aguda causa ardor de los ojos, nariz y faringe; lagrimeo; y tos como también asma, bronquitis crónica, Sulfohemoglobinemia es una rara condición por la cual existe un exceso de sulfohemoglobina en la sangre.

Dióxido de Nitrógeno: Puede irritar los pulmones y disminuir su capacidad funcional. La irritación que provoca este contaminante se relaciona con una importante inflamación de las vías respiratorias y una mayor mucosidad, lo que supone un aumento de la reactividad bronquial favoreciendo la aparición de infecciones respiratorias, como bronquitis, especialmente en mayores e inmunodeprimidos, así como bronquiolitis en niños. Incrementando la sensibilidad pulmonar a la broncoconstricción, agudizando los síntomas de pacientes con enfermedades crónicas respiratorias, asmáticos y alérgicos.

Responsables		
Nombre	Cargo	Firma
Br. Griselda Mabel Bonilla Mariona	Analista	
Br. Gloria Camila González Fuentes	Analista	
Autorizado por:		
Lic. Sandra Guadalupe Peraza MSc. en Salud Ocupacional	Asesor	

INFORME DE RESULTADOS CC5.ESTU

1. Tabla de datos obtenidos

CENTRO COMERCIAL 5 ESTACIONAMIENTO UNICO (CC5.ESTU)									
EST									
SÁBADO									
DOMINGO									
GASES		N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂	N de muestra	CO	NO ₂	SO ₂
AM	P1	1	1.25	0	0	5	1.25	0	0
	P2	2	2.5	0.08	0	6	1.25	0.08	0
PM	P1	3	2.5	0.08	0	7	2.5	0.08	0
	P2	4	1	0.08	0	8	1.25	0	0

2. Parámetros de aceptación

DIRECTRICES	LIMITES		
	Monóxido de Carbono	Dióxido de Nitrógeno	Dióxido de azufre
OSHA	50 ppm	5 ppm	5 ppm
NIOSH	35 ppm	1 ppm	2 ppm
ACGIH	25 ppm	0.2 ppm	0.25 ppm

3. Interpretación de resultados

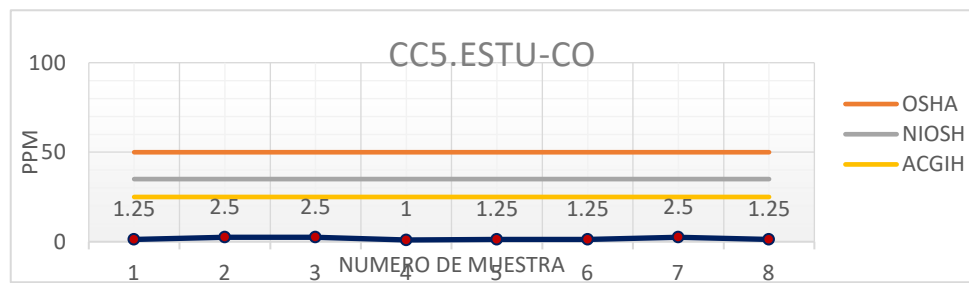


Ilustración 13. Datos obtenidos de determinación de monóxido de carbono vs límites de exposición

Monóxido de carbono: Valores obtenidos de los 8 muestreos en el establecimiento están debajo del valor límite de exposición seguro, confirmando la calidad del aire circundante para concentraciones de monóxido de carbono.

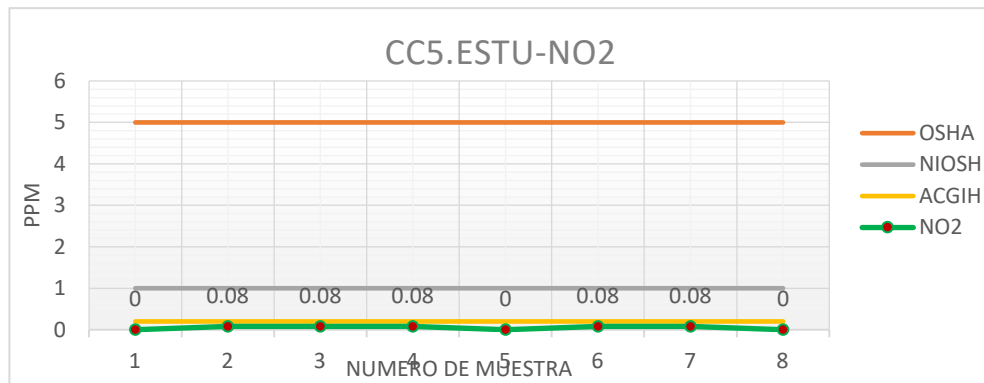


Ilustración 14. Datos obtenidos de determinación de dióxido de nitrógeno vs límites de exposición

Dióxido de nitrógeno A pesar de que 5 de 8 muestreos tienen como resultado 0.08 ppm, siendo un valor que se encuentra por debajo del límite de concentración, se puede considerar la que cumple la calidad del aire con respecto a la concentración de dióxido de nitrógeno en el espacio subterráneo.

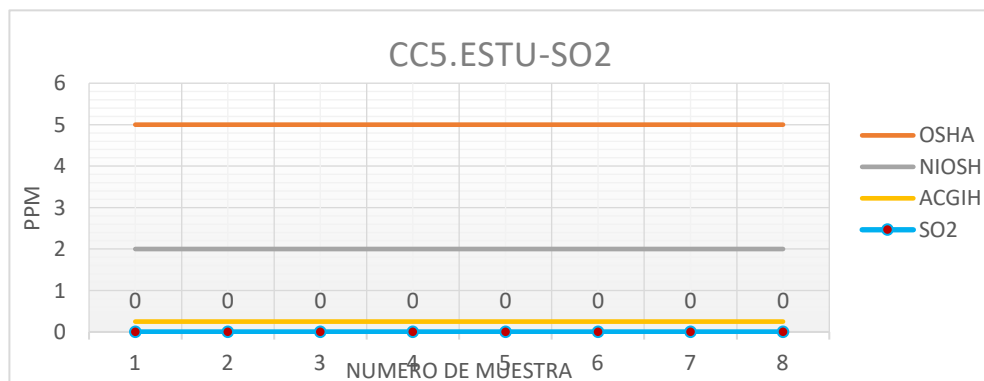


Ilustración 15. Datos obtenidos de determinación de dióxido de azufre vs límites de exposición

Dióxido de azufre: Los resultados para los muestreos fueron reportados como 0, ya que no se obtuvo cambio de color en el contenido reactivo del tubo colorimétrico, es decir, no se consideran concentraciones detectables.

4. Conclusión

El sistema de ventilación que maneja la instalación es por ventilación natural por medio de los 2 accesos vehiculares que el estacionamiento subterráneo cuenta, por los resultados obtenidos (ver tabla 9), se concluye que este cumple con la calidad de aire interior para las tres directrices internacionales antes mencionadas.

5. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa realizar al menos anualmente el examen en análisis de monóxido de carbono en sangre, para monitorear carboxihemoglobina en sangre en los trabajadores que permanecen en la instalación.

Monitorear las concentraciones de gases en combustión periódicamente para verificar que el mecanismo de ventilación con el que cuenta el establecimiento siga siendo lo suficientemente eficaz para evitar la acumulación de gases en la estación, para evitar enfermedades a largo plazo en los trabajadores, como también intoxicación.