

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**Procedimiento de entrada a
espacios confinados de acuerdo a
la NOM-033-STPS-2015**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Petrolero

P R E S E N T A

Arturo Andrés Montealegre

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ramón Edgar Domínguez Betancourt



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO



**PROCEDIMIENTO DE ENTRADA A
ESPACIOS CONFINADOS DE ACUERDO A
LA NOM-033-STPS-2015**

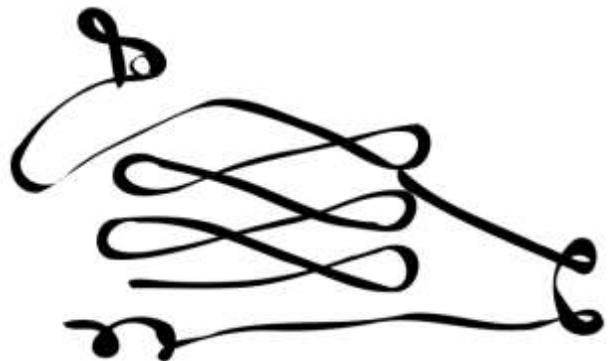
“Saber para prever y prever para obrar”

“De entonces guardo para siempre
La hora solitaria. Desengañado antes del engaño”

-ALFONSO REYES, SAN ILDEFONSO

“... El muchacho que camina por este poema,
Entre San Ildefonso y el Zócalo,
Es el hombre que lo escribe;
Esta pagina
También es una caminata nocturna”

-OCTAVIO PAZ, NOCTURNO DE SAN ILDEFONSO



Agradecimientos

“Porque ser fuertes, ya lo enunciamos, es para los individuos, resumir su desenvolvimiento integral: físico, intelectual, ético y estético, en la determinación de un carácter”

-Justo Sierra, discurso inaugural de la Universidad.

En el repertorio representativo de la historia de las ideas mexicanas, la Universidad, en el sentido más integral de la palabra, ocupa un lugar privilegiado, no solo para quienes concluimos los años formativos, sino para toda una nación que ve reflejados sus anhelos educativos en los ojos de la máxima casa de estudios. Yo la imaginaba con las palabras de Justo Sierra: “un grupo de estudiantes de todas las edades sumadas en una sola, la edad de la plenitud intelectual”, al pasar de los años, pase de imaginarla a vivirla, a ser parte de ella y de la historia de las ideas de México; a conocer las particularidades de la enseñanza y de la naturaleza misma de nuestra sociedad.

Ahora que el tiempo han pasado y mis años formativos están por concluir, no me queda más que agradecer y reconocer la enorme faena de la Universidad. Agradezco el haber sido parte de la Escuela Nacional Preparatoria, así como de la Facultad de Ingeniería. Me siento afortunado que gran parte de mi vida haya transcurrido entre las aulas y los pasillos de Ciudad Universitaria, entre los muros de O’Gorman y las tardes tranquilas en las islas.

Gracias, Universidad.

Por tí Universidad
Universitarios,
Icemos siempre airosos
El pendón victorioso
De la Universidad
Por su azul y oro
Lucharemos sin cesar
Cubriendo así de gloria
Su nombre inmortal
¡¡México, Pumas, Universidad!!

Agradezco también a todas las personas que, a través de los años, han sido participes en la formación personal y académica que hasta la fecha he compilado.

Agradezco a mis padres por brindarme las herramientas necesarias para sortear las adversidades de la vida, así como por encaminarme por el sendero de la rectitud y enseñarme las cosas buenas de la vida. Gracias, parte de este logro es de ustedes, y siempre lo será. Gracias, mamá; gracias papá.

Agradezco también a la familia Andrés y la familia Montealegre por todo los buenos momentos y los apoyos recibidos a los largo de mi vida, tanto en lo profesional como en lo personal. Deseo que quienes ya no tuvieron tiempo de presenciar este logro, estén presentes en memoria y recuerdo de lo que algún día compartieron conmigo, gracias a mi abuela Sara García, y a mi abuelo Cirilo Montealegre, donde quiera que estén, sepan que no olvidaré las palabras que algunas vez compartieron conmigo, y que tampoco lo haré con estas que ahora comparto con su memoria. Agradezco a mi abuelita Elodia por todos los momentos que he pasado, por todos estos años de cariño y dedicación, a ella quiero decirle que gran parte de mi vida siempre tendrá aroma a Tlaxcala.

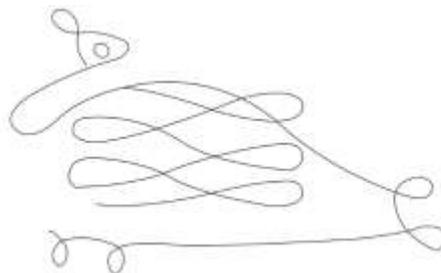
Agradezco a todos los amigos que a lo largo de mi vida han estado presentes, por todos los buenos, malos y extraños momentos, ojala que siempre sigamos siendo amigos, aun cuando el tiempo nos cobre factura. Gracias amigos.

Gracias a la Facultad de Ingeniería y a todos los profesores que me instruyeron en la formación ingenieril. Gracias a cada uno de mis sinodales por la recepción de este trabajo, así como por el tiempo dedicado, tanto en clase como fuera de ella. Agradezco mucho al Ing. Ramón Domínguez por haber dirigido este trabajo, así como por sus enseñanzas y tiempo dedicado.

Gracias ENP 2

Gracias Facultad de Ingeniería

Gracias UNAM



CONTENIDO

CONTENIDO	2
GLOSARIO	7
TABLAS Y FIGURAS	9
INTRODUCCION	13
CAPITULO PRIMERO.	15
1. LA NORMATIVIDAD MEXICANA Y LEY FEDERAL DE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN.	15
1.1 NORMATIVIDAD MEXICANA.	15
1.2 LEY FEDERAL DE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN	21
1.2.1 ANTECEDENTES	21
1.2.2 REFORMAS	22
1.2.3 OBJETO	23
1.2.4 LA LEY	24
1.2.4.1 Titulo primero	24
1.2.4.1.1 Capitulo Primero “Disposiciones Generales”	24
1.2.4.2 Titulo Segundo: Metrología	24
1.2.4.2.1 Capítulo I “Del Sistema General de Unidades”	25
1.2.4.2.2 Capítulo II “De los Instrumentos para Medir”	25
1.2.4.2.3 Capítulo III “De la Medición Obligatoria de las Transacciones”	26
1.2.4.2.4 Capítulo IV “Del Sistema Nacional de Calibración”	27
1.2.4.2.5 Capítulo V “Del Centro Nacional de Metrología”	28
1.2.4.3 Titulo Tercero: Normalización	29
1.2.4.3.1 Capítulo I: “Disposiciones Generales”	30
1.2.4.3.2. Capítulo II: “De las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Mexicanas”.	32
1.2.4.3.2. I Sección I: De las Normas Oficiales Mexicanas.	32
1.2.4.3.2. II Sección II: De las Normas Mexicanas.	36
1.2.4.3.3 Capitulo III: “De la observancia de las normas”	37
1.2.4.3.4 Capitulo IV: “De la Comisión Nacional de Normalización”	38
1.2.4.3.5 Capítulo V: “De los Comités Consultivos de Normalización”	38
1.2.4.3.6 Capítulo VI: “De los Organismos Nacionales de Normalización”	38
1.2.4.4 Titulo cuarto: De la acreditación y Cumplimiento	39

1.2.4.4.1 Capítulo I: “De la Acreditación y Aprobación”	39
1.2.4.4.2 Capítulo II: “De los Procedimientos Para la Evaluación de la Conformidad”	41
1.2.4.4.3 Capítulo III: “De las Contraseñas y Marcas Oficiales”	41
1.2.4.4.4 Capítulo IV: “De los Organismos de Certificación”	42
1.2.4.4.5 Capítulo V: “De los Laboratorios de Prueba”	43
1.2.4.4.6 Capítulo VI: “De las Unidades de Verificación”	43
1.2.4.4.7 Capítulo VII: “De los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo”	44
1.2.4.5 Título Quinto: De la Verificación	45
1.2.4.5.1 Capítulo Único: “Verificación y Vigilancia”	45
1.2.4.6 TITULO SEXTO DE LOS INCENTIVOS, SANCIONES Y RECURSOS	47
1.2.4.6.1 CAPITULO I “Del Premio Nacional de Calidad”	47
1.2.4.6.2 CAPITULO II “De las Sanciones”	47
1.2.4.6.3 CAPÍTULO III:” Del Recurso de Revisión y de las Reclamaciones”	48
1.2.4.7 ARTICULOS TRANSITORIOS	48
II. CAPITULO SEGUNDO	49
<hr/>	
2. LA NOM-033-STPS-2015	49
<hr/>	
2.1 INTRODUCCIÓN	49
2.2 LA NOM-033-STPS-2015, CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA REALIZAR TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS.	51
2.2.1 OBJETIVO	51
2.2.2 CAMPO DE APLICACIÓN	51
2.2.3 REFERENCIAS	52
2.2.4 DEFINICIONES	52
2.2.5 OBLIGACIONES DEL PATRÓN.	52
2.2.6 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES	53
2.2.7 CLASIFICACIÓN DEL ESPACIO CONFINADO Y ANÁLISIS DE RIESGO.	54
2.2.8 REQUERIMIENTOS ADMINISTRATIVOS PARA REALIZAR TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS.	57
2.2.9 MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA REALIZAR TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS.	61
2.2.9.1 Medidas generales de seguridad	62
2.2.9.2 Medidas de seguridad para espacios confinados tipo II	63
2.2.9.3 Atribuciones del personal (responsable y vigía)	64
2.2.10 PLAN DE ATENCIÓN A EMERGENCIAS Y RESCATE	64
2.2.11 CAPACITACIÓN	65
2.2.12 UNIDADES DE VERIFICACIÓN	66
2.2.13 PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.	67
III.CAPITULO TERCERO	68
<hr/>	

3. LA NORMA 29CFR.1910.146 **68**

3.1 OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION	68
3.2 LA NORMA 29CFR.1910.146 “PERMIT-REQUIRED CONFINED SPACES”	69
3.2.1 DEFINICIONES	69
3.2.2 REQUERIMIENTOS GENERALES	70
3.2.3 PROGRAMA DE ESPACIOS CONFINADOS CON PERMISO REQUERIDO	72
3.2.4 SISTEMA DE PERMISOS	73
3.2.5 PERMISO DE ENTRADA	74
3.2.6 CAPACITACIÓN	74
3.2.7 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTORIZADOS	75
3.2.8 OBLIGACIONES DE LOS ASISTENTES	75
3.2.9 OBLIGACIONES DE LOS SUPERVISORES DE ENTRADA	76
3.2.10 SERVICIOS DE RESCATE Y EMERGENCIA	76
3.2.11 ANEXOS	77

IV.CAPITULO CUARTO **86**

4. LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA ATMÓSFERA **86**

4.1 PROPIEDADES DE LOS GASES Y MONITOREO DE ATMOSFERAS	87
4.1.1 PELIGROS POR GAS INFLAMABLE Y MONITOREO DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS	90
4.1.1.1 Limite de inflamabilidad	90
4.1.1.2 Propiedades del gas inflamable	92
4.1.1.3 Datos de gases inflamables	93
4.1.1.4 Explosímetros	94
4.1.2 PELIGROS POR GAS TOXICO Y MONITOREO DE ATMOSFERAS TOXICAS	97
4.1.3 PELIGROS POR CARENCIA DE OXIGENO	101
4.1.3.1 Enriquecimiento de oxigeno	102
4.1.4 Oxímetros	102
4.1.5 Monitoreo de gases en la industria	103
4.2 PRINCIPIOS DE DETECCIÓN	105
4.2.1 LOS EQUIPOS DE DETECCIÓN Y SUS FUNDAMENTOS	105
4.2.2 SENSORES Y TECNOLOGÍAS DE DETECCIÓN	113
4.2.2.1 Tubos colorimétricos	113
4.2.2.2 Deteccion electrónica	115
4.2.2.3 Sensores de perlas catalíticas	115
4.2.2.4 Sensores por detección infrarroja	119
4.2.2.5 Sensores electroquímicos	125
4.2.2.6 Sensores de fotoionización	128

4.3 SELECCIÓN DEL EQUIPO	133
4.3.1 EQUIPOS DE DETECCIÓN FIJA	134
4.3.2 EQUIPOS DE DETECCIÓN PORTÁTIL	138
4.3 NORMAS Y CERTIFICACIONES DE SEGURIDAD	142
4.3.1 NORMAS Y CERTIFICACIONES NORTEAMERICANAS	143
4.3.2 NORMAS Y CERTIFICACIONES EUROPEAS	146
4.3.3 UNIFICACIÓN DE CERTIFICACIONES Y NORMATIVAS	148
<u>CAPITULO QUINTO</u>	<u>150</u>
<u>5. LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</u>	<u>150</u>
5.1 PROTECCIÓN SUPERIOR	152
5.1.1 CASCO	152
5.1.2 PROTECTORES FACIALES Y OCULARES	153
5.1.3 PROTECTORES AUDITIVOS	155
5.1.4 PROTECTORES DE VÍAS RESPIRATORIAS	157
5.2 ROPA PROTECTORA	162
5.2.1 PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS FÍSICOS.	162
5.2.2 PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS QUÍMICOS.	163
5.2.3 PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS BIOLÓGICOS	165
5.3 PROTECCIÓN DE EXTREMIDADES	165
5.3.1 GUANTES	165
5.3.2 CALZADO	166
<u>VI.CAPITULO SEXTO</u>	<u>169</u>
<u>6. LOS EQUIPOS DE RESCATE</u>	<u>169</u>
6.1 SISTEMAS DE RECUPERACIÓN	169
<u>VII.CAPITULO SÉPTIMO</u>	<u>173</u>
<u>7. EL PROCEDIMIENTO DE ENTRADA A ESPACIOS CONFINADOS Y LOS PERMISOS PARA ENTRAR</u>	<u>173</u>
7.1 ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN	175
7.2 ANÁLISIS DE RIESGOS	176
7.3 PLANIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN A EMERGENCIAS	180
7.4 ELABORACIÓN Y APROBACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN	180

7.5 INFORMACIÓN A TRABAJADORES	183
7.6 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	183
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>185</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>188</u>

Glosario

RAE: Real Academia Española
AML: Academia Mexicana de la Lengua
LFMyN: Ley Federal sobre Metrología y Normalización
LGNPYM: Ley General de Normas Pesas y Medidas
SGUM: Sistema General de Unidades de Medida
CENAM: Centro Nacional de Metrología
ONN: Organismos Nacionales de Normalización
CNM: Comisión Nacional de Normalización
CCNN: Comité Consultivo Nacional de Normalización
NOM: Norma Oficial Mexicana
NMX: Norma Mexicana
DOF: Diario Oficial de la Federación
UV: Unidades de Verificación
SE: Secretaría de Economía
STPS: Secretaría de Trabajo y Previsión Social
IPVS: Inmediatamente peligroso a la vida o salud

Análisis de riesgos: La aplicación de uno o más métodos específicos para identificar, evaluar y determinar medidas de prevención y control de los riesgos significativos asociados con las condiciones y actividades que se desarrollan en espacios confinados.

Atmósfera peligrosa: Aquella que puede exponer a una persona a riesgo de muerte, incapacidad, deterioro de la capacidad de auto-rescate, lesión o enfermedad grave por alguna de las siguientes causas: gases, vapores o nieblas inflamables por arriba del 10% del límite inferior de inflamabilidad; partículas combustibles en el aire en una concentración que pueda representar riesgo de incendio o explosión; concentración de oxígeno en el aire por debajo del 19.5% o por arriba del 23.5% en volumen; concentración de cualquier sustancia química peligrosa por arriba del nivel de acción, conforme a lo previsto por la NOM-010-STPS-1999 o las que la sustituyan, o cualquier otra condición atmosférica que constituya un peligro inmediato para la vida o la salud.

Atmósfera respirable: Aquella que presenta una concentración de oxígeno entre 19.5% y 23.5% en volumen y, en su caso, concentraciones de sustancias químicas peligrosas por debajo del nivel de acción.

Centro de Trabajo: El lugar o lugares, tales como edificios, locales, instalaciones y áreas, donde se realicen actividades de explotación, aprovechamiento, producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, en los que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

Contaminantes del ambiente laboral: Los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones ambientales del lugar de trabajo, que por sus propiedades, concentración, nivel, así como tiempo de exposición o acción pueden alterar la salud de los trabajadores expuestos

Deficiencia de oxígeno: La concentración de oxígeno que se encuentra por debajo de 19.5% en volumen.

Equipo de protección personal: El conjunto de elementos y dispositivos diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes y enfermedades de trabajo.

Equipo de respiración autónomo: El dispositivo diseñado para el suministro de aire respirable, en el que la fuente es portada por el usuario.

Espacio confinado: El lugar sin ventilación natural, o con ventilación natural deficiente, en el que una o más personas puedan desempeñar una determinada tarea en su interior, con medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no está diseñado para ser ocupado en forma continua.

Inmediatamente peligroso para la vida o la salud, IPVS: La concentración de una sustancia tóxica que representa una amenaza inmediata para la vida, y/o que puede producir efectos adversos irreversibles para la salud, o que puede afectar la capacidad de una persona para escapar de una atmósfera peligrosa.

Límite inferior de inflamabilidad; explosividad inferior: La concentración mínima de cualquier vapor o gas, en porcentaje por volumen de aire, que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.

Medio de respiración alterno: El dispositivo que le suministra al trabajador una cantidad definida de aire respirable para escape en caso de emergencia.

Monitoreo: Es el muestreo de modo continuo que se realiza durante el desarrollo de los trabajos en el espacio confinado.

Muestreo: La medición de la concentración de contaminantes del ambiente laboral químicos, de oxígeno y de sustancias inflamables o explosivas en el espacio confinado, por medio del uso de equipo de medición de lectura directa.

Nivel de acción (NA): La mitad del valor límite de exposición (VLE) promedio ponderado en tiempo, de las sustancias químicas peligrosas, de acuerdo con lo señalado en el Apéndice I, de la NOM-010-STPS-1999, o las que la sustituyan.

Respirador con línea de suministro de aire; Equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo: El dispositivo que suministra aire respirable al usuario a una presión mayor a la atmosférica, desde una fuente que no es portada por el usuario.

Riesgo: La correlación de la peligrosidad de uno o varios factores y la exposición de los trabajadores con la posibilidad de causar efectos adversos para su vida, integridad física o salud, o dañar al centro de trabajo.

Sustancias químicas peligrosas: Aquellas que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas, presentan la posibilidad de riesgos de explosividad, inflamabilidad, combustibilidad, reactividad, corrosividad, radiactividad, toxicidad o irritabilidad, y que al ingresar al organismo por vía respiratoria, cutánea o digestiva, pueden provocar a los trabajadores intoxicación, quemaduras o lesiones orgánicas, según el nivel, concentración de la sustancia y tiempo de exposición.

Vigía: El trabajador designado para permanecer en todo momento en el exterior del espacio confinado cuando, se desarrolle alguna actividad en su interior, con el fin de mantener contacto y/o comunicación con los trabajadores que realizan las actividades, asistirlos y alertar al responsable de los trabajos, en caso de ocurrir una emergencia.

Tablas y Figuras

Ilustración 1. Procedimiento de creación de una NOM	35
Ilustración 2. Requerimientos administrativos para la entrada a espacios confinados. NOM-033-STPS-2015....	61
Ilustración 3. Señalamiento para espacios confinados.	70
Ilustración 4. Diagrama de decisión para EC. 29CFR.1910.146 OSHA.	80
Ilustración 5. Permiso de trabajo para EC. 29CFR.910.146. OSHA, apéndice D.	82
Ilustración 6. Permiso de trabajo para EC. 29CFR.910.146. OSHA, apéndice D-2.	84
Ilustración 7. Permiso de entrada a EC, PEMEX Petroquímica.	85
Ilustración 8. Triangulo del fuego.	90
Ilustración 9. Valores de LEL para diversas sustancias. Fuente: Drager "Introducción a los sistemas de detección", 2009.	91
Ilustración 10. Diagrama de Puente Wheatstone.	94
Ilustración 11. Gráfica de calibración con pentano para explosímetro.	95
Ilustración 12. Gráfica de calibración con pentano para explosímetro, solución.	96
Ilustración 13. Teshold values emitidos por diferentes instancias para la detección de gases tóxicos. Fuente: "El libro del gas, detección de gases" Honeywell. 2013.	99
Ilustración 14. Valores límite de exposición para algunas sustancias. NOM-010-STPS-2014.	99
Ilustración 15. Monitoreo de gases de emisión industrial. Primera imagen: fuga de gas. Segunda imagen: emisión de tanques industriales.	100
Ilustración 16. Monitoreo de procesos. Izquierda: emisión de gases en subestación eléctrica. Derecha: fuga de gas en una brida.	100
Ilustración 17. Secuencia de instrumentación para la medición de una variables física.	105
Ilustración 18. Valor Cero para un instrumento de medición.	108
Ilustración 19. Exactitud en un instrumento de medición.	108
Ilustración 20. Errores de Span.	108
Ilustración 21. Errores causados por la no linealidad de un	108
Ilustración 22. Sobrelacance de un instrumento de medición.	109
Ilustración 23. Digrama de dispersión para calibración.	112
Ilustración 24. Muestra de tubo colorimétrico.	114
Ilustración 25. Principio de operación de un pellistor.	116
Ilustración 26. Arreglo Wheatstone para un sensor catalítico.	116
Ilustración 27. Tiempo de respuesta para un sensor catalítico.	117
Ilustración 28. Principio de operación para detectores infrarrojos.	119
Ilustración 29. Arreglo de sensores infrarrojos. Drager.	120
Ilustración 30. Molécula de gas durante la detección infrarroja.	120
Ilustración 31. Arreglo de sensores para detección puntual y de camino abierto.	121
Ilustración 32. Perturbaciones en la medicion por nieblas en sensores infraarrojos.	122
Ilustración 33. Funcionamiento de un sensor electroquímico.	125
Ilustración 34. Reaccion de fotoionización para detección de gases.	128

Ilustración 35.Arreglo de un equipo de fotoionización.....	129
Ilustración 36.Proceso de selección para el equipo de detección.	133
Ilustración 37.Ubicación de sensores de acuerdo al lugar.	136
Ilustración 38.Protocolo de comunicación para detección de gases.	137
Ilustración 39.Zonas de detección para equipos fijos y portátiles.	138
Ilustración 40.Marcados de seguridad en equipos de detección.....	142
Ilustración 41.Normativa de seguridad NEC 500.....	145
Ilustración 42.Normativa de seguridad NEC 505.....	145
Ilustración 43.Marca de seguridad normativa ATEX 94/9/CE	148
Ilustración 44.Componentes de un casco de seguridad.....	152
Ilustración 45.Lentes con montura integral.	153
Ilustración 46.Lentes de seguridad.	153
Ilustración 47.Caretas completas.	154
Ilustración 48.Caretas-pantallas protectoras integradas para cabeza y cara.	154
Ilustración 49.Capuchas de seguridad.....	154
Ilustración 50.Escala de decibelios para distintas actividades.	156
Ilustración 51.Taponos de seguridad.	157
Ilustración 52.Taponos externos y orejeras de seguridad.....	157
Ilustración 53.Respiradores de filtro mecánico y químico.	160
Ilustración 54.Respiradores con línea de suministro.	160
Ilustración 55.Respirador autónomo.	160
Ilustración 56.Diagrama para la selección de EPP. respiratorio.	161
Ilustración 57.Vestimenta de protección laboral.	165
Ilustración 58.Trípode de rescate.....	170
Ilustración 59.Uso de trípode durante un rescate.	171
Ilustración 60.Aditamentos del equipo de rescate.	172
Ilustración 61.Procedimiento de entrada a EC.....	174
Ilustración 62.Requerimientos mínimos para entrada a EC.....	174
Ilustración 63.Matriz de riesgos.	177
Ilustración 64.Diagrama para análisis de riesgos.	178

Tabla 1. Marco normativo en materia de normalización en México. SE.....	18
Tabla 2. Normas en materia de seguridad. STPS.....	19
Tabla 3. Normas en materia de salud. STPS.....	19
Tabla 4. Normas en materia de organización. STPS.....	19
Tabla 5. Normas específicas. STPS.....	20
Tabla 6. Normas de producto. STPS.....	20
Tabla 7. Reformas a la LFMyn. Diario Oficial de la Federación.....	22
Tabla 8. Estructura de la NOM-033-STPS-2015.....	51
Tabla 9. Clasificación del EC de acuerdo a la NOM-033-STPS-2015.....	54
Tabla 10. Naturaleza de los espacios confinados. NOM-033-STPS-2015.....	55
Tabla 11. Requerimientos mínimos del análisis de riesgos. NOM-033-STPS-2015.....	56
Tabla 12. Requerimientos del procedimiento de seguridad en EC. NOM-033-STPS-2015.....	57
Tabla 13. Requerimientos del procedimiento de seguridad/uso de herramientas en EC. NOM-033-STPS-2015.....	58
Tabla 14. Requisitos del muestreo de atmosferas en EC. NOM-033-STPS-2015.....	59
Tabla 15. Requerimientos del permiso de trabajo en EC. NOM-033-STPS-2015.....	60
Tabla 16. Requerimientos mínimos del plan de rescate y emergencias. NOM-033-STPS-2015.....	65
Tabla 17. Contenido de dictámenes emitidos por las unidades de verificación. NOM-033-STPS-2015.....	66
Tabla 18. Estructura normativa del 29CFR de OSHA.....	68
Tabla 19. Requisitos del permiso de trabajo. 29CFR1910.146, OSHA.....	74
Tabla 20. Composición de la atmosfera. Fuente: "introducción a los equipos de detección", Drager.....	89
Tabla 21. Propiedades de algunas sustancias inflamables.....	93
Tabla 22. Efectos de la disminución de Oxígeno en humanos.....	101
Tabla 23. Aplicaciones del monitoreo en diversas industrias.....	104
Tabla 24. Tipos de errores en los equipos de monitoreo.....	110
Tabla 25. Características de sensor de perlas catalíticas.....	118
Tabla 26. Características del sensor infrarrojo puntual.....	123
Tabla 27. Características del sensor infrarrojo de camino abierto.....	124
Tabla 28. Escala de valores para sensores electroquímicos. Drager.....	126
Tabla 29. Características del sensor electroquímico.....	127
Tabla 30. Valores de fotoionización para algunos gases.....	129
Tabla 31. Características del sensor de fotoionización.....	131
Tabla 32. Comparativa entre sensores de detección.....	132
Tabla 33. Sensores para la detección fija de gases.....	135
Tabla 34. Cobertura areal de sensores fijos. Honeywell.....	135
Tabla 35. Elementos de los equipos de detección portátiles.....	140
Tabla 36. Aplicaciones de la detección portátil.....	141
Tabla 37. Clasificación norteamericana de zonas peligrosas. Normativa NEC 500/505.....	144
Tabla 38. Clasificación norteamericana de sustancias peligrosas. Normativa NEC 503.....	144
Tabla 39. Clasificación de zonas peligrosas. Normativa europea ATEX /99/92/CE.....	147
Tabla 40. Categoría y grupo de equipo para zonas peligrosas. Normativa europea ATEX 94/9/CE.....	147
Tabla 41. Comparativa de normativas para zonas peligrosas: NEC, ATEX, IECEx.....	149
Tabla 42. Equipo de Protección Personal.....	151

Tabla 43. Porcentaje de eficiencia para filtros de respiración. NOM-116-STPS-2009.	158
Tabla 44. Riesgos físicos y protección de ropa de seguridad.	162
Tabla 45. Delantales de protección.	163
Tabla 46. Trajes de protección. Clasificación III EN340.	164
Tabla 47. Guantes.	166
Tabla 48. Clasificación de calzado de seguridad. NTP 813.INSHT	168
Tabla 49. Formato de identificación de EC.	176
Tabla 50. Análisis de riesgos para EC.	179
Tabla 51. Permiso de entrada a espacios confinados.	182

INTRODUCCION

“Lo que conduce y mueve al mundo no son las máquinas, sino las ideas”
-Víctor Hugo

Gran parte del éxito humano deriva del uso de las facultades físicas y mentales que, en la personalidad colectiva del trabajo, han visto plasmados ideales de transformación de la naturaleza para su beneficio. Este proceso vinculativo hombre-naturaleza ha ido evolucionando junto a las necesidades de expansión humana, creando tendencias de trabajo que satisfagan los nuevos requerimientos. Con el advenimiento de las grandes revoluciones industriales, el trabajo humano adquirió una dimensión dual: hombre-máquina; siendo este momento en que las condiciones de trabajo sumarian nuevos factores en el desarrollo de las actividades. Es claro que muchas actividades humanas conllevan un riesgo que compromete la integridad de la persona, si a esto le aunamos la necesidad de llevar a cabo actividades críticas, el riesgo aumenta en función de los contextos desarrollados durante los trabajos a realizar. Es por eso que el aseguramiento de la integridad del personal laboral conlleva un peso imperante en el desarrollo de la cadena productiva de cualquier industria, no solo derivado de los problemas técnicos, jurídicos, o de reputación que un accidente pueda generar; más que ello, se está tratando con seres humanos, y como tales, es responsabilidad del empleador asegurar su bienestar, así como su derecho a la salud.

Es obvio decir que la sociedad actual tiene que hacer frente a las necesidades de seguridad que potencialicen la preservación integral del trabajador, para ello, la correcta administración de la seguridad industrial debe ser de vital importancia en las buenas prácticas que realice la empresa. La aplicación de dicha administración deberá constituirse dentro del interés supremo de una empresa; pues, además de conservar el bienestar de su personal, le conseguirá facilidad en el camino al éxito económico y la preservación de sus recursos.

Todo accidente es resultado de una causa y circunstancia desfavorable. En muchas ocasiones producto de la acción humana. Por lo tanto la seguridad será un compromiso que la gerencia, patrón, encargados, trabajadores deberán asumir; por lo que todo el conglomerado incluido en las actividades laborales deberá comprender la adquisición de responsabilidad ante la seguridad, y estar consciente de los riesgos a los que se expone. Dado que la variedad de las actividades a realizar son cuantiosas, se deben establecer directrices que encaminen al correcto desarrollo de trabajos, en diferentes situaciones y ambientes. Dichas directrices deberán estar normadas por los estándares pertinentes que acrediten la correcta ejecución de procedimientos, acciones y métodos en aras de preservar la seguridad, salud e higiene.

El ingeniero, al ser cabeza de trabajo, debe ser consciente en todo momento del aseguramiento de su personal, de la procuración de las mejores prácticas, del uso adecuado de los recursos a su disposición, así como de los riesgos y consecuencias de la omisión normativa. Por lo que el conocimiento en materia de seguridad es parte fundamental de la formación integral profesional. Siendo consciente de aquella necesidad, este trabajo se centra en los procedimientos de seguridad para espacios confinados, dictaminados en la NOM-033-STPS-2015. Los conocimientos normativos expedidos por la STPS deben ser algo con que los ingenieros estén familiarizados, pues son ellos quienes, al ser cabeza de grupo, dirigen muchos de los procesos industriales.

Este trabajo toma como partida la revisión del marco jurídico que sustenta toda normatividad expedida en el país. La Ley Federal de Metrología y Normalización confiere la manera en que habrán de emitirse, revisarse, y modificarse toda normativa, así como los parámetros útiles para el funcionamiento de las entidades involucradas. Posterior a ello, se revisa la NOM-033-STPS-2015, referente a los trabajos en espacios confinados. Esta norma se eligió por la importancia que los espacios confinados tienen en la industria, incluyendo la petrolera; además de ser una norma que refleja la tendencia de crecimiento de la normatividad en México, esto al ser una norma de reciente creación. En el tercer capítulo se hace una revisión de la normatividad estadounidense en materia de espacios confinados, la 29CFR1910.146, brinda un punto de comparación para las prácticas laborales en espacios confinados. Muchas veces, al no haber una normativa específica en la materia, las industrias se sirven de normativas de la OSHA para cumplir con sus programas de seguridad, razón por la cual, estas normativas habrán de considerarse.

Una vez revisados los aspectos administrativos, este trabajo se centra en las disposiciones técnicas para los planes de seguridad en espacios confinados, centrándose en los equipos de monitoreo de atmosferas: en su funcionamiento, operación, así como ventajas y desventajas, para pasar después a su selección para las tareas en EC. Los equipos de protección personal son abordados en el capítulo siguiente, siendo que los aditamentos adecuados significan una gran reducción de lesiones o accidentes laborales, razón por la cual, conocerlos es fundamental. Los equipos de rescate, como disposición administrativa de las normativas, deben ser abordados, esto como medio de respuesta a eventos no deseados, razón por la cual son abordados en el penúltimo capítulo.

Por último, se integran todos los elementos, tanto técnicos como administrativos y legales, en la implementación del procedimiento de entrada, así como en la emisión de los documentos necesarios, siendo el permiso de entrada, uno de los más importantes, razón por la cual se anexan varios ejemplos. En dichos documentos se puede apreciar la integración de los requerimientos para la realización de los trabajos. Finalmente se realizan las conclusiones pertinentes sobre este trabajo, así como la bibliografía utilizada.

CAPITULO PRIMERO.

1. LA NORMATIVIDAD MEXICANA Y LEY FEDERAL DE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN.

1.1 Normatividad mexicana.

Entendemos por normatividad o normativa aquellos preceptos que definen las formas institucionales por medio de las cuales el comportamiento es configurado socialmente. Utilizando la definición de normatividad de la Academia Mexicana de la Lengua, esta nos dice que: “La voz *normatividad* se utiliza de manera frecuente en el ámbito jurídico y burocrático para designar tanto al ‘conjunto de normas o reglas’ como a la ‘compilación de disposiciones jurídicas elaboradas para uso interno en alguna institución gubernamental’”. Esta definición pone de manifiesto el uso de la palabra en el ámbito jurídico, por lo que para las providencias de este capítulo será lícito recurrir al término “norma jurídica”, mismo que el Sistema de Información Legislativa define como:

“Regla de conducta dictada por un poder legítimo para regular la conducta humana. La norma prescribe, prohíbe, autoriza o permite determinada conducta individual o social. Atendiendo a este significado, cuando se habla de norma se está haciendo referencia al contenido de un texto jurídico, sea éste de rango constitucional, legal o reglamentario y, en general, de cualquier disposición que genere obligaciones y derechos.”

México cuenta con un marco normativo con preponderancia de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, dado que sobre ella descansan los preceptos con que se rige nuestro país, estipulando los derechos y obligaciones de los ciudadanos. Además de la Carta Magna existen otras normas que coadyuvan en la legislación mexicana. Cada una de estas normas jurídicas como cimientos de todo orden legal posee características que las diferencian del resto. En cuanto al conjunto de todas estas normas, y con la finalidad de hacer más evidentes sus alcances, y de sistematizarlas para un mejor manejo de ellas, se crea un sistema de jerarquización, atendiendo a su forma, jerarquía y ámbito material y espacial de validez. Este orden jerárquico viene de la naturaleza variable de normas, puesto que estas no tienen forzosamente el mismo rango o categoría, siendo unas inferiores a otras. Como aplicación de esta diferencia jerarquizada podemos, en caso de contradicción saber que norma acatar.

Con lo anterior, la jerarquía normativa jurídica de México viene dada por: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Tratados Internacionales, Leyes Federales y Leyes Locales.

Recurriendo al ámbito material de validez, este es el que identifica la materia que la norma jurídica pretende regular, dado que cada una regirá determinada área y poseerá sus características particulares. En cuanto al ámbito espacial de aplicación de norma jurídica, este se determina por el territorio en donde son aplicables. De acuerdo a la organización de la República Mexicana, esta se integra de un régimen interior compuesto de Estados libres y soberanos, que a su vez constituyen una Federación. Por lo tanto el carácter Federal de una ley constituirá su aplicación en toda la República Mexicana. Por otra parte, el orden local abarcara las leyes que aplican dentro de una entidad en la que fue expedida, y el orden municipal aplicara dentro del municipio en que fue expedida.

En México existen diversos documentos que regulan las condiciones en los centros de trabajo. Esto con la finalidad de preservar la seguridad, higiene y salud en los mismos. Dichos documentos derivan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917), La Ley Federal de Trabajo (1970), La Ley Federal Sobre Metrología y Normalización (1988), el reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo (1997), y por las normas oficiales mexicanas, según su respectiva área.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su título sexto: “Del trabajo y de la previsión social”, artículo 123, fracción XV; las obligaciones del patrón a observar, según el contexto de su negociación, los preceptos legales en materia de seguridad e higiene en sus centros de trabajo, así como adoptar las medidas para la prevención de accidentes, además de optar por una organización que garantice la salud y seguridad de los trabajadores.

La Ley Federal del Trabajo en su título cuarto: “Derechos y Obligaciones de los Trabajadores y de los Patrones”, artículo 132, fracción XVI, establece la obligación del patrón de instalar y operar los centros de trabajo, de acuerdo a las disposiciones establecidas en el reglamento y a las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, a efecto de prevenir accidentes y enfermedades laborales. Para dicho artículo en la fracción XVII, se establece el cumplimiento del reglamento y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo. Para el artículo 134 del mismo título, fracciones I y II, se habla de las obligaciones de los trabajadores de cumplir las disposiciones de las normas aplicables, de observar las disposiciones contenidas en el reglamento y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, así como las indicadas por los patrones para la seguridad y protección personal.

La Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, en su título tercero “NORMALIZACIÓN”, capítulo I: “Disposiciones generales”, artículo 38, fracción II, establece a las dependencias según su ámbito de competencia, la expedición de las normas oficiales mexicanas en las materias relacionadas con sus atribuciones, además de determinar su fecha de entrada en vigor.

El artículo 40 del mismo capítulo y título, refiere a las finalidades de las normas oficiales mexicanas, para la fracción VII de dicho artículo se establece como finalidad de las NOM's: las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo y otros centros públicos de reunión.

La Secretaria de Trabajo y Previsión Social emite Normas Oficiales Mexicanas que establecen las condiciones mínimas necesarias para la prevención de accidentes de trabajo y la minimización de riesgos, estas normas destinan especial atención a todos aquellos factores de riesgo a los que puedan exponerse los trabajadores. El reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, en su artículo 4, otorga la facultad a la Secretaria de Trabajo y Previsión Social de expedir las normas oficiales mexicanas de seguridad e higiene en el trabajo.

Dado que este documento se encuentra orientado a la Seguridad y Salud en el trabajo, nos interesara conocer a la instancia que dentro de la República Mexicana se encarga de lo relativo al trabajo, específicamente en el rubro de seguridad y salud en el trabajo: "La Secretaria de Trabajo y Previsión Social", que es la Secretaría de Estado encargada de las relaciones obrero-patrón, así como de los contratos, conciliaciones y métodos de trabajo. Además, fomenta la capacitación laboral en coordinación con la Secretaría de Educación Pública.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, como dependencia del Poder Ejecutivo Federal, tiene a su cargo el desempeño de las facultades que le atribuyen la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley Federal del Trabajo, otras leyes y tratados, así como los reglamentos, decretos, acuerdos y órdenes del Presidente de la República. La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, por conducto de sus servidores públicos, unidades administrativas y órganos administrativos desconcentrados, realizará sus actividades en forma programada, conforme a los objetivos nacionales, estrategias, prioridades y programas contenidos en el Plan Nacional de Desarrollo, el programa sectorial respectivo y a las políticas que para el despacho de los asuntos establezca el Presidente de la República.

Dentro de la STPS, la Subsecretaria de Trabajo por medio de la Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo, es la que se encarga de los asuntos de Seguridad y Salud en el trabajo. Dicha Dirección tiene el siguiente marco normativo.

Tabla 1. Marco normativo en materia de normalización en México. SE.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, D.O.F. 05/02/1917 y sus reformas
Tratados, Acuerdos y Convenios Internacionales en Materia Laboral
Convenios de la Organización Internacional del Trabajo, ratificados por los Estados Unidos Mexicanos
Leyes Federales
Reglamentos
Normas Oficiales Mexicanas*
Procedimientos para la Evaluación de la Conformidad de Normas Oficiales Mexicanas Expedidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social
Procedimientos Alternativos Autorizados
Programa Nacional de Normalización
Organización y Reglas de Operación del Comité Consultivo Nacional de Normalización

Dado que la STPS es la instancia que se encarga del aseguramiento de la integridad del trabajador, la emisión de una normatividad que regule aspectos organizacionales, de salud y seguridad, es primordial para el cumplimiento de las disposiciones legales a que alude la seguridad laboral. Esta normatividad de la STPS vendrá dada por la expedición de Normas Oficiales Mexicanas, que, en materia de su competencia procurara la seguridad laboral, teniendo naturaleza jurídica apoyada en la Ley Federal de Metrología y Normalización.

Actualmente se encuentran vigentes 41 normas oficiales mexicanas en materia de seguridad y salud en el trabajo, agrupadas en cinco categorías: de seguridad, salud, organización, específicas y de producto.

Normas de Seguridad	
Número	Título de la norma
NOM-001-STPS-2008	Edificio, locales e instalaciones
NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios
NOM-004-STPS-1999	Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y Corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas
NOM-033-STPS-2015	Trabajos en espacios confinados
NOM-034-STPS-2016	Acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad

Tabla 2. Normas en materia de seguridad. STPS

Normas de Salud	
Número	Título de la norma
NOM-010-STPS-1999	Contaminantes por sustancias químicas
NOM-010-STPS-2014	Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral
NOM-011-STPS-2001	Ruido
NOM-012-STPS-2012	Radiaciones ionizantes
NOM-013-STPS-1993	Radiaciones no ionizantes
NOM-014-STPS-2000	Presiones ambientales anormales
NOM-015-STPS-2001	Condiciones térmicas elevadas o abatidas
NOM-024-STPS-2001	Vibraciones
NOM-025-STPS-2008	Iluminación

Tabla 3. Normas en materia de salud. STPS

Normas de Organización	
Número	Título de la norma
NOM-017-STPS-1999	Equipo de protección personal
NOM-018-STPS-2014	Identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas
NOM-019-STPS-2001	Comisiones de seguridad e higiene
NOM-026-STPS-2012	Colores y señales de seguridad
NOM-028-STPS-1993	Seguridad en procesos y equipos con sustancias químicas
NOM-030-STPS-2000	Servicios preventivos de seguridad y salud

Tabla 4. Normas en materia de organización. STPS

Normas Específicas	
Número	Título de la norma
NOM-003-STPS-1999	Plaguicidas y fertilizantes
NOM-007-STPS-2000	Instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas agrícolas
NOM-008-STPS-2001	Aprovechamiento forestal maderable y aserraderos
NOM-008-STPS-2013	Aprovechamiento forestal maderable
NOM-016-STPS-2001	Operación y mantenimiento de ferrocarriles
NOM-023-STPS-2012	Trabajos en minas subterráneas y a cielo abierto
NOM-031-STPS-2011	Construcción
NOM-032-STPS-2008	Minas subterráneas de carbón

Tabla 5. Normas específicas. STPS

Normas de Producto	
Número	Título de la norma
NOM-100-STPS-1994	Extintores contra incendio a base de polvo químico seco
NOM-101-STPS-1994	Extintores a base de espuma química
NOM-102-STPS-1994	Extintores contra incendio a base de bióxido de carbono
NOM-103-STPS-1994	Extintores contra incendio a base de agua
NOM-104-STPS-2001	Agentes extinguidores
NOM-106-STPS-1994	Agentes extinguidores
NOM-113-STPS-2009	Equipo de protección personal-Calzado de protección
NOM-115-STPS-2009	Equipo de protección personal-Cascos de protección
NOM-116-STPS-2009	Equipo de protección personal-Respiradores

Tabla 6. Normas de producto. STPS

Las normas concernientes a los rubros de: seguridad, salud y organización, se aplican de manera obligatoria en toda empresa que realice actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, en el contexto de las actividades específicas que desarrollen, así como de las materias primas y productos que se manejen, almacenen, procesen o transporten. En cuanto a las normas específicas, estas serán obligatorias para aquellas empresas que se desarrollen en los sectores específicos que refieren dichas normas. Las normas de producto corresponden a empresas que fabrican, comercializan o distribuyen equipos contra incendio y equipos de protección personal.

Para los fines de este trabajo, la norma a analizar será la: NOM-033-STPS-2015, “Trabajos en espacios confinados”, misma que tiene el objetivo de establecer las condiciones de seguridad para proteger la integridad física y la vida de los trabajadores que realizan trabajos en espacios confinados, así como prevenir alteraciones en su salud.

1.2 Ley Federal de Metrología y Normalización

La Ley Federal Sobre Metrología y Normalización es el instrumento legal creado para la regulación en materia de metrología y normalización en la República Mexicana. Esta ley establece las disposiciones de orden público y de interés social en materias tales como: Metrología, Normalización, Verificación, Certificación, Acreditamiento. Además, en esta ley se estipula el sistema general de unidades de medida, conceptos en materia de metrología y normalización, requisitos de fabricación, importación, venta, reparación, uso, de patrones de medida e instrumentos de medición. A su vez, en esta ley se promueve la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas; así como la institución de la Comisión Nacional de Normalización, los procedimientos de elaboración y modificación de NOM.

1.2.1 Antecedentes

Anterior a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en México, las necesidades normativas en dichas materias se regían por la Ley General de Normas, Pesas y Medidas. Dicha Ley estuvo vigente desde 1961 hasta su abrogación por la LFMyn; lo anterior como producto de la creciente demanda de nuevos ejes normativos que subsanaran las lagunas de la anterior ley, además de que la LGNPYM se viera superada por el creciente avance que los sectores industriales presentaban como respuesta al desarrollo de la técnica y nuevas tecnologías en el ambiente internacional.

En atención a una cobertura normativa y jurídica nacional que pudiera garantizar la competitividad nacional, la calidad en la producción, así como fomentar la facilidad en el comercio internacional, es que en 1987 se presenta una iniciativa de Ley por parte del entonces ejecutivo de la unión: Carlos Salinas de Gortari. Siendo que para el próximo año, el Poder Legislativo de la Unión aprobara la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, haciendo su publicación en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.

La aprobación a finales de los 80's de una ley de naturaleza normativa, ponía en el marco jurídico mexicano los esfuerzos por modernizar y eficientar las estructuras técnicas y tecnológicas en beneficio de la industria nacional, dotando así de homogeneidad el uso de unidades, apoyándose en la experiencia internacional de la cual pretendía ser homologo. Sin embargo, los primeros pasos del intento de modernización en el marco normativo fueron tambaleantes, la ley aprobada en 1988, en ejercicio de sus funciones, mostró flaquezas que evidenciaban su futura modificación; siendo que para 1992 tuviera nacimiento la nueva Ley Federal sobre Metrología y Normalización. A la concepción de esta nueva ley siguió la creación de instituciones que dotarían de fortaleza al área técnica del país; por lo que se crean: el Centro Nacional de Metrología, el Sistema Nacional de Calibración, y la Comisión Nacional de Normalización. Estas instituciones serian participes de la

estructura que dicha ley fomentaba, siendo hasta el día de hoy, en el caso del CENAM, parte fundamental en el ámbito metrológico y normativo. Con el impulso dado al CENAM se abrió un horizonte de modernización y mejora en las actividades metrológicas del país; así fue que se adaptaron laboratorios, se compraron equipos y aparatos de investigación, se contrató personal altamente calificado, además del fomento a la especialización y la continua capacitación. Todo lo anterior fortaleció las bases del laboratorio primario en materia metrológica del país.

A efecto de las nuevas disposiciones y el dinamismo de la materia regulada, y para su continua mejora, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización ha sido objeto de diversas reformas que atienden a las nuevas necesidades de regulación para el correcto cumplimiento de sus objetivos. }

1.2.2 Reformas

Ante el cambio en la materia que la ley rige, o la necesidad de regular preceptos que surgen de nuevas necesidades, la concepción legislativa ha de ser modificada en atención a nuevos requerimientos, siendo así necesaria la reforma de la ley. La Ley Federal sobre Metrología y Normalización ha sido objeto de reformas, con el propósito de erradicar ineficiencias en su aplicación, así como de mejorar los procedimientos que dictamina. Todo en atención de cumplir con el objeto regulatorio. La presente Ley ha sido modificada en siete ocasiones, modificando, eliminando, o derogando; en función de las necesidades a atender. Toda reforma ha sido debidamente examinada y posteriormente publicada en el Diario Oficial de la Federación.

Reforma	
Medio de Publicación	Fecha de Publicación
Diario Oficial de la Federación	24-Dic-1996
Diario Oficial de la Federación	20-May-1997
Diario Oficial de la Federación	19-May-1999
Diario Oficial de la Federación	28-Jul-2006
Diario Oficial de la Federación	30-Abr-2009
Diario Oficial de la Federación	09-Abr-2012
Diario Oficial de la Federación	17-Jul-2014

Tabla 7.Reformas a la LFMyn. Diario Oficial de la Federación.

1.2.3 Objeto

El objeto de esta ley viene dado dentro del título primero, artículo segundo. El objeto de ley se divide en dos partes. I) Lo concerniente a Metrología, y II) lo relativo a normalización, certificación, acreditamiento y verificación.

I. En materia de Metrología:

- a) Establecer el Sistema General de Unidades de Medida.
- b) Precisar los conceptos fundamentales sobre metrología.
- c) Establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida.
- d) Establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados.
- e) Instituir el Sistema Nacional de Calibración.
- f) Crear el Centro Nacional de Metrología, como organismo de alto nivel técnico en la materia; y
- g) Regular, en lo general, las demás materias relativas a la metrología.

II. En materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación:

- a) Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas;
- b) Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal;
- c) Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal;
- d) Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas;
- e) Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de administración pública federal;
- f) Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración; y

1.2.4 La Ley

La Ley Federal de Metrología y Normalización se compone de seis títulos. Cada título se compone a su vez de sus respectivos capítulos con nombre propio. Cada capítulo se compondrá de un cierto número de artículos, y, estos últimos podrán tener fracciones.

1.2.4.1 Título primero

1.2.4.1.1 Capítulo Primero “Disposiciones Generales”

Este título establece la validez de Ley, es decir el carácter Federal y de aplicación en todo el territorio nacional, así como del carácter de orden público e interés social de sus disposiciones. Esto último dirigido hacia el bienestar y orden colectivo. La aplicación y vigilancia de esta Ley será correspondencia del Ejecutivo Federal, por conducto de las dependencias de la Administración Pública Federal que tengan competencia en las materias reguladas por dicho ordenamiento.

Es en este título donde se enuncia el objeto de la Ley en sus dimensiones de Metrología y Normalización, y demás actividades de interés. También se enuncian los conceptos básicos para la comprensión de las atribuciones que tengan en capítulos posteriores, tanto de orden técnico como jurídico. Los términos mencionados en la Ley tienen una connotación específica para los fines de la Ley, mismos que serán evocados a lo largo de la Ley, con una atribución que busque uniformidad en su interpretación.

Se delegara a la Secretaria de Economía, en conjunto con la Secretaria de Relaciones Exteriores, en los términos de la Ley Orgánica para la Administración Pública Federal, la representación del país en todo evento o asunto relacionado a la metrología o normalización a nivel internacional. Lo anterior sin perjuicio de que en dicha representación y conforme a sus atribuciones participen otras dependencias interesadas en razón de su competencia, en coordinación con la propia secretaria. También podrán participar, previa invitación de la secretaria, representantes de organismos públicos y privados.

1.2.4.2 Título Segundo: Metrología

La palabra metrología, según la Real Academia Española, viene del griego μέτρον *métron* 'medida' y *-logía*. Y se define como: *“la ciencia que tiene por objeto el estudio de los sistemas de pesas y medidas”*. Es decir, la ciencia de las mediciones, métodos y medios que aseguran precisión y uniformidad en la medición.

La medición es la evaluación, o comparación que se realiza entre un patrón y un objeto del cual se quiere conocer sus magnitudes. El artículo tercero en su fracción VI determina la acción de medir como: *“el acto de determinar el valor de una magnitud”*.

Los conceptos anteriores marcaran la pauta a seguir para los capítulos del título referido a Metrología.

1.2.4.2.1 Capítulo I “Del Sistema General de Unidades”

Compuesto de los artículos 5º al 9º, este capítulo establece la unicidad legal y uso obligatorio del Sistema General de Unidades en toda la República Mexicana. Se establecen las magnitudes de dicho sistema, así como unidades derivadas, múltiplos y submúltiplos, mismos que deberán ser aprobados por la Conferencia General de Pesos y Medidas y sean previstas en las NOM.

Se atribuye a la Secretaría de Economía la autorización excepcional del empleo de otros sistemas de medidas, esto cuando se esté relacionado con otros países que aún no hayan adoptado el sistema oficial usado en México. Para tales casos, se deberá expresar la equivalencia conjunta con el Sistema General de Unidades. Todo lo anterior en beneficio de propiciar las mejores prácticas industriales y comerciales entre las naciones.

Se estipula que las unidades del SGUM, así como su simbología, estarán consignadas en las Normas Oficiales Mexicanas. En cuanto al carácter educativo, las escuelas oficiales y particulares que sean parte del sistema educativo nacional, deberán incluir la enseñanza del SGUM.

1.2.4.2.2 Capítulo II “De los Instrumentos para Medir”

Compuesto de los artículos 10,11,12,13 y 14, el capítulo hace referencia a lo relativo a todo instrumento utilizado para el acto de medir, siguiendo las definiciones entendidas por la acción de medir, así como las estipuladas para los fines de la LFMyn, aplicándose también las nociones de instrumentos de medición mencionadas en dicha ley.

Previo a su comercialización, los instrumentos sujetos a las NOM: de construcción nacional o importación, deberán obtener aprobación de la SE, sea de modelo o prototipo. Lo anterior dirigido a todo instrumento y patrón que sirva de referencia o se utilice para las disposiciones que el artículo 10 menciona.

En cuanto a fabricantes, importadores, comercializadores, usuarios de instrumentos de medición, la SE podrá requerirles la verificación o calibración de dichos instrumentos, ya sea antes de ser vendidos o en uso, siempre que se detecten ineficiencias metrológicas en los instrumentos mencionados. Para que la SE pueda realizar dicho requerimiento a las partes convocadas, deberá,

con previa antelación, publicar en el Diario Oficial de la Federación la lista de instrumentos y patrones cuya verificación inicial, periódica o extraordinaria, o calibración sea obligatoria.

En materia de verificación: será la SE o algún particular, propiamente autorizado, las instancias que ejecuten dicha acción. En cuanto a las instancias verificadas, la SE o las instancias autorizadas, deberán entregar los documentos necesarios que acrediten la realización del acto de manera oficial, constatando exactitudes, tolerancias y demás parámetros que dispongan las NOM. En caso de que los instrumentos no reúnan las especificaciones estipuladas, deberán ser inmovilizados antes de su expendio o utilización, hasta que se apeguen a las especificaciones. Para aquellos instrumentos que no logren su cometido en los requisitos de ley, deberán ser inutilizados.

Requisitos para dichos instrumentos:

- *Aprobación de modelo o prototipo.
- * Verificación inicial, periódica, extraordinaria o calibración.
- *Aquellas estipuladas en las NOM o en los lineamientos aplicables.

1.2.4.2.3 Capítulo III “De la Medición Obligatoria de las Transacciones”

Del artículo 15 al 23, el presente capítulo expone las relaciones metrológicas y de transacción. Entendiendo la transacción como un contrato bilateral en el que, al hacer concesiones recíprocas, las partes buscan extinguir litigios. Las transacciones, desde el punto de vista vinculativo son importantes puesto que pueden crear, modificar o terminar relaciones. La transacción en términos de la LFMyn consistirá en el acuerdo expresado por la voluntad de las partes en convenios, contratos, negocios, con sus respectivas obligaciones y derechos encaminados a un mutuo beneficio. Cuando en las transacciones de tipo industrial, comercial o de servicios intervengan cantidades, estas se medirán de acuerdo a los instrumentos adecuados, la SE, en razón de la naturaleza de la transacción y para mayor eficiencia en la medición, determinará los instrumentos de medición apropiados. Si se da el caso en que alguna de las partes para mayor seguridad y en detrimento de perjuicio quiera verificar el instrumento o procedimiento de medición, la parte que posea el instrumento tendrá la obligación de permitir dicha verificación.

Punto importante de la medición recaerá en aquellos instrumentos automáticos empelados en la medición de servicios tales como: suministro de agua, gas, energía eléctrica, u otros dictados por la SE, los cuales quedaran sujetos a las siguientes previsiones:

- a) Las instancias que proporcionen de manera directa el suministro de servicios estarán obligadas a tener la cantidad suficiente de instrumentos patrón y equipo de laboratorio, esto para garantizar la precisión de los instrumentos que tengan en uso. En el caso de

- equipo de laboratorio, si entre las entidades suministradoras se llega a un acuerdo en donde costeen el equipo para la SE, la responsabilidad de dicho equipo recaerá en ella.
- b) Para la reparación o calibración de instrumentos, las empresas tienen autorizado el libre movimiento de los componentes internos de dicho equipo, siempre y cuando tengan los elementos para su ajuste, posterior a la manipulación, deberán colocar sellos para que nadie ajeno pueda intervenir en el funcionamiento del equipo.
 - c) La responsabilidad de ajuste y calibración recae en las instancias suministradoras del servicio.
 - d) La SE podrá practicar la verificación de instrumentos a que alude este artículo.
 - e) La destrucción de sellos, en los casos que no lo amerite, será una acción acreedora de sanción.

Queda vedado el uso de aquellos equipos que no cumplan con las especificaciones de las NOM, además de que el uso inadecuado en perjuicio de alguna parte será debidamente sancionado.

En cuanto a los productos envasados, estos podrán tener una tolerancia, margen o diferencia permisible, dictada por la SE, esto debido a aquellas modificaciones que pudieran darse como causalidad que afecte el contenido. En el caso en que el producto se encuentre fuera de los márgenes dictaminados por la SE, será la misma Secretaria la que podrá poner la sanción correspondiente, hasta cumplir los términos establecidos. En cuanto a la manera de verificación de contenido, este se hará mediante un muestreo aleatorio estadístico, del cual dependerá el camino a seguir en cuanto a las disposiciones establecidas.

1.2.4.2.4 Capítulo IV “Del Sistema Nacional de Calibración”

El diccionario de la RAE cuenta con varias acepciones para la palabra sistema, para las disposiciones de la presente Ley y capítulo, la primera definición: *“conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí,”* tanto como la segunda definición: *“conjunto de cosas que relacionadas entre si ordenadamente contribuyen a determinado objeto”,* serán las denominaciones bajo las cuales identificaremos las formas organizacionales de las instituciones tanto públicas como privadas. Con lo anterior podemos decir que el Sistema Nacional de Calibración es la organización dirigida a otorgar uniformidad y credibilidad a las acciones relativas a la medición que se practiquen en México.

Dada la amplitud en materia de transacciones comerciales, de servicio, así como en las actividades industriales, científicas y tecnológicas, y dada la búsqueda de uniformidad y confiabilidad en las mediciones inherentes a dichas actividades; se instituyó el Sistema Nacional de Calibración, mismo que será “dirigido” por la SE.

Se atribuye la cooperación del SNC con el CENAM, la SE y las instancias autorizadas por esta última, para las actividades dictaminadas en apoyo al SNC, actividades que van orientadas a la mejora de las prácticas en materia metrológica y de calibración, fomentando así la cooperación con instituciones inmiscuidas en la materia.

Parte importante de la composición eficaz en la práctica de las actividades encaminadas a la metrología y calibración son los laboratorios de calibración, los cuales para su acreditación deberán estar sujetos al art 68 de la LFMyn , dicho artículo pertenece al TITULO CUARTO: “DE LA ACREDITACION Y DETERMINACIÓN DEL CUMPLIMIENTO”, Capítulo I, “De la Acreditación y Aprobación”. Un laboratorio acreditado para poder prestar los servicios de calibración y medición derivados de la evaluación de la conformidad en las NOM, deberá estar acreditado por la SE según el art 70, además de tener los patrones de medida con trazabilidad a los patrones nacionales. Entendiendo por trazabilidad, según lo dispuesto por la Entidad Mexicana de Acreditación, aquella propiedad resultante de una medición o valor de un patrón, tal que esta pueda ser relacionada con referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, o por medio de una cadena interrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

Cuando los laboratorios acreditados presten servicio de medición o calibración deberán constatar los resultados en dictámenes del laboratorio, en donde se indicara el grado de precisión, así como datos que faciliten la identificación de del patrón de medida o del instrumento para medir. La elaboración de dichos dictámenes deberán ser expedidos por la persona física que el laboratorio autorice para ese fin.

1.2.4.2.5 Capítulo V “Del Centro Nacional de Metrología”

Artículos del 29 al 37. En el título primero, artículo 2º de la presente Ley, se fijaron los objetos que se pretenden con su creación, dentro de dichos objetos en el apartado relativo a metrología se estipula la creación del Centro Nacional de Metrología como organismo de alto nivel técnico en la materia. Dentro del art. 29 del presente capítulo se establece la naturaleza del CENAM. Definiéndolo como un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio con el objeto de llevar a cabo funciones de alto nivel técnico en materia de metrología.

Recurriendo a los orígenes jurídicos que germinan a un organismo descentralizado como lo es en este caso el CENAM, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, en su título tercero “De la Administración Pública Paraestatal”, capítulo único “ De la administración Pública Paraestatal”, artículo 45, señala los modos en que puede crearse un organismo de carácter descentralizado. Citando el artículo 45: *Artículo 45.- Son organismos descentralizados las entidades creadas por ley*

o decreto del Congreso de la Unión o por decreto del Ejecutivo Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, cualquiera que sea la estructura legal que adopten. Este tipo de organismos son entidades de la Administración Pública Federal que auxilian al Ejecutivo Federal en la realización de sus actividades, y son además, parte de la Administración Pública Paraestatal.

El artículo 30 del presente título determina las funciones que el CENAM tiene. Dentro de las cuales se marca la atribución de laboratorio primario del SNC, lo cual marca la importancia de dicho organismo en toda actividad metrológica y normativa. Puesto que todo laboratorio “secundario”, así como unidades de acreditación se verán sublimados a la autoridad del CENAM, pues, será esta instancia quien determine la capacidad técnica, de calibración y medición de los laboratorios que pretendan estar acreditados.

La estructura del CENAM se ve dictada por el art 31, mismo que menciona la integración por un Consejo Directivo, un Director General, además del personal de confianza y operativo que sea requerido.

Corresponde al art 32 la integración del Consejo Directivo, del cual se resalta la representatividad de diversos sectores como característica principal. En cuanto a las atribuciones del Consejo Directivo, estas son estipuladas en el art 33. En cuanto a las funciones del Director General, estas vienen en el art 35. El Director General, siguiendo lo dictado por el art 34, será designado por el Presidente de la República.

El patrimonio del CENAM se conforma por aquellos bienes que le sean aportados por el Gobierno Federal, los bienes derivados del presupuesto aprobado cada año por el Gobierno Federal a la Secretaría de Economía; así como de los ingresos que perciba por los servicios que proporcione, recordando aquellos servicios como calibración, peritaje, convenios, promoción etc.

1.2.4.3 Título Tercero: Normalización

El concepto normalización en el contexto de la LFMyn refiere a la idea del proceso que atiende a las necesidades de regulación y control en aspectos cotidianos; abarcando procesos, productos, servicios; produciendo instrumentos directrices que deberán ser acatados por las partes interesadas. Este título tercero refiere a los instrumentos normativos aplicables en México, así como sus características, constitución, procedimientos de formulación y entidades destinadas a su elaboración. La normalización será entonces el proceso de formular los preceptos correspondientes a la materia en cuestión, aplicando las reglas de manera ordenada a la actividad en cuestión; dichas reglas estarán influidas por el interés y cooperación de los interesados, teniendo en cuenta las buenas prácticas y las condiciones de seguridad

1.2.4.3.1 Capítulo I: “Disposiciones Generales”

Artículos 38 y 39. El primer artículo corresponde a las atribuciones de las dependencias según su ámbito de competencia. Las dependencias aludidas en dicho artículo son las de la Administración Pública Federal, mismas que siguen lo dispuesto en la ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Dicha Ley en su título primero, capítulo único, artículo segundo, establece que: *“En el ejercicio de sus atribuciones y para el despacho de los negocios del orden administrativo encomendados al Poder Ejecutivo de la Unión, habrá las siguientes dependencias de la Administración Pública Centralizada: Secretarías de Estado, Consejería Jurídica y Órganos Reguladores Coordinados en materia Energética”* Con lo anterior, podemos decir que la Administración Pública Federal Centralizada se conforma de: La Oficina de la Presidencia de la Republica, Las Secretarías de Estado, la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal y los Órganos Reguladores Coordinados.

Las dependencias a las que hace mención la LFMyn, son aquellos órganos con vinculación directa al Ejecutivo Federal, mismos que siguen una relación jerárquica y se subordinación a este último, que es el que los faculta para atender las actividades que la Ley Orgánica para la Administración Pública Federal les atribuye.

Las dependencias de la Administración Pública Federal son: Presidencia, SEGOB, SER, SEDENA, SEMAR, SHCP, SEDESOL, SEMARNAT, SENER, SE, SEP, SAGARPA, SCT, SFP, SALUD, STPS, SEDATU, SECTUR, CULTURA, PGR, CJEF. Cada dependencia atenderá su ámbito de competencia y funciones otorgadas constituyen un sistema que produce directrices técnico-operativas para al proceso de normalización, teniendo en cuenta además, atribuciones de certificación, acreditamiento, verificación e inspección. Las dependencias mencionadas en cumplimiento de lo establecido en el art 38 de la LFMyn, en el ámbito de su competencia tendrán las siguientes funciones:

- I. Contribuir en la integración del Programa Nacional de Normalización con las propuestas de normas oficiales mexicanas;
- II. Expedir normas oficiales mexicanas en las materias relacionadas con sus atribuciones y determinar su fecha de entrada en vigor;
- III. Ejecutar el Programa Nacional de Normalización en sus respectivas áreas de competencia;
- IV. Constituir y presidir los comités consultivos nacionales de normalización;
- V. Certificar, verificar e inspeccionar que los productos, procesos, métodos, instalaciones, servicios o actividades cumplan con las normas oficiales mexicanas;
- VI. Participar en los comités de evaluación para la acreditación y aprobar a los organismos de certificación, los laboratorios de prueba y las unidades de verificación con base en los resultados de dichos comités, cuando se requiera para efectos de la evaluación de la conformidad, respecto de las normas oficiales mexicanas; Coordinarse en los casos que proceda con otras dependencias para cumplir con lo dispuesto en esta Ley y comunicar a la Secretaría su opinión sobre los proyectos de regulaciones técnicas de otros países, en los términos de los acuerdos y tratados internacionales en los que los Estados Unidos Mexicanos sea parte;

- VII. Coordinarse con las instituciones de enseñanza superior, asociaciones o colegios de profesionales, para constituir programas de estudio y capacitación con objeto de formar técnicos calificados y promover las actividades a que se refiere esta Ley; IX. Las demás atribuciones que le confiera la presente Ley y su reglamento.

El artículo 39 estipula las obligaciones de la SE, además de las establecidas en el artículo anterior.

- I. Integrar el Programa Nacional de Normalización con las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas que se pretendan elaborar anualmente;
- II. Codificar las normas oficiales mexicanas por materias y mantener el inventario y la colección de las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas, así como de las normas internacionales y de otros países;
- III. I Fungir como Secretario Técnico de la Comisión Nacional de Normalización y de los Comités Nacionales de Normalización, salvo que los propios comités decidan nombrar al secretario técnico de los mismos;
- IV. Mantener un registro de organismos nacionales de normalización, de las entidades de acreditación y de las personas acreditadas y aprobadas; Fracción reformada DOF 20-05-1997
- V. Expedir las normas oficiales mexicanas a que se refieren las fracciones I a IV, VIII, IX, XII, XV y XVIII del artículo 40 de la presente Ley, en las áreas de su competencia; Fracción reformada DOF 24-12-1996, 20-05-1997
- VI. Llevar a cabo acciones y programas para el fomento de la calidad de los productos y servicios mexicanos;
- VII. Coordinarse con las demás dependencias y con el Instituto Federal de Telecomunicaciones para el adecuado cumplimiento de las disposiciones de esta Ley, en base a las atribuciones de cada dependencia y de dicho Instituto; Fracción reformada DOF 14-07-2014 LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN Secretaría General Secretaría de Servicios Parlamentarios Última Reforma DOF 18-12-2015 13 de 63
- VIII. Participar con voz y voto en los comités consultivos nacionales de normalización en los que se afecten las actividades industriales o comerciales; Fracción reformada DOF 20-05-1997
- IX. Autorizar a las entidades de acreditación, recibir las reclamaciones que se presenten contra tales entidades y, en su caso, requerir la revisión de las acreditaciones otorgadas, así como aprobar, previa opinión de la Comisión Nacional de Normalización, los lineamientos para la organización de los comités de evaluación; Fracción reformada DOF 20-05-1997
- X. Coordinar y dirigir los comités y actividades internacionales de normalización y demás temas afines a que se refiere esta Ley; Fracción adicionada DOF 20-05-1997
- XI. Fungir como centro de información en materia de normalización y notificar las normas oficiales mexicanas conforme a lo dispuesto en los acuerdos y tratados internacionales de los que los Estados Unidos Mexicanos sea parte, para lo cual las dependencias deberán proporcionarle oportunamente la información necesaria; y Fracción adicionada DOF 20-05-1997
- XII. Las demás facultades que le confiera la presente Ley y su reglamento

1.2.4.3.2. Capítulo II: “De las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Mexicanas”.

1.2.4.3.2. I Sección I: De las Normas Oficiales Mexicanas.

Las Normas Oficiales Mexicanas son aquellas regulaciones técnicas de observancia obligatoria que son expedidas por las dependencias competentes, establecidas de acuerdo al art 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Estas normas establecen las reglas, especificaciones, directrices, atributos, aplicables a un producto, proceso, servicio o actividad. Dichas normas surgen de la necesidad de regular las actividades y productos de una creciente economía. Antes de la implementación de la LFMyn en México, la Ley General de Normas Pesas y Medidas (1977) clasificaba a las normas existentes en obligatorias y no obligatorias, teniendo el concepto de norma como aquella disposición regulatoria para productos industriales. Antes de la creación de la Ley General de Normas Pesas y Medidas, la Ley de Normas Industriales (1946) establecía la clasificación entre normas, siendo estas de carácter: de nomenclatura, de calidad y funcionamiento. Se puede decir que las NOM´s son reglas de carácter técnico, operativo y de conducta que dictan la manera en que ha de llevarse alguna actividad practica para el logro de un determinado fin.

La sección I consta de los artículos 40 al 51. Dentro de los cuales se aborda la finalidad de las NOM´s, el contenido que estas deberán poseer, las dependencias que participaran en la elaboración de NOM´s. Se establece también los requisitos de anteproyectos, así como las disposiciones a las que están sujetas la elaboración y modificación de NOM´s; la manera en que se ajustaran los proyectos de norma, así como los casos señalados como emergencia.

Dentro de lo establecido en el art 40 referente a las finalidades de las NOM, se tiene el establecer:

- I. Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales;
- II. Las características y/o especificaciones de los productos utilizados como materias primas o partes o materiales para la fabricación o ensamble de productos finales sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas, siempre que para cumplir las especificaciones de éstos sean indispensables las de dichas materias primas, partes o materiales;
- III. Las características y/o especificaciones que deban reunir los servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal o el medio ambiente general y laboral o cuando se trate de la prestación de servicios de forma generalizada para el consumidor;
- IV. Las características y/o especificaciones relacionadas con los instrumentos para medir, los patrones de medida y sus métodos de medición, verificación, calibración y trazabilidad;
- V. Las especificaciones y/o procedimientos de envase y embalaje de los productos que puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud de las mismas o el medio ambiente;

- VI. (Se deroga) Fracción derogada DOF 20-05-1997
- VII. Las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo y otros centros públicos de reunión;
- VIII. La nomenclatura, expresiones, abreviaturas, símbolos, diagramas o dibujos que deberán emplearse en el lenguaje técnico industrial, comercial, de servicios o de comunicación;
- IX. La descripción de emblemas, símbolos y contraseñas para fines de esta Ley;
- X. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales;
- XI. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover la salud de las personas, animales o vegetales;
- XII. La determinación de la información comercial, sanitaria, ecológica, de calidad, seguridad e higiene y requisitos que deben cumplir las etiquetas, envases, embalaje y la publicidad de los productos y servicios para dar información al consumidor o usuario;
- XIII. Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos;
- XIV. (Se deroga)
- XV. Los apoyos a las denominaciones de origen para productos del país;
- XVI. Las características y/o especificaciones que deban reunir los aparatos, redes y sistemas de comunicación, así como vehículos de transporte, equipos y servicios conexos para proteger las vías generales de comunicación y la seguridad de sus usuarios;
- XVII. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos para el manejo, transporte y confinamiento de materiales y residuos industriales peligrosos y de las sustancias radioactivas; y
- XVIII. Otras en que se requiera normalizar productos, métodos, procesos, sistemas o prácticas industriales, comerciales o de servicios de conformidad con otras disposiciones legales, siempre que se observe lo dispuesto por los artículos 45 a 47.

El art 41 establece las características que deberá tener la NOM.

- I. La denominación de la norma y su clave o código, así como las finalidades de la misma conforme al artículo 40;
- II. La identificación del producto, servicio, método, proceso, instalación o, en su caso, del objeto de la norma conforme a lo dispuesto en el artículo precedente;
- III. Las especificaciones y características que correspondan al producto, servicio, método, proceso, instalación o establecimientos que se establezcan en la norma en razón de su finalidad;
- IV. Los métodos de prueba aplicables en relación con la norma y en su caso, los de muestreo;
- V. Los datos y demás información que deban contener los productos o, en su defecto, sus envases o empaques, así como el tamaño y características de las diversas indicaciones;
- VI. El grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración; Fracción reformada DOF 20-05-1997
- VII. La bibliografía que corresponda a la norma;
- VIII. La mención de la o las dependencias que vigilarán el cumplimiento de las normas cuando exista concurrencia de competencias; y

- IX. Las otras menciones que se consideren convenientes para la debida comprensión y alcance de la norma.

Identificación de la norma. Se identificara a las normas por un título que indique su aplicación general y un código de identificación formado por:

- 1) Tres dígitos: Código numérico específico de la norma, serán 3 dígitos (001-999)
- 2) Tres letras: El tipo de norma, puede ser NOM o NMX. Puede tener como antecesor la letra (P) que indica proyecto, o la sigla (EM) que indica norma en contexto de emergencia.
- 3) Tres dígitos: Código numérico específico de la norma, serán 3 dígitos (001-999)
- 4) Tres o cuatro letras: Las siglas de la dependencia involucrada en los procesos de norma
- 5) Cuatro dígitos: Indican el año en que se publicó en el DOF

Para la elaboración de NOM's participaran la o las dependencias a las que correspondan las actividades o materias a normalizarse, asimismo será atribución suya la elaboración de anteproyectos para su presentación ante los comités consultivos de normalización. Los organismos nacionales de normalización también podrán someter a los CCNN los proyectos de normas que elaboren. Para la elaboración de una NOM se deberá verificar la existencia de normas relacionadas, de ser así, se coordinaran las dependencias con la finalidad de elaborar una sola NOM por sector o materia. Además de tomar en cuenta las NOM y normas internacionales.

En cuanto a los anteproyectos de norma que se presenten en los comités para su discusión, estos deberán manifestar su impacto regulatorio en los términos que dicte la SE, así como la finalidad de la norma, una descripción técnica de las ventajas y desventajas y de la factibilidad técnica de la comprobación del cumplimiento de la norma. La manifestación deberá presentarse a la SE en la misma fecha que al comité. En el caso que la norma pudiera tener un amplio impacto en la economía o un sector específico, la manifestación deberá tener un análisis monetario en términos del valor presente de los costos y beneficios del anteproyecto.

Para la elaboración y modificación de las NOM's se sujetará a las siguientes reglas:

- I. Los anteproyectos a que se refiere el artículo 44, se presentarán directamente al comité consultivo nacional de normalización respectivo, para que en un plazo que no excederá los 75 días naturales, formule observaciones; y
- II. La dependencia u organismo que elaboró el anteproyecto de norma, contestará fundadamente las observaciones presentadas por el Comité en un plazo no mayor de 30 días naturales contado a partir de la fecha en que le fueron presentadas y, en su caso, hará las modificaciones correspondientes. Cuando la dependencia que presentó el proyecto, no considere justificadas las observaciones presentadas por el Comité, podrá solicitar a la presidencia de éste, sin modificar su anteproyecto, ordene la publicación como proyecto, en el Diario Oficial de la Federación.

Los proyectos de NOM's deberán sujetarse al siguiente procedimiento:

- I. Se publicarán íntegramente en el Diario Oficial de la Federación a efecto de que dentro de los siguientes 60 días naturales los interesados presenten sus comentarios al comité consultivo nacional de normalización correspondiente. Durante este plazo la manifestación a que se refiere el artículo 45 estará a disposición del público para su consulta en el comité;
- II. Al término del plazo a que se refiere de la fracción anterior, el comité consultivo nacional de normalización correspondiente estudiará los comentarios recibidos y, en su caso, procederá a modificar el proyecto en un plazo que no excederá los 45 días naturales;
- III. Se ordenará la publicación en el Diario Oficial de la Federación de las respuestas a los comentarios recibidos así como de las modificaciones al proyecto, cuando menos 15 días naturales antes de la publicación de la norma oficial mexicana; y
- IV. Una vez aprobadas por el comité de normalización respectivo, las normas oficiales mexicanas serán expedidas por la dependencia competente y publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Procedimiento de elaboración de una NOM.



Ilustración 1. Procedimiento de creación de una NOM

Para los casos de emergencia, considerados aquellos acontecimientos inesperados que afecten o amenacen las finalidades de lo dispuesto en el art 40, la dependencia competente podrá elaborar una norma de manera extraordinaria, esto es: sin haber mediado proyecto o anteproyecto. Esta NOM será publicada en el DOF con una vigencia máxima de seis meses. En ningún caso se podrá expedir más de dos veces consecutivas la misma norma en los términos de este artículo.

Si las partes subordinadas a la aplicación de las disposiciones dictadas por una NOM consideran la sustitución de elementos estipulados en la NOM, podrán presentar a la dependencia la solicitud de utilizar otros elementos diferentes a los de la NOM, y podrán ser eximidos de la aplicación por la dependencia siempre y cuando manifiesten la fiabilidad científica u objetiva de las sustitución en pos de cumplir con los objetivos dela NOM. En caso de aceptación de solicitud, la autorización se publicara en el DOF.

El art 51 estipula el procedimiento para la modificación de una NOM. *Cuando no subsistan las causas que motivaron la expedición de una norma oficial mexicana, las dependencias competentes, a Iniciativa propia o a solicitud de la Comisión Nacional de Normalización, de la Secretaría o de los miembros del comité consultivo nacional de normalización correspondiente, podrán modificar o cancelar la norma de que se trate sin seguir el procedimiento para su elaboración.*

Las NOM's deberán revisarse cada 5 años a partir de su entrada en vigor, la revisión deberá ser notificada al secretario técnico de la CCNN, de no hacerse dicha notificación las normas perderán su vigencia y las dependencias correspondientes deberán anunciar su cancelación en el DOF.

1.2.4.3.2. II Sección II: De las Normas Mexicanas.

Dentro del título primero, artículo 3ro de la LFMyn, fracción X, se dicta lo que se entiende por norma mexicana: *" la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado".*

Las NMX a diferencia de las NOM, son de carácter voluntario, aunque no por ello carecen de aprobación o aceptación entre los sectores involucrados, sobre todo como exigencias de calidad en un mercado dinámico en un entorno competitivo y globalizado. Buscando promover una cultura de autorregulación que satisfaga la calidad de procesos, productos y servicios.

El carácter voluntario de estas normas se exceptúa en aquellos casos en los casos en que los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios, son conformes con las mismas y sin perjuicio de que las dependencias requieran en una norma oficial mexicana su observancia para fines determinados. Su campo de aplicación puede ser nacional, regional o local. El procedimiento de elaboración de NMX deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- I. Deberán incluirse en el Programa Nacional de Normalización;
- II. Tomar como base las normas internacionales, salvo que las mismas sean ineficaces o inadecuadas para alcanzar los objetivos deseados y ello esté debidamente justificado; y
- III. Estar basadas en el consenso de los sectores interesados que participen en el comité y someterse a consulta pública por un periodo de cuando menos 60 días naturales antes de su expedición, mediante aviso publicado en el Diario Oficial de la Federación que contenga un extracto de la misma.

Para que las normas elaboradas por organismos nacionales de normalización y otros organismos se puedan expedir como NMX, se deberá cumplir con lo establecido en esta sección, y será el secretariado técnico de la CNN quien publique su declaratoria de vigencia en el DOF. Las NMX deberán revisarse cada 5 años, notificando al secretariado técnico los resultados obtenidos.

Este título faculta a la SE de expedir normas mexicanas, por sí o a solicitud de las dependencias. Lo hará para las áreas no cubiertas por los organismos nacionales de normalización, o cuando se demuestre a la CNN que las normas expedidas por dichos organismos no reflejan los intereses de los sectores. Para ello, los temas propuestos como normas mexicanas deberán incluirse en el Plan Nacional de Normalización justificar su conveniencia y, en su caso, la dependencia que lo solicite deberá también demostrar que cuenta con la capacidad para coordinar los comités de normalización correspondientes.

1.2.4.3.3 Capítulo III: “De la observancia de las normas”

Observancia: *Cumplimiento exacto y puntual de lo que se manda a ejecutar, como una ley, un estatuto o una regla.* La definición por parte de la RAE en el contexto de este capítulo referirá a las NOM, mismas que ya se estableció, son de observancia general. Para la existencia de las 4 normas restantes: Normas Mexicanas, normas de emergencia, normas internacionales y normas de referencia, la observancia se dispondrá según aplique.

Este capítulo consta de los artículos 52 al 57. Dentro de los que se manifiesta el cumplimiento obligatorio de las NOM's para todo producto, proceso, método, instalación, servicio o actividad. Contemplando también, que el equivalente de un producto o servicio de importación deberá cumplir con lo dispuesto en las NOM's. En caso de no existir una NOM, la dependencia competente podrá requerir la ostentación de especificaciones internacionales con que cumplen dichos productos o servicios.

Establecido el carácter voluntario de las NMX, estas normas no podrán contener especificaciones inferiores a las establecidas en las NOM. Esto dado que las NMX constituyen una referencia para la calidad de los productos y servicios, orientado a la protección de los consumidores.

En el caso de controversias civiles, mercantiles o administrativas, cuando no se especifiquen las características de los bienes o servicios, las autoridades competentes deberán tomar como referencia las normas oficiales mexicanas y en su defecto las normas mexicanas. La evaluación de la conformidad de dichas normas estará dispuesto en el título cuarto.

Toda entidad sujeta a NOM's deberán tener sistemas de control compatibles con dichas normas, también tendrán la obligación de verificar las especificaciones de los elementos bajo normatividad, con el equipo adecuado, esto para la correcta especificación del cumplimiento de norma. En el caso que los productos o servicios no cumplan con una determinada norma, la autoridad competente prohibirá la comercialización de dichos elementos hasta que cumplan las especificaciones, de no hacerlo, se tomarán las medidas para que no lleguen a los fines para los cuales estaban destinados.

1.2.4.3.4 Capítulo IV: “De la Comisión Nacional de Normalización”

La Comisión Nacional de Normalización es el órgano coordinativo de normalización en el país. Se compone de dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, cámaras, organismos nacionales de normalización y asociaciones en materia de normalización. Dicha comisión es presidida rotativamente un año por los subsecretarios en el orden de la fracción I del art 59 de la LFMyn (Desarrollo Social; Medio Ambiente y Recursos Naturales; Energía; Economía; Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Salud; Trabajo y Previsión Social, y Turismo;)

Dentro de las principales funciones de la CNN se encuentran: la aprobación anual del Programa Nacional de Normalización, el establecimiento de reglas organizativas entre dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para la elaboración y difusión de normas; así como la resolución de discrepancias posibles entre los CCNN.

La CNN tendrá sesiones al menos una vez cada 3 meses y toma sus resoluciones por consenso y, a falta de este, por mayoría de votos de los miembros de las dependencias de la administración pública Federal que la integran.

La información de los asuntos abordados en cada sesión y los acuerdos alcanzados en las mismas se encuentran disponibles en las minutas de cada sesión. El Programa Nacional de Normalización se integra por el listado de temas a normalizar durante el año que corresponda, para normas oficiales mexicanas, normas mexicanas o las normas a que se refiere el artículo 67.

1.2.4.3.5 Capítulo V: “De los Comités Consultivos de Normalización”

Los Comités Consultivos Nacionales de Normalización son órganos destinados a la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, así como para la promoción del cumplimiento de las mismas. Los CCNN son constituidos y presididos por la dependencia competente. Estos comités estarán integrados por personal técnico de las dependencias competentes, según la materia que corresponda al comité; organizaciones de industriales, prestadores de servicios, comerciantes, productores agropecuarios, forestales o pesqueros; centros de investigación científica o tecnológica; colegios de profesionales y consumidores.

1.2.4.3.6 Capítulo VI: “De los Organismos Nacionales de Normalización”

Los Organismos Nacionales de Normalización son aquellas personas morales con el principal objetivo de la elaboración y expedición de Normas Oficiales Mexicanas, esto en las materias en que sean registrados por la Dirección General de Normas. La DGN es la unidad administrativa

dependiente de la Subsecretaría de Competitividad y Normatividad de la SE, siendo el ente encargado de ejercer las atribuciones dispuesta en la LFMyn, LFPC, LH, LFTyR, los reglamentos y demás disposiciones en materia de metrología, normalización y evaluación de la conformidad.

El término de persona moral al que alude este capítulo refiere a aquellos grupos de personas consideradas en materia de derecho como una sola entidad para las actividades jurídicas. Ejemplo de lo anterior podrían ser las Sociedades Civiles y Mercantiles, lo cual indica que estas serían las asociaciones que formarían las personas interesadas en la participación elaborativa de NOM, cuyo objeto social será el de normalizar. Para poder operar como ONN se requiere:

- I. Presentar solicitud de registro ante la Secretaría, con copia para la dependencia que corresponda;
- II. Presentar sus estatutos para aprobación de la Secretaría en donde conste que: a) Tienen por objeto social el de normalizar; b) Sus labores de normalización se lleven a cabo a través de comités integrados de manera equilibrada por personal técnico que represente a nivel nacional a productores, distribuidores, comercializadores, prestadores de servicios, consumidores, instituciones de educación superior y científica, colegios de profesionales, así como sectores de interés general y sin exclusión de ningún sector de la sociedad que pueda tener interés en sus actividades; y c) Tengan cobertura nacional; y
- III. Tener capacidad para participar en las actividades de normalización internacional, y haber adoptado el código para la elaboración, adopción y aplicación de normas internacionalmente aceptado.

Los ONN tendrán, dentro de sus obligaciones: permitir la participación de todos los sectores interesados en la elaboración de NOM, así como la de las dependencias y entidades de Administración Pública Federal; hacer del conocimiento público las NOM que se pretendan emitir, esto con aviso en el DOF; celebrar convenios con la SE con la finalidad de que esta puede tener actualizada la colección de normas.

1.2.4.4 Título cuarto: De la acreditación y Cumplimiento

1.2.4.4.1 Capítulo I: “De la Acreditación y Aprobación”

Artículos 68-72. Dentro del TITULO PRIMERO, artículo 3ro, se define lo que la presente Ley expresa por “acreditación”, siendo *el acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los organismos de certificación, de los laboratorios de prueba, de los laboratorios de calibración y de las unidades de verificación para la evaluación de la conformidad.*

En cuanto al término “aprobación”, dentro de las definiciones dadas en el artículo 3ro de la presente Ley, no se especifica término relativo a dicha palabra. Sin embargo, recurriendo a la definición de la RAE y al sentido cotidiano en el uso de la palabra aprobación, podemos discernir el término como aquella acción de calificar, dar por bueno a algo o alguien; declarar hábil y competente a alguien. Para el contexto de las NOM’s lo entenderemos como la acción que

desarrollaran las dependencias competentes para otorgar su consentimiento para que las entidades acreditadas estén en disposición de poder certificar o verificar NOM's en la materia de su competencia.

La evaluación de la conformidad será realizada por las dependencias competentes, por el Instituto Federal de Telecomunicaciones o por los organismos de certificación, los laboratorios de prueba o de calibración y por las unidades de verificación acreditados y, en su caso, aprobados en los términos del artículo 70.

El art. 70 establece:

Las dependencias competentes y el Instituto Federal de Telecomunicaciones podrán aprobar a las personas acreditadas que se requieran para la evaluación de la conformidad, en lo que se refiere a normas oficiales mexicanas, para lo cual se sujetarán a lo siguiente:

- I. Identificar las normas oficiales mexicanas para las que se requiere de la evaluación de la conformidad por personas aprobadas y, en su caso, darlo a conocer en el Diario Oficial de la Federación; y
- II. Participar en los comités de evaluación para la acreditación, o reconocer sus resultados. No duplicar los requisitos solicitados para su acreditación, sin perjuicio de establecer adicionales, cuando se compruebe justificadamente a la Secretaría la necesidad de los mismos a fin de salvaguardar tanto el objetivo de la norma oficial mexicana, como los resultados de la evaluación de la conformidad con la misma y la verificación al solicitante de las condiciones para su aprobación.

El art 69 establece que: Las entidades de acreditación integrarán comités de evaluación, como órganos de apoyo para la acreditación y, en su caso, para la aprobación por las dependencias competentes. Los comités de evaluación estarán constituidos por materias, sectores y ramas específicas, e integrados por técnicos calificados con experiencia en los respectivos campos, así como por representantes de los productores, consumidores, prestadores y usuarios del servicio, y por el personal técnico de las entidades de acreditación y de las dependencias competentes, conforme a los lineamientos que dicte la Secretaría, previa opinión de la Comisión Nacional de Normalización.

Para poder operar como entidad de acreditación se requerirá la autorización de la SE, con la previa opinión mayoritaria de los miembros de la CNN, además de cumplir con lo siguiente.

- I. Acreditar la capacidad jurídica, técnica, administrativa y financiera, para lo que se deberá acompañar: a) Estatutos sociales o proyecto de éstos, detallando órganos de gobierno, y la estructura técnica funcional de la entidad donde conste la representación equilibrada de los organismos productivos, comerciales y académicos interesados, a nivel nacional, en el proceso de acreditación; b) Relación de los recursos materiales y humanos con que cuenta, o propuesta de los mismos, detallando grado académico y experiencia en la materia de éstos

últimos; y c) Documentos que demuestren su solvencia financiera para asegurar la continuidad del sistema de acreditación;

II. Demostrar su capacidad para atender diversas materias, sectores o ramas de actividad.

III. Acompañar, en su caso, sus acuerdos con otras entidades similares o especializadas en las materias a que se refiere esta Ley; y IV. Señalar las tarifas máximas que aplicaría en la prestación de sus servicios.

En cuanto a las obligaciones de las unidades de acreditación autorizadas, estas estarán dadas en el art 70-B. En cuanto al 70-C, este estipulara los deberes de las entidades de acreditación y las personas acreditadas por ellas.

También se contempla la inspección que en cualquier tiempo podrían realizar las dependencias competentes o el Instituto Federal de Telecomunicaciones, esto en favor de asegurar el cumplimiento de la Ley, los reglamentos, las NOM's, por parte de las entidades de acreditación.

1.2.4.4.2 Capítulo II: "De los Procedimientos Para la Evaluación de la Conformidad"

La evaluación de la conformidad es la determinación en el grado de cumplimiento con las NOM's, NMX's, o con otras especificaciones, prescripciones o características. La evaluación de la conformidad comprenderá los procedimientos de muestreo, prueba, calibración y verificación. Todos los productos, procesos, servicios deberán cumplir con lo establecido por las normas correspondientes. Serán las dependencias competentes quienes, tratándose de las NOM's, establecerán los procedimientos para la evaluación de la conformidad cuando para fines oficiales se requiera determinar el cumplimiento con dichas normas.

Se establece que las entidades privadas también podrán llevar a cabo la actividad de evaluación de la conformidad con las normas, esto mediante constatación ocular, muestreos, mediciones de laboratorios, o examinando la documentación necesaria. La evaluación de dicha conformidad podrá establecerse por tipo, línea, lote o partida de productos. En cuanto a los agentes evaluadores de conformidad, estos podrán conocerse como: Organismos de Certificación, Laboratorios de Prueba, Laboratorios de Calibración, Unidades de Verificación.

1.2.4.4.3 Capítulo III: "De las Contraseñas y Marcas Oficiales"

Las dependencias competentes en coordinación con la Secretaría, podrán establecer las características de las contraseñas oficiales que denoten la evaluación de la conformidad respecto de las normas oficiales mexicanas y, cuando se requiera, de las normas mexicanas. Los productos o servicios sujetos a normas oficiales mexicanas y normas mexicanas, podrán ostentar voluntariamente las contraseñas oficiales cuando ello no induzca a error al consumidor o usuario sobre las características del bien o servicio.

Las dependencias podrán requerir que determinados productos ostenten dichas contraseñas obligatoriamente, en cuyo caso se requerirá la evaluación de la conformidad por la dependencia competente o por las personas acreditadas y aprobadas para ello.

Las dependencias podrán establecer los emblemas que denoten la acreditación y aprobación de los organismos de certificación, laboratorios de prueba y de calibración y unidades de verificación.

1.2.4.4.4 Capítulo IV: “De los Organismos de Certificación”

Los Organismos de Certificación son personas morales con el objeto de realizar tareas en materia de certificación. Dicho de otro modo: ellos evalúan si lo que es un producto, proceso, o servicio se adecua a lo establecido en las normas o lineamientos establecidos por organismos normalizadores nacionales o internacionales. Estos organismos son instituciones de tercera parte (laboratorios de ensayo y/o pruebas, unidades de verificación y organismos de certificación), cuya estructura técnica funcional tiene participación de diversos sectores: productor, distribuidor, comercializador, consumidor, etc.

Serán las dependencias competentes quienes aprobarán a los Organismos de Certificación acreditados para cada NOM. Dicha aprobación podrá darse por materia, sector o rama, siempre y cuando el organismo cumpla con lo siguiente:

- I. Tenga cobertura nacional;
- II. Demuestre la participación, en su estructura técnica funcional de representantes de los sectores interesados a nivel nacional de productores, distribuidores, comercializadores, prestadores de servicios, consumidores, instituciones de educación superior y científica, colegios de profesionales, así como de aquellos que puedan verse afectados por sus actividades;
- III. Cuenten con procedimientos que permitan conducir sus actuaciones en el proceso de certificación con independencia de intereses particulares o de grupo; y
- IV. Permita la presencia de un representante de la dependencia competente que así lo solicite en el desarrollo de sus funciones.

Los procedimientos que se seguirán para la certificación deberán acatarse a lo estipulado en las normas oficiales mexicanas, y, en su defecto, a las normas internacionales. Dichas actividades deberán seguir lo siguiente:

- I. Evaluación de los procesos, productos, servicios e instalaciones, mediante inspección ocular, muestreo, pruebas, investigación de campo o revisión y evaluación de los programas de calidad;
- II. Seguimiento posterior a la certificación inicial, para comprobar el cumplimiento con las normas y contar con mecanismos que permitan proteger y evitar la divulgación de propiedad industrial o intelectual del cliente; y
- III. Elaboración de criterios generales en materia de certificación mediante comités de certificación donde participen los sectores interesados y las dependencias. Tratándose de normas oficiales mexicanas los criterios que se determinen deberán ser aprobados por la dependencia competente.

1.2.4.4.5 Capítulo V: “De los Laboratorios de Prueba”

Se denominan Laboratorios de Prueba o de ensayos a aquellas instalaciones fijas o móviles que poseen la capacidad técnica, humana y material para poder realizar las mediciones o análisis para determinar las características de materiales, productos o equipos. Todo enfocado al cumplimiento de las especificaciones establecidas. Dichos laboratorios pueden ser instituciones de primera, segunda o tercera parte y pertenecer a los sectores: productor, distribuidor, comercializador, de servicios, consumidor, educativo, científico.

El artículo 81 del presente capítulo instituye el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, esto con el objeto de contar con una red de laboratorios acreditados que cuenten con equipo suficiente, personal técnico calificado y demás requisitos que establezca el reglamento, para que presten servicios relacionados con la normalización a que se refiere esta Ley. Aquellos laboratorios que estén acreditados podrán ostentar el emblema oficial del SNLP.

El resultado de las pruebas que realicen los laboratorios acreditados, se hará constar en un informe de resultados que será firmado por la persona facultada por el propio laboratorio para hacerlo. Dichos informes tendrán validez ante las dependencias y entidades de la administración pública federal, siempre que el laboratorio haya sido aprobado por la dependencia competente.

1.2.4.4.6 Capítulo VI: “De las Unidades de Verificación”

En el contexto de la LFMyn, la unidad de verificación es aquella persona física o moral que realiza actos de verificación, entendiéndose por la acción de verificar: la constatación ocular, comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos que se realizan para evaluar la conformidad en un momento determinado. Estas unidades de verificación deberán tener competencia técnica, de personal, así como un carácter imparcial.

En cuanto a las atribuciones de las Unidades de Verificación:

Las unidades de verificación podrán, a petición de parte interesada, verificar el cumplimiento de normas oficiales mexicanas, solamente en aquellos campos o actividades para las que hubieren sido aprobadas por las dependencias competentes.

Los dictámenes de las unidades de verificación serán reconocidos por las dependencias competentes, así como por los organismos de certificación y en base a ellos podrán actuar en los términos de esta Ley y conforme a sus respectivas atribuciones.

Las dependencias podrán solicitar el auxilio de las unidades de verificación para la evaluación de la conformidad con respecto de normas oficiales mexicanas, en cuyo caso se sujetarán a las formalidades y requisitos establecidos en esta Ley.

-El resultado de las operaciones que realicen las unidades de verificación se hará constar en un acta que será firmada, bajo su responsabilidad, por el acreditado en el caso de las personas físicas y por el propietario del establecimiento o por el presidente del consejo de administración.

1.2.4.4.7 Capítulo VII: “De los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo”

Los acuerdos de reconocimiento mutuo son convenios que garantizan que los organismos reconocidos tengan una operación de manera equivalente aplicando las mismas normas y procedimientos. El objetivo primordial de dichos acuerdos es la reducción de los obstáculos técnicos al comercio, esto con la finalidad de evitar que las normas, reglamentos técnicos y procedimientos de evaluación de la conformidad constituyan obstáculos innecesarios al comercio. Lo anterior procede del Acuerdo Sobre obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial de Comercio, en donde se insta a los Miembros que acepten, a petición de otros Miembros, entablar negociaciones encaminadas a la conclusión de acuerdos de mutuo reconocimiento de los resultados de sus respectivos procedimientos de Evaluación de la Conformidad, esto con la finalidad de que los resultados sean "mutuamente satisfactorios".

La SE, por sí o a solicitud de cualquier dependencia competente o interesado, podrá concretar acuerdos con instituciones oficiales extranjeras e internacionales para el reconocimiento mutuo de los resultados de la evaluación de la conformidad que se lleve a cabo por las dependencias, personas acreditadas e instituciones mencionadas, así como de las acreditaciones otorgadas. Las entidades de acreditación y las personas acreditadas también podrán concretar acuerdos con las instituciones señaladas u otras entidades privadas, para lo cual requerirán el visto bueno de la SE. Cuando tales acuerdos tengan alguna relación con las normas oficiales mexicanas, se requerirá, además, la aprobación del acuerdo por la dependencia competente que expidió la norma en cuestión y la publicación de un extracto del mismo en el Diario Oficial de la Federación.

Los convenios deberán ajustarse a lo dispuesto en los tratados internacionales suscritos por los Estados Unidos Mexicanos, al reglamento de esta Ley y, en su defecto, a los lineamientos internacionales en la materia, y observar como principios que:

- I. Exista reciprocidad;
- II. Sean mutuamente satisfactorios para facilitar el comercio de los productos, procesos o servicios nacionales de que se trate; y III. Se concreten preferentemente entre instituciones y entidades de la misma naturaleza.

1.2.4.5 Título Quinto: De la Verificación

1.2.4.5.1 Capítulo Único: “Verificación y Vigilancia”

El capítulo señala la obligación a las que están dispuestas tanto las personas físicas como morales a poner a disposición de las autoridades competentes, cuando estas lo requieran, aquellos datos y muestras de sus productos para los fines de esta Ley. Las dependencias competentes podrán realizar visitas de verificación con el objeto de vigilar el cumplimiento de esta Ley y demás disposiciones aplicables, independientemente de los procedimientos para la evaluación de la conformidad que hubieren establecido.

Cuando para comprobar el cumplimiento con una norma oficial mexicana se requieran mediciones o pruebas de laboratorio, la verificación correspondiente se efectuará únicamente en laboratorios acreditados y aprobados, salvo que éstos no existan para la medición o prueba específica, en cuyo caso, la prueba se podrá realizar en otros laboratorios, preferentemente acreditados. En cada revisión efectuada, se deberá otorgar un acta detallada con los resultados de dicha verificación, firmada por el representante de las dependencias o unidades correspondientes.

La Ley señala que ante una primera revisión en la cual el producto no acreditara con los requisitos estipulados, el interesado podrá solicitar una segunda revisión, misma que podrá efectuarse a juicio de la dependencia en el mismo u otro laboratorio. En el caso que la segunda prueba acredite al producto, esta segunda prueba anulara la primera. En caso de que la segunda prueba no acredite al producto, se considerara confirmativa ante la primera prueba.

Para los efectos de esta Ley se entenderá por visita de verificación:

- I. La que se practique en los lugares en que se realice el proceso, alguna fase del mismo, de productos, instrumentos para medir o servicios, con objeto de constatar ocularmente que se cumple con lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones derivadas de ella, así como comprobar lo concerniente a la utilización de los instrumentos para medir; y/o
- II. La que se efectúe con objeto de comprobar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas, el contenido o el contenido neto y, en su caso, la masa drenada; determinar los ingredientes que constituyan o integren los productos, si existe obligación de indicar su composición, la veracidad de la información comercial o la ley de los metales preciosos. Esta verificación se efectuará mediante muestreo y, en su caso, pruebas de laboratorio. Cuando exista concurrencia de competencia, la verificación la realizarán las dependencias competentes de acuerdo a las bases de coordinación que se celebren.

Derivado de cada visita de verificación y en la presencia de dos testigos se hará el levantamiento de un acta circunstanciada. Los testigos mencionados serán puestos a consideración por la persona con quien se hubiere entendido la diligencia, en caso de que dicha

persona se niegue, la propuesta de testigos se hará por la persona que realice la verificación. Se dejará una copia del acta circunstanciada a la persona con quien se haya entendido la diligencia, aún en el caso de que dicha persona se haya negado a firmar.

En el acta se hará constar lo siguiente:

- I. Nombre, denominación o razón social del establecimiento;
- II. Hora, día, mes y año en que inicie y en que concluya la diligencia;
- III. Calle, número, población o colonia, municipio o delegación, código postal y entidad federativa en que se encuentre ubicado el lugar en que se practique la visita;
- IV. Número y fecha del oficio de comisión que la motivó;
- V. Nombre y cargo de la persona con quien se entendió la diligencia;
- VI. Nombre y domicilio de las personas que fungieron como testigos;
- VII. Datos relativos a la actuación;
- VIII. Declaración del visitado, si quisiera hacerla; y
- IX. Nombre y firma de quienes intervinieron en la diligencia, incluyendo los de quien la llevó a cabo.

En cuanto a las muestras: La separación o recolección de muestras de productos, sólo procederá cuando deba realizarse la verificación a que se refiere la fracción II del artículo 94, así como cuando lo solicite el visitado.

Las muestras se sujetaran a lo siguiente:

- I. Sólo las personas expresamente autorizadas por la Secretaría o por la dependencia competente podrán recabarlas. También podrán recabar dichas muestras las personas acreditadas y aprobadas, para efectos de la evaluación de la conformidad;
- II. Las muestras se recabarán en la cantidad estrictamente necesaria, la que se constituirá por: a) El número de piezas que en relación con los lotes por examinar, integren el lote de muestra conforme a las normas oficiales mexicanas o a los procedimientos para la evaluación de la conformidad que publiquen las dependencias competentes; y b) Una o varias fracciones cuando se trate de productos que se exhiban a granel, en piezas, rollos, tiras o cualquiera otra forma y se vendan usualmente en fracciones;
- III. Las muestras se seleccionarán al azar y precisamente por las personas autorizadas;
- IV. A fin de impedir su sustitución, las muestras se guardarán o asegurarán, en forma tal que no sea posible su violación sin dejar huella; y
- V. En todo caso se otorgará, respecto a las muestras recabadas, el recibo correspondiente.

Las muestras se recabarán por duplicado, quedando un tanto de ellas en resguardo del establecimiento visitado. Sobre el otro tanto se hará la primera verificación, si de ésta se desprende que no existe contravención alguna a la norma de que se trate, o a lo dispuesto en esta Ley o demás disposiciones derivadas de ella quedará sin efecto la otra muestra y a disposición de quien se haya obtenido. Las muestras podrán recabarse de los establecimientos en que se realice el proceso o alguna fase del mismo, invariablemente previa orden por escrito. Si las muestras se recabasen de

comerciantes se notificará a los fabricantes, productores o importadores para que, si lo desean, participen en las pruebas que se efectúen.

1.2.4.6 TITULO SEXTO DE LOS INCENTIVOS, SANCIONES Y RECURSOS

1.2.4.6.1 CAPITULO I “Del Premio Nacional de Calidad”

En el artículo 110 se establece el Premio Nacional de Calidad, esto con la finalidad de reconocer de manera anual el esfuerzo de fabricantes y prestadores de servicios nacionales que mejoren constantemente la calidad de procesos industriales, productos y servicios, procurando la calidad total.

El PNC es un programa estratégico del Instituto Nacional del Emprendedor de la Secretaría de Economía, quién delega al Instituto para el Fomento a la Calidad Total, A.C. (IFC) su administración como tercera parte para garantizar tanto la transparencia, objetividad y confidencialidad del proceso de evaluación, como la vanguardia y solidez de las herramientas, métodos y modelos de calidad en la administración que propone y difunde.

El procedimiento para la selección de los acreedores al premio mencionado, la forma de usarlo y las demás prevenciones que sean necesarias, las establecerá el reglamento de esta Ley.

1.2.4.6.2 CAPITULO II “De las Sanciones”

El incumplimiento a lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones derivadas de ella, será sancionado administrativamente por las dependencias conforme a sus atribuciones y en base a las actas de verificación y dictámenes de laboratorios acreditados que les sean presentados a la dependencia encargada de vigilar el cumplimiento de la norma conforme lo establecido en esta Ley.

Las sanciones aplicables serán las siguientes:

- I. Multa;
- II. Clausura temporal o definitiva, que podrá ser parcial o total;
- III. Arresto hasta por treinta y seis horas;
- IV. Suspensión o revocación de la autorización, aprobación, o registro según corresponda; y Suspensión o cancelación del documento donde consten los resultados de la evaluación de la conformidad, así como de la autorización del uso de contraseñas y marcas registradas.

Se estipula también las multas o sanciones derivado de ciertas actividades o la omisión de algunas otras, estableciendo además una cantidad monetaria de multa para la respectiva acción u omisión.

En todos los casos de reincidencia se duplicará la multa impuesta por la infracción anterior, sin que en cada caso su monto total exceda del doble del máximo fijado en el artículo anterior.

Para la determinación de las sanciones deberá tenerse en cuenta:

- I. El carácter intencional o no de la acción u omisión constitutiva de la infracción;
- II. La gravedad que la infracción implique en relación con el comercio de productos o la prestación de servicios, así como el perjuicio ocasionado a los consumidores; y
- III. Las condiciones económicas del infractor.

En esta capítulo también se señalan las autoridades competentes para la aplicación de sanciones.

1.2.4.6.3 CAPÍTULO III:” Del Recurso de Revisión y de las Reclamaciones”

Las personas afectadas por las resoluciones dictadas con fundamento en esta Ley y demás disposiciones derivadas de ella, podrán interponer recurso de revisión en los términos de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

Las entidades de acreditación y las personas acreditadas y aprobadas deberán resolver las reclamaciones que presenten los interesados, así como notificar al afectado su respuesta en un plazo no mayor a 10 días hábiles, con copia a las dependencias competentes.

Si el afectado no estuviere conforme con la respuesta emitida, podrá manifestarlo por escrito ante la dependencia que corresponda, acompañando los documentos en que se apoye. La dependencia remitirá copia a quien emitió la respuesta para que en un plazo no mayor a 5 días hábiles se le rinda un informe justificando su actuación.

1.2.4.7 ARTICULOS TRANSITORIOS

Los Artículos Transitorios de la presente Ley, son disposiciones numeradas en forma consecutiva que tienen una vigencia momentánea o temporal, de carácter secundario y en la medida, actúan como auxiliar de los Artículos principales que aplican en la Ley federal de Metrología y Normalización.

II. CAPITULO SEGUNDO

2. LA NOM-033-STPS-2015

2.1 Introducción

Una vez analizada la Ley federal de Metrología y Normalización, y siguiendo lo dispuesto en el TITULO TERCERO “normalización”, capítulo II “De la Normas Oficiales Mexicanas y las normas Mexicanas”, se puede proseguir en el análisis de la normatividad de la instancia que para los fines de este trabajo será la STPS. Atendiendo a las atribuciones de la Normas Oficiales Mexicanas, sabemos que estas disponen las características de un producto, proceso o servicio que se realice dentro del territorio nacional. Dentro de las entidades de la Administración Pública Federal que emiten Normas Oficiales Mexicanas, la Secretaria de Trabajo y Previsión social es la instancia que emite los preceptos a seguir en materia de seguridad, salud e higiene en el trabajo. Los elementos anteriores son de vital importancia en cuanto a las buenas prácticas laborales refiere. La STPS agrupa en cinco ejes la constitución de su normatividad vigente, dichos ejes contienen los siguientes tipos de Normas Oficiales Mexicanas: normas de seguridad, normas de salud, normas de organización, normas específicas y normas de producto. Las especificaciones contenidas en cada norma están encaminadas al aseguramiento de la integridad física y vida del trabajador. La NOM-033-STPS-2015 “Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados”, se encuentra adscrita a la categoría de “normas de seguridad” por lo que se registrará por el camino de las medidas preventivas para las actividades que realicen los trabajadores en espacios confinados, procurando en todo momento las mejores prácticas que preserven su seguridad.

Los trabajos en espacios confinados dentro de las actividades de la industria son variados, puesto que van desde las operaciones en tanques, registros, zanjas, hasta silos, o cualquier espacio que no se haya diseñado para la ocupación continua y que además tenga entradas y salidas reducidas. Hablando propiamente de la industria petrolera, podemos encontrarnos con múltiples necesidades de construcción, mantenimiento o reparación en tanques de almacenamiento, separadores, contenedores. Este tipo de trabajo, dadas las condiciones de operación y el contexto industrial se consideran como operaciones de alto riesgo.

Entrando en el contexto petrolero nacional, Petróleos Mexicanos en la que anteriormente fuera su subsidiaria “PEMEX refinación” y dentro de su sistema SSPA, categorizó los trabajos en espacios confinados como un procedimiento crítico, dado el alto riesgo que conlleva las actividades de esta naturaleza. Para Noviembre de 2012, PEMEX refinación incluyó dentro de su guía para

procedimientos críticos el documento PXR-PC-01-2012 “Entrada segura a espacios confinados”, el cual es una guía de seguridad que busca establecer los requisitos mínimos de

Seguridad Salud y Emergencia que se deben cumplir en la planeación, autorización y ejecución de trabajos en espacios confinados, previniendo la ocurrencia de incidentes y accidentes. Este documento aplica para trabajadores de tanto de PEMEX como de compañías contratistas y es de observancia obligatoria en los centros de trabajo de PEMEX refinación. Este documento nos da una idea de la importancia en la constitución de un procedimiento que dicte las condiciones de seguridad para poder ejecutar actividades en espacios confinados, tanto en la industria petrolera como en la industria en general. Anterior al año 2015, dentro de la normatividad de la STPS no se contaba con una norma específica para los trabajos en espacios confinados. Esta laguna normativa dentro de la STPS debía solucionarse dada la necesidad de asegurar la integridad de los trabajadores que se exponían a espacios confinados, así como prevenir las enfermedades laborales que pudieran derivar de dichas actividades. Fue por eso que el 4/11/2014 se publicó en el DOF el proyecto de norma: PROY-NOM-033-STPS-2015 “Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados”. Esta iniciativa buscó cubrir el déficit normativo en cuanto a espacios confinados se refería, pues, aunque anterior a la aprobación de la NOM-033-STPS-2015 se trabajaba con apoyo de otras normas como lo fueran la NOM-005-STPS-1998 “Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas”, o la NOM-031-STPS-2011 “Construcción, condiciones de seguridad y salud en el trabajo”, estas normas no acataban propiamente lo relativo a los espacios confinados, viéndose superadas ambas normas de apoyo ante los requerimientos de seguridad y salud laboral. Fue entonces que para el 31/08/2015 la NOM-033-STPS-2015 siendo aprobada, dotó a la normatividad laboral de un elemento técnico-jurídico que estableciera las condiciones de seguridad para proteger la integridad física y la vida de los trabajadores que realizan trabajos en espacios confinados.

2.2 La NOM-033-STPS-2015, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados.

La norma se conforma de 16 elementos distribuidos de la siguiente forma a manera de índice:

1.- Objetivo	9.- Medidas de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados
2.- Campo de aplicación	10.- Plan de atención
3.- Referencias	11.- Capacitación
4.- Definiciones	12.- Unidades de verificación
5.- Obligaciones del patrón	13.- Procedimiento para la evaluación de la conformidad
6.- Obligaciones de los trabajadores	14.- Vigilancia
7.- Clasificación de espacios confinados y análisis de riesgos	15.- Bibliografía
8.- Requerimientos administrativos para realizar trabajos en espacios confinados	16.- Transitorios

Tabla 8. Estructura de la NOM-033-STPS-2015.

2.2.1 Objetivo

El objetivo de la NOM-033-STPS-2015 es el de establecer las condiciones de seguridad para proteger la integridad física y la vida de los trabajadores que realicen trabajos en espacios confinados, así como prevenir alteraciones a la salud.

2.2.2 Campo de Aplicación

La presente norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se realicen trabajos en espacios confinados. Esta norma no aplica en actividades de buceo y en minas subterráneas, salvo que dentro de sus instalaciones se cuente con espacios confinados.

La presente norma dicta la definición de que un espacio confinado es el lugar sin ventilación natural, o con ventilación natural deficiente, en el que una o más personas puedan desempeñar una determinada tarea en su interior, con medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no está diseñado para ser ocupado en forma continua. La determinación de espacios confinados dentro de los centros de trabajo será obligación del patrón, así como su posterior clasificación según los parámetros que dicte esta norma. Como se aprecia en la definición, la variedad de lugares de trabajo que puedan ser catalogados como espacios confinados es bastante amplia; de ahí la necesidad de contar con una Norma Oficial Mexicana que normalice las actividades a realizar en dichos espacios, puesto que son múltiples las industrias y cadenas de valor que conllevan trabajo en espacios de esta naturaleza

2.2.3 Referencias

La presente norma, para su correcta interpretación, cuenta con un listado de NOM y NMX que complementan algunos aspectos que constituyen la naturaleza de la NOM-033-STPS-2015. Dentro de estas referencias podemos encontrar normas que coadyuvan a las buenas prácticas en las actividades desarrolladas en espacios confinados, puesto que la variedad de trabajos a realizar en este tipo de trabajos es amplia, se debe normalizar procesos que conjugados al contexto de un espacio confinado requieran de propios procedimientos para el aseguramiento de la integridad del trabajador. Además de la normatividad referente a la seguridad, encontramos también referencias enfocadas a la salud y al manejo de sustancias químicas; dado que gran parte de los espacios confinados son utilizados como contenedores de sustancias químicas que en mayor o menor grado presentan un riesgo para la salud. Dentro de las normas de referencia también encontramos a aquellas disposiciones encaminadas al equipo de protección necesario para garantizar la seguridad del trabajador, tanto en espacios confinados como en la combinación de contextos donde se requiera equipo de protección personal; parte importante del equipo de protección personal para uso en espacios confinados se detallara en dos NMX que están dirigidas al equipo referente a respiradores purificadores de aire.

Avanzando en detalle a la NOM-033-STPS-2015 se retomaran los elementos de referencia necesarios para la correcta aplicación de dicha norma.

2.2.4 Definiciones

La norma cuenta con una serie de definiciones que están estipuladas para los efectos de dichas norma, buscando evitar la tergiversación de conceptos que podrían pensarse en distintos contextos a los buscados por la norma.

Dichas definiciones vienen dadas dentro del glosario inicial de los conceptos y abreviaciones manejadas en este trabajo.

2.2.5 Obligaciones del patrón.

Para los efectos de la presente norma se decretan los preceptos a los que están obligados los patrones para la correcta aplicación de la norma, así como el cumplimiento de su objetivo.

Las obligaciones son las siguientes:

Identificar los espacios confinados en donde se requiere el acceso del trabajador para realizar cualquier tipo de actividad

Clasificar el espacio confinado y contar con un análisis de riesgos previo al acceso de los trabajadores, realizado por personal capacitado específicamente para ello, que contemple, según aplique, los riesgos por atmósferas peligrosas, por agentes físicos o biológicos, así como los relativos a las actividades por desarrollar, de conformidad con lo que dispone el Capítulo 7 de la presente Norma.

Contar con procedimientos de seguridad para: las actividades a desarrollar; el uso de equipos y herramientas, y el muestreo y monitoreo para detectar atmósferas peligrosas, con base en lo establecido en el Capítulo 8 de esta Norma.

Disponer de un plan de trabajo específico para realizar trabajos en espacios confinados, conforme a lo que prevé el numeral 8.5 de la presente Norma.

Expedir autorizaciones por escrito a los trabajadores, para la realización de trabajos en espacios confinados, conforme a lo que determina el numeral 8.6 de esta Norma.

Adoptar las medidas de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados, de acuerdo con lo determinado por el Capítulo 9 de esta Norma.

Designar a un responsable de los trabajos en espacios confinados y, al menos, un vigía, que cumplan con lo que señalan los numerales 9.5 y 9.6 respectivamente, de la presente Norma.

Proveer iluminación al interior de los espacios confinados, de conformidad con las actividades por desarrollar, que permita efectuar los trabajos en forma segura, mediante lámparas o equipo portátil y/o sistemas de iluminación.

Proporcionar a los trabajadores el equipo de protección personal requerido, con base en la clasificación del espacio confinado, el análisis de riesgos, y la actividad por desarrollar, conforme a lo dispuesto por la NOM-017-STPS-2008, o las que la sustituyan.

Proporcionar información y capacitación a los trabajadores que realizan actividades en espacios confinados, de conformidad con el trabajo a desarrollar, su clasificación y el resultado del análisis de riesgos, con base en lo previsto por el Capítulo 11 de la presente Norma.

Comprobar que los contratistas cumplan con lo señalado en la presente Norma, cuando el patrón convenga los servicios de terceros para realizar trabajos en espacios confinados.

Llevar los registros del personal autorizado para el desarrollo de los trabajos en espacios confinados; de su ingreso y salida de dichos espacios; de sus tiempos de permanencia, y del muestreo y/o monitoreo de su atmósfera.

2.2.6 Obligaciones de los trabajadores

Por su parte los trabajadores están obligados a:

Observar las medidas de seguridad que dispone esta Norma, así como las que establezca el patrón para la prevención de riesgos en el desarrollo de trabajos en espacios confinados.

Dar aviso de inmediato al patrón y/o a la comisión de seguridad e higiene sobre las condiciones inseguras que adviertan durante el desarrollo de sus actividades, así como de los accidentes de trabajo que ocurran.

Utilizar y conservar en buen estado el equipo de protección personal proporcionado por el patrón.

Realizar pruebas de ajuste, cuando utilicen como equipo de protección personal respiradores con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo.

Operar de modo seguro la maquinaria, equipo y herramientas que tengan asignados.

Informar al patrón sobre las afectaciones a su salud o sus posibles limitaciones para la realización de sus actividades en el espacio confinado.

2.2.7 Clasificación del espacio confinado y análisis de riesgo.

Una vez que se ha definido un centro de trabajo con espacios confinados, y atendiendo a las obligaciones de los patrones respecto a dichos espacios, se procederá a su clasificación. Parte importante de los aspectos a considerar para procurar las buenas prácticas laborales será la inclusión de todas las variables que de una u otra forma pueden presentar condiciones críticas para las actividades a realizar; por lo anterior, habrá de desarrollarse los análisis de riesgo pertinentes para entender y prever las condiciones que potencialmente podrán ser causa de accidentes.

La presente norma estipula las consideraciones a realizar para la clasificación de espacios confinados, recomendando que en lo posible se evite la entrada a dichos espacios, pudiendo sustituir las operaciones dentro por métodos ejecutados desde el exterior. Si lo anterior no es posible y el ingreso de personal se requiere, se deberá realizar un análisis de la atmosfera presente en el espacio, previo a la entrada del personal, este análisis de atmosfera deberá realizarse según lo dispuesto en el numeral 8.4 de la presente norma, puesto que dicho estudio forma parte de los requerimientos administrativos para la entrada de personal. A partir de los resultados del análisis de la atmosfera, se clasificara al espacio confinado según lo dispuesto en la siguiente tabla:

Criterio	Tipo I	Tipo II
Característica	Riesgo potencial a la salud mínimo	Riesgo grave o inminente a la salud de los trabajadores
Concentración de Oxígeno en porcentaje	Entre 19.5% y 23.5%	Menor a 19.5% o mayor a 23.5%
Característica de inflamabilidad	Menor que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad	Mayor o igual que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad
Toxicidad o peligro a la salud (concentración)	Menor que el nivel de acción (0.5 VLE)	Mayor o igual que el nivel de acción (0.5 VLE)

Tabla 9. Clasificación del EC de acuerdo a la NOM-033-STPS-2015.

Para realizar la clasificación de los espacios confinados se deberá tomar como referencia los valores límite de exposición determinados por la NOM-010-STPS-1999, o las que las sustituyan, así como la información de las hojas de datos de seguridad respectivas, con base en lo que señala la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan.

Para los propósitos de la presente norma, el espacio confinado deberá clasificarse en los tipos siguientes:

Espacio confinado tipo I	Aquel en el que no existe riesgo por deficiencia o enriquecimiento de oxígeno, ni atmósferas explosivas o inflamables, y en el que las concentraciones de sustancias químicas peligrosas son inferiores al nivel de acción. Se clasificará el espacio confinado en este tipo si se cumplen los tres criterios anteriores indicados en la Tabla.
Espacio confinado tipo II	Aquel que tiene el potencial de causar lesiones y/o enfermedades de trabajo, e incluso puede ser inmediatamente peligroso para la vida y la salud. En éstos se puede presentar una atmósfera peligrosa. Se clasificará el espacio confinado en este tipo si se cumple, al menos, uno de los criterios anteriores mostrados en la Tabla.

Tabla 10. Naturaleza de los espacios confinados. NOM-033-STPS-2015.

Para cada espacio confinado donde se desarrollen trabajos, y para cada trabajo por desarrollar en dichos espacios se deberá realizar un análisis de riesgos. El análisis de riesgos deberá considerar, al menos, lo siguiente:

<p>a) La descripción de las actividades por desarrollar;</p> <p>b) Los riesgos por atmósferas peligrosas: Asfixia, debido a deficiencia de oxígeno; Incendio o explosión, por enriquecimiento de oxígeno o por sustancias con concentraciones o porcentaje mayor o igual que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y Intoxicación, con motivo de concentraciones de sustancias químicas peligrosas, conforme a la información de las hojas de datos de seguridad respectivas, de acuerdo con lo dispuesto por la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan: Por los materiales que se introducen para efectuar las actividades; Por los productos o desechos que se generan por el trabajo que se lleva a cabo; Por áreas o procesos adyacentes en los que se manejen, procesen o almacenen sustancias tóxicas, y Por las sustancias químicas peligrosas que contiene o contuvo el espacio confinado;</p>
<p>c) Los riesgos por agentes físicos: Ruido; Iluminación; Vibraciones, y</p>

Condiciones térmicas elevadas o abatidas;
d) Los riesgos por agentes biológicos, tales como la presencia de fauna nociva o agentes biológicos peligrosos;
e) Los riesgos mecánicos, eléctricos o neumáticos;
f) Los riesgos derivados de las actividades a desarrollar que contemplen, según aplique, lo siguiente: La maquinaria, equipo, herramientas y materiales en el lugar de trabajo, con énfasis en las características y condiciones de seguridad y operación en que se deberán encontrar; Los peligros y factores de riesgo existentes por las actividades a desarrollar y los que se originen en las inmediaciones del espacio confinado por otras actividades, tales como conexión de la energía, operación de maquinaria o equipo, restablecimiento de flujo de sustancias, inundaciones, entre otras, y La realización de trabajos en altura;
g) Los riesgos derivados de las características del espacio confinado, entre otros: las condiciones en las que se encuentran las superficies del espacio confinado: inestables, húmedas, resbalosas, entre otras, y Por la existencia de material granulado finamente dividido o de tal forma que pueda ocasionar el riesgo de hundimiento o inmersión en dicho material;
h) El tiempo estimado de duración de las actividades por desarrollar;
i) El tiempo máximo de permanencia del trabajador en el espacio confinado,
j) Las posibles situaciones de emergencia que puedan presentarse durante el desarrollo de los trabajos en el espacio confinado.

Tabla 11. Requerimientos mínimos del análisis de riesgos.NOM-033STPS-2015.

El análisis de riesgos deberá considerar los casos en los que un espacio confinado clasificado inicialmente como Tipo I, puede convertirse en un espacio confinado Tipo II, como consecuencia de las actividades que en él se desarrollen. A partir del resultado del análisis de riesgos se deberán determinar las medidas de prevención y control aplicables a los riesgos detectados, las cuales deberán contemplar las medidas de seguridad establecidas en el Capítulo 9 de la presente Norma. El análisis de riesgos, además de contener las consideraciones mínimas estipuladas por la norma, deberá:

- a) Estar disponible para la consulta de los trabajadores que participen o realicen actividades en espacios confinados.
- b) Estar aprobado y firmado por el patrón, o su representante, y el responsable de los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo.

En cuanto a la revisión, actualización o modificación del análisis de riesgo; se realizará cuando:

- a) Se introduzcan herramientas, equipo o sustancias nuevas.
- b) Se modifiquen las condiciones del espacio confinado.

- c) Haya ocurrido un incidente o accidente.
- d) Se detecte algún riesgo no previsto en los procedimientos de seguridad.

2.2.8 Requerimientos administrativos para realizar trabajos en espacios confinados.

Esta sección dispone los requisitos de carácter administrativo que se tienen que atender para la entrada de personal a espacios clasificados como confinados. Las prácticas de seguridad vendrán dadas por los procedimientos adecuados para cada actividad que se realice en el centro de trabajo, puesto que como ya se vio, además de los atributos propios del espacio confinado, el desarrollo de trabajos tendrá que estar normado por un protocolo de seguridad, mismo que puede ir desde el uso correcto de herramientas a introducir, hasta el uso del equipo personal de protección y el procedimiento de monitoreo de la atmosfera del espacio confinado.

Para el desarrollo de actividades dentro de espacios confinados se deberá contar con procedimientos de seguridad disponibles para los trabajadores involucrados, dichos procedimientos deberán estar actualizados para:

- a) Las actividades a desarrollar.
- b) El uso de equipos y herramientas
- c) El muestreo y monitoreo para la detección de atmosferas peligrosas.

El procedimiento de seguridad para la entrada a espacios confinados deberá contemplar lo siguiente:

a) Los mecanismos de comunicación entre el personal que realiza las actividades en el espacio confinado y el vigía
b) La forma de mantener una atmósfera respirable, o de lo contrario, la obligatoriedad de utilizar equipo de protección respiratoria con línea de suministro de aire o equipo de respiración autónomo. Cuando se emplee un respirador con línea de suministro de aire se deberá contar con un medio de respiración alterno para escape en caso de emergencia
c) La información, en su caso, de las hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas peligrosas que se manejan, de conformidad con lo que establece la NOM-018-STPS-2000, o las que la sustituyan;
d) Las medidas específicas de seguridad que se deberán adoptar, adicionales a las que determina el Capítulo 9 de esta Norma
e) Los criterios para evitar o interrumpir las actividades, cuando se comprometa la seguridad o salud de los trabajadores
f) El tiempo estimado de duración de las actividades por desarrollar y el tiempo máximo de permanencia
g) La aplicación, antes del inicio de las actividades, de medios de bloqueo de flujo de sustancias, tales como los conducidos en tuberías y/o de energía, a través del uso de tarjetas y candados
h) El plan de atención a emergencias y rescate para posibles trabajadores accidentados.

Tabla 12. Requerimientos del procedimiento de seguridad en EC. NOM-033-STPS-2015.

En cuanto a los procedimientos de seguridad para el uso de herramientas y equipo utilizado en las actividades dentro de espacios confinados, además de las indicaciones del fabricante, se deberá contemplar lo siguiente:

a)	Las instrucciones para verificar su correcto funcionamiento
b)	El uso, manejo, limitaciones, revisión y mantenimiento del equipo de protección personal y la información sobre la capacidad o grado de protección que éste ofrece, así como las condiciones en las que no proporciona protección o donde no se deberán usar
c)	Las acciones que se deberán realizar antes, durante y después del uso del equipo de protección personal, para comprobar que continúa proporcionando la protección para la cual fue diseñado
d)	La verificación de que cuando el trabajador esté expuesto a contaminantes del ambiente laboral, el equipo de protección personal que utilice esté diseñado para proteger al trabajador contra dicho agente
e)	El modo seguro de utilizar los equipos y herramientas
f)	La manera en que se deberá realizar la descontaminación o desinfección del equipo de protección personal, según aplique, después de cada jornada de uso, conforme a las instrucciones del fabricante
g)	El mecanismo a seguir para reemplazar o reparar inmediatamente el equipo de protección personal cuando derivado de su revisión muestre algún deterioro, que impida su óptimo funcionamiento
h)	La forma correcta de realizar el almacenamiento del equipo de protección personal, y en su caso, su disposición final.

Tabla 13. Requerimientos del procedimiento de seguridad/uso de herramientas en EC. NOM-033-STPS-2015.

Dado que parte central de las condiciones de seguridad para preservar la integridad y salud del trabajador es el muestreo y monitoreo de la atmosfera, la empresa responsable deberá realizar un minucioso estudio, cuyo procedimiento, de acuerdo a la presente norma, deberá incluir lo siguiente:

<p>a) El equipo de medición requerido para llevar a cabo el muestreo y monitoreo, que deberá cumplir las características siguientes: de lectura directa; Contar con alarma de peligro por la detección de una atmósfera peligrosa; Estar protegido contra emisiones electromagnéticas o interferencias de radiofrecuencia, y Ser a prueba de explosión o intrínsecamente seguro;</p>
<p>b) La calibración del equipo de medición de lectura directa de conformidad con las instrucciones o manuales del fabricante</p>
<p>c) Las pruebas de funcionamiento que deberán realizarse al equipo de medición de lectura directa, antes de su uso, a fin de comprobar su correcto desempeño, con base en las instrucciones del fabricante</p>
<p>d) La forma en que deberá tomarse la muestra inicial, desde el exterior del espacio confinado</p>
<p>e) La toma de muestras en varias zonas del espacio confinado, que incluyan, al menos, la parte superior, media y fondo del espacio confinado, a efecto de determinar lo siguiente: porcentaje de oxígeno; El porcentaje del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y Las concentraciones de contaminantes del ambiente laboral tóxicos,</p>
<p>f) El tiempo y frecuencia para realizar el muestreo mientras se realiza el trabajo, conforme lo determine el patrón, de acuerdo con el análisis de riesgos, para los espacios Tipo I, y el muestreo y monitoreo continuo tratándose de los espacios clasificados como Tipo II.</p>

Tabla 14.Requisitos del muestreo de atmosferas en EC.NOM-033-STPS-2015.

La NOM-033-STPS-2015 contempla los requerimientos que deberá tener el plan de trabajo para la realización de actividades dentro de espacios confinados. Estas directrices abarcan rubros como: la descripción de las actividades a desarrollar, así como el personal debidamente capacitado que las realizara (nombres), los tiempos destinados para la realización de la actividad (hora inicial y final), el lugar donde se va a realizar el trabajo, así como los riesgos determinados en dicho lugar con lo previsto en el apartado 7 de la norma; el equipo de protección personal y todo equipo o maquinaria requerido para la realización de actividades; las medidas de seguridad requeridas en función de los riesgos que puedan presentarse en el espacio de trabajo, así como los procedimientos de seguridad para realizar las actividades.

Dado que las actividades en espacios confinados son clasificadas como procedimientos críticos; para su realización se requerirá de un permiso expedido por el o los responsables para que el o los trabajadores puedan realizar trabajos. La NOM-033-STPS-2015 especifica que dicha autorización deberá contener las siguientes disposiciones:

a)	La identificación, ubicación y la clasificación del espacio confinado;
b)	La fecha y hora de vencimiento de la autorización, que sólo será válida hasta por un turno de trabajo. La autorización se deberá actualizar para cada turno adicional que se requiera
c)	Los riesgos identificados, de conformidad con el análisis de riesgos, a que alude el Capítulo 7 de esta Norma
d)	La verificación de que ha realizado el aislamiento del espacio confinado considerando, según aplique: sellado y/o desconexión de las fuentes de energía, fluidos, entre otros; El bloqueo de los equipos o dispositivos eléctricos, con base en lo determinado por la NOM-029-STPS-2011, o las que la sustituyan, y El bloqueo mecánico de equipos, herramientas, conforme a lo que señala la NOM-004-STPS-1999, o las que la sustituyan;
e)	Las lecturas iniciales de las concentraciones en el espacio confinado, realizadas previo al inicio de las actividades, que indiquen: porcentaje de oxígeno; El porcentaje del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad, y Las concentraciones de sustancias tóxicas;
f)	La frecuencia para realizar el muestreo mientras se realiza el trabajo, de acuerdo con lo que determine el patrón para los espacios Tipo I, y el muestreo y monitoreo continuo tratándose de los espacios clasificados como Tipo II
g)	La verificación de que el trabajador cuenta con la capacitación requerida para efectuar los trabajos, y sobre la identificación y control de peligros y riesgos
h)	Los procedimientos de emergencia y la ubicación del equipo de primeros auxilios y/o rescate
i)	El equipo de protección personal requerido, de conformidad con el riesgo al que están expuestos los trabajadores
j)	Las instalaciones, herramientas y/o equipos eléctricos a prueba de explosión que se requieran, en su caso
k)	El tiempo máximo de permanencia del trabajador en el espacio confinado determinado con base en el análisis de riesgos
l)	La hora de entrada y salida del (los) trabajador(es)
m)	El visto bueno del médico o del responsable de los trabajos sobre la aptitud física del trabajador que ingresara al espacio confinado
n)	El nombre y firma del vigía
o)	El nombre y firma del responsable de los trabajos
p)	El nombre y firma de la persona que autoriza los trabajos.

Tabla 15.Requerimientos del permiso de trabajo en EC.NOM-033-STPS-2015.

Resumiendo:

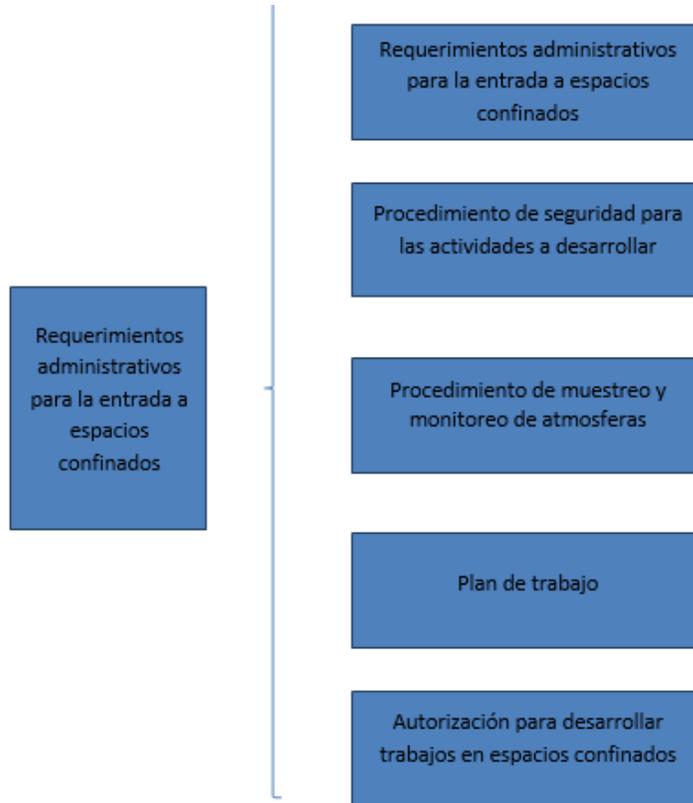


Ilustración 2. Requerimientos administrativos para la entrada a espacios confinados. NOM-033-STPS-2015.

2.2.9 Medidas de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados.

El desarrollo de actividades en espacios confinados deberá hacerse bajo estrictos ejes de seguridad para evitar en lo posible la ocurrencia de incidentes o accidentes. La presente norma dispone de las medidas de seguridad general que se deberán adoptar para las actividades en espacios confinados. Además de dichas disposiciones generales, la norma dicta otras medidas de seguridad para el caso de espacios confinados tipo II, para los cuales se deberán adoptar las medidas de control técnicas y/o administrativas que correspondan. En cuanto a lo concerniente a los espacios confinados tipo II en los cuales no pueda mantenerse una atmósfera respirable, la norma dictamina otras medidas administrativas de control adicionales. Para el responsable de las actividades en espacios confinados, la norma establece los requerimientos con los que debe cumplir para poder desarrollar plenamente su función. Lo mismo aplica para el caso del vigía, puesto que el trabajo en espacios confinados deberá llevarse coordinadamente entre el personal exterior y el que este

dentro de dicho espacio, enfatizando la comunicación en todo momento como medio de control de accidentes y/o problemas en el desarrollo de los trabajos.

Podemos decir que las medidas de seguridad se encaminan en núcleos que corresponden a: medidas de seguridad generales (espacios confinados tipo I); medidas de seguridad aplicables a espacios confinados tipo II, incluyendo aquellos casos en que no se pueda mantener una atmósfera respirable; y aquellas medidas concernientes al personal implicado en las actividades.

2.2.9.1 Medidas generales de seguridad

Incluyen la señalización de toda entrada a espacios confinados, así como su delimitación y control de acceso, incluyendo en un lugar visible el permiso de entrada. En cuanto a los trabajadores: estos deberán estar debidamente capacitados y autorizados, además de contar con el equipo de protección personal necesario para las condiciones en que laboren, incluyendo equipo de comunicación con el vigía; deberán tener conocimiento de las condiciones de seguridad en caso de realizar actividades en caliente u otro tipo de acciones que se encuentren afectadas por el medio confinado (trabajos en altura, soldadura, trabajos eléctricos, etc.); dentro del equipo proporcionado, y en función del tipo de espacio confinado los trabajadores deberán contar con equipo de detección de peligros en la atmósfera (deficiencia de oxígeno, inflamabilidad, concentración de químicos), para espacios tipo I el dispositivo lo tendrá al menos un trabajador, para el tipo II todo trabajador deberá tener un equipo. Dentro del equipo de iluminación y equipo eléctrico, si la atmósfera lo requiere, este deberá ser anti explosión, además de tener en cuenta el drenaje de electricidad estática del medio para evitar una ignición. En materia de la atmósfera, se deberá hacer la comparación de las concentraciones en el espacio con los valores límites señalados por la norma NOM-010-STPS-1999 o las que la sustituyan, (existen cerca de 600 sustancias definidas en el apéndice de dicha norma con sus respectivos valores). En cuanto al equipo de protección respiratoria, este se definirá con base en los resultados del análisis de riesgo; cabe recalcar que este es uno de los equipos más importantes y que en capítulos posteriores se retomará a mayor profundidad. Se deberá contar con un plan de irrupción de los trabajos en caso de riesgo latente, además de la cancelación de la autorización al término de las actividades. Los trabajos en espacios confinados deberán prohibirse cuando un trabajador exceda el tiempo permisible de permanencia, o un turno de 8 horas.

2.2.9.2 Medidas de seguridad para espacios confinados tipo II

Para las medidas de seguridad en este tipo de espacios se deberán adoptar las medias técnicas y/o administrativas correspondientes, las cuales deberán contener, según aplique, lo siguiente:

La determinación del método a utilizar en la ventilación del espacio confinado, esto conforme al análisis de riesgos. La implementación, según aplique, de limpieza en espacio confinado así como el control de la ventilación en la atmosfera. Para la colocación del equipo de ventilación se deberá asegurar que no limite el acceso al espacio confinado; así como la señalización audible de fallas en la ventilación; no se deberá recircular el aire contaminado. La ventilación no deberá realizarse con oxígeno puro; se hará la medición de concentraciones en la atmosfera de acuerdo a lo estipulado en la norma, después de realizar la ventilación o purga del espacio confinado; así como el aseguramiento de los niveles permisibles de: oxígeno, inflamabilidad, concentración de sustancias. Adicionalmente, para los espacios tipo II en los que no pueda mantenerse una atmosfera respirable, se deberá aplicar la revisión de tiempos de actividad dentro de los espacios y redefinirlos en caso de ser necesario. Contar y dar seguimiento a un programa de protección respiratoria, que, contenga los siguientes elementos:

- 1) El registro de las mediciones de las concentraciones en el interior del espacio confinado;
- 2) El suministro de equipo de protección respiratoria de alta eficiencia, y en caso de la existencia de un alta concentración o una concentración inmediatamente peligrosa para la vida y/o la salud, equipo de respiración autónomo o respirador con línea de suministro de aire;
- 3) Las evaluaciones médicas del personal que requiere utilizar respiradores para el ingreso al espacio confinado, que permitan determinar:
 - I.- La aptitud del trabajador para usar respiradores de presión negativa y positiva, según aplique;
 - II.- La capacidad del trabajador para ver y oír advertencias, de conformidad con el sistema de comunicación y/o alarma con que se cuente, tales como: luces intermitentes, timbres o sirenas, entre otros;
 - III.- La aptitud del trabajador para llevar a cabo las tareas asignadas, y
 - IV.- La existencia de cualquier enfermedad o anomalía que podrían dificultar el uso del equipo de protección respiratoria o el desarrollo de las actividades en el interior del espacio confinado;

Se incluirá también los criterios para la selección de los filtros y cartuchos, con base en lo dispuesto por la NOM-116-STPS-2009 y/o las normas mexicanas NMX-S-002-SCFI-2004 y NMX-S-054-SCFI-2013, sobre respiradores, o las que las sustituyan; el procedimiento de revisión, ajuste y prueba de hermeticidad; las instrucciones uso normal y crítico de los equipos de respiración; las instrucciones de mantenimiento del equipo, así como de los servicios de limpieza y almacenamiento. La capacitación e información al personal que usara el equipo, así como las limitaciones del mismo.

2.2.9.3 Atribuciones del personal (responsable y vigía)

El responsable de los trabajos en espacios confinados deberá cumplir con lo siguiente: Contar con la debida capacitación que su puesto solicita; asegurar que el vigía este en contacto con el personal dentro en todo momento; confirmar el correcto bloqueo de energía, fluidos o cualquier agente que presente un riesgo, antes de la entrada de personal. El responsable será quien elabore los permisos de entrada, así como su cancelación al termino de los trabajos; tendrá que verificar que el personal cuente con dichas autorizaciones, así como con el plan de trabajo establecido; verificará los procedimientos de seguridad; se cerciorará de la disposición de equipo de rescate antes de la entrada, así como la revisión de los recursos de rescate y emergencias. Cumplirá con la vigilancia en todo momento, del desarrollo de los trabajos, evaluando que estos se hagan de manera segura, así como la comprobación de las pruebas y verificaciones del equipo de medición, antes de la entrada de personal.

En cuanto al vigía, este deberá: Contar con la debida capacitación para los requerimientos de aplicación de su puesto. Permanecerá en todo momento, durante el desarrollo de las actividades, junto a la entrada, comunicado con el personal al interior. En caso de que se presente alguna situación que ponga en peligro al personal al interior, tendrá la capacidad de ordenar la interrupción y/o evacuación del lugar. Mantendrá un conteo del personal al interior, verificando que todo personal salga; se asegurará de no exceder el tiempo de permanencia del personal, así como alertar al responsable de las emergencias que se presenten.

2.2.10 Plan de atención a emergencias y rescate

El plan de atención deberá considerar las situaciones que puedan presentarse durante las actividades en espacios confinados, detectadas dentro del análisis de riesgos. Dicho plan deberá contener, al menos lo siguiente:

a)	El alcance del plan de conformidad con los trabajos que se realizan, el tipo de espacio confinado y el análisis de riesgos;
b)	Las condiciones en las que el personal de emergencia y de rescate, tanto interno como externo, puede o no ingresar al espacio confinado;
c)	El responsable de implementar el plan;
d)	Los recursos humanos y materiales para su ejecución, señalando los nombres de los trabajadores designados y capacitados para la aplicación del plan, así como la función que cada uno tiene asignada;
e)	La capacitación requerida de los trabajadores en relación con el contenido del plan que considere el tipo de espacio confinado;
f)	El equipo de protección personal y de rescate requerido para la atención a emergencias;
g)	El inventario de los recursos materiales requeridos y disponibles para enfrentar situaciones de emergencia
h)	<p>Los procedimientos para:</p> <p>El alertamiento, en caso de ocurrir una emergencia;</p> <p>La comunicación interna y externa en caso de ocurrir una emergencia, junto con el directorio de los servicios de auxilio para la emergencia (bomberos, hospitales y rescate), así como, en su caso, el directorio de los centros de información de manejo de sustancias químicas en casos de emergencia;</p> <p>La interrupción del funcionamiento de la maquinaria y equipo;</p> <p>La suspensión de las actividades;</p> <p>El rescate de trabajadores accidentados;</p> <p>La evacuación de los trabajadores que se encuentren en riesgo, de acuerdo con la(s) situación(es) de emergencia que puedan presentarse, incluidos los trabajadores y personas con discapacidad que no laboran en el espacio confinado y que se presume se encuentran en riesgo;</p> <p>Los primeros auxilios, y</p> <p>La eliminación de los riesgos después de la emergencia, en su caso.</p>

Tabla 16.Requerimientos mínimos del plan de rescate y emergencias.NOM-033-STPS-2015.

2.2.11 Capacitación

Dado que las actividades dentro de espacios confinados han sido catalogadas como procedimientos críticos, la correcta capacitación del personal será un eje fundamental dentro de la prevención de accidentes. Es aquí donde la información y la práctica jugaran papeles primordiales en las habilidades que deberá tener el personal. En materia de información, al momento de entregarla al personal, deberá contemplar el resultado de los análisis de riesgos efectuados para cada espacio confinado. La capacitación proporcionada al personal involucrado a espacios confinados deberá hacer énfasis en la prevención de riesgos, con base en el tipo de espacio confinado, las tareas a realizar, así como el plan de emergencias y rescate. Dicha capacitación ser de carácter teórico y práctico, evaluando los conocimientos y habilidades adquiridas, además de considerar lo siguiente: El contenido de la presente norma, los peligros de

los espacios confinados, riesgos derivados de sustancias químicas, así como los efectos que la exposición a dichas sustancias puede causar; considerará las firmas seguras de trabajar, así como la forma correcta de manejar y revisar el equipo de protección personal que sea otorgado, así como del equipo de ventilación. La capacitación deberá ser rigurosa también para el personal exterior, haciendo énfasis en el adiestramiento de: procedimientos de muestreo de las concentraciones de la atmosfera en espacios confinados; la evaluación de las concentraciones obtenidas; las acciones para el plan de emergencias y rescate. Toda capacitación deberá reforzarse cada año, o antes, en el caso que ocurra alguna de las siguientes situaciones: se introduzcan nuevos elementos al espacio confinado; haya ocurrido un accidente; se evidencie alguna operación insegura; sea sugerido por la última evaluación a los trabajadores. Los centros de trabajo deberán llevar el registro de la capacitación proporcionada al personal.

2.2.12 Unidades de verificación

El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación acreditada y aprobada en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su reglamento, para la verificación del grado de cumplimiento de esta norma. Dichas unidades deberán cumplir con los criterios para la evaluación de la conformidad según lo establecido en el capítulo 13 de la presente norma. En cuanto al dictamen que las unidades de verificación emitan, deberá contener:

Datos del centro de trabajo verificado	Datos de la unidad de verificación	Datos del dictamen
El nombre, denominación o razón social; El Registro Federal de Contribuyentes; El domicilio completo; El teléfono, y Su actividad principal;	El nombre, denominación o razón social; El número de acreditación; El número de aprobación otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y Su domicilio completo,	clave y nombre de la norma; El nombre del verificador evaluado y aprobado; La fecha de verificación; El número de dictamen; La vigencia del dictamen; El lugar de emisión del dictamen; La fecha de emisión del dictamen, y El número de registro del dictamen emitido por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, al rendirse el informe respectivo.

Tabla 17. Contenido de dictámenes emitidos por las unidades de verificación. NOM-033-STPS-2015.

La vigencia de los dictámenes emitidos será de un año, siempre y cuando no se modifiquen las condiciones en las que fue emitido.

2.2.13 Procedimiento para la evaluación de la conformidad.

Este procedimiento para la evaluación de la conformidad aplica tanto a las visitas de inspección desarrolladas por la autoridad laboral, como a las visitas de verificación que realicen las unidades de verificación. El dictamen de verificación vigente deberá estar a disposición de la autoridad laboral cuando ésta lo solicite. Los aspectos a verificar durante la evaluación de la conformidad de la presente Norma se realizarán, según aplique, mediante la constatación física, revisión documental, registros o entrevistas, de conformidad.

III.CAPITULO TERCERO

3. LA NORMA 29CFR.1910.146

3.1 Occupational Safety and Health Administration

La normatividad internacional da un contraste en cuanto a características con la normatividad mexicana. Sirve, en muchas ocasiones como punto de partida para la generación de nuevas normas que impulsen la seguridad ocupacional en nuestro país. En los Estados Unidos de América, la instancia encargada de la regulación en materia de seguridad, salud e higiene laboral es la OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Mismo que tiene origen en la década de 1970, cuando se aprobó la Ley de Seguridad y Salud ocupacional; Ley que buscaba la preservación de la integridad de los trabajadores, así como la disminución de accidentes laborales. Con la Ley de 1970, se creó la OSHA, constituyéndose como como una agencia del departamento del departamento de Trabajo de Estados Unidos, cuya misión es la de garantizar condiciones laborales seguras para los trabajadores. Actualmente OSHA se encarga de establecer medidas directrices de gran alcance, tanto para trabajadores como para empleadores; esto mediante la asistencia técnica y programas especializados de asesoría. Por lo anterior, OSHA es una entidad altamente reconocida en su materia de competencia, y en muchos casos, referente para otros países que buscan consolidación en las instituciones normativas correspondientes.

La normatividad OSHA describe los métodos y procedimientos que el personal debe acatar en todo momento para mantener la seguridad. La normatividad de la OSHA se encuentra distribuida en los siguientes partes:

Normatividad OSHA
Industria General (1910)
Construcción (1926)
Marítima (1915,1917,1918)
Base de datos (1904)
Agricultura (1928)
Planes Estatales (1952)

Tabla 18.Estructura normativa del 29CFR de OSHA.

La parte 1910, refiere a la normatividad aplicable a la industria en general. Dicha parte está dividida a su vez en subpartes especificadas con letras de la A-Z. Donde cada letra engloba un conjunto de normas para un campo determinado. Por ejemplo, la subparte “J” contiene la normatividad referente a los controles generales del ambiente, incluyendo 7 normas, de las cuales es parte la norma: 1910.146, relativa a los espacios confinados que requieren permiso.

3.2 La norma 29CFR.1910.146 "Permit-required confined spaces"

Esta norma contiene los requerimientos para los procedimientos y prácticas para la protección de los trabajadores en la industria en general de los riesgos en espacios confinados.

3.2.1 Definiciones

Las definiciones encontradas en este apartado ayudan a la correcta interpretación de la norma; puntualizando las intenciones de cada elemento utilizado en los demás apartados de dicha norma. Las definiciones encontradas en este apartado encuentran su homólogo en la NOM-033-STPS-2015. Dentro de las principales definiciones para la 29CFR.1910.146, podemos encontrar:

"Blanking or blinding" (cegamiento): se refiere al cierre absoluto de una tubería, línea o conducto mediante la fijación de una placa sólida que pueda soportar la presión ejercida del conducto sin fugas.

"Double block and bleed" (doble bloqueo y purga): refiere al cierre de una tubería, línea o conducto, cerrando, bloqueando o etiquetando dos válvulas en línea y bloqueando o marcando una válvula de drenaje o ventilación en la línea entre las dos válvulas cerradas.

"Engulfment" (Engullimiento): Refiere a la captura circundante de una persona por una sustancia sólida o líquida (finamente dividida) que puede aspirarse para causar la muerte por asfixia, o que puede ejercer suficiente fuerza en el cuerpo para causar muerte por estrangulación, constricción o aplastamiento.

"Hazardous atmosphere" (atmósfera peligrosa): refiere a aquella atmósfera que puede exponer a los trabajadores a peligro de muerte, incapacitación o menguamiento de la capacidad de auto rescate, lesión o enfermedad aguda por alguna de las siguientes causas:

- 6) gas, vapor o neblina inflamable por arriba del 10% de su límite inferior de inflamabilidad
- 7) Polvo combustible transportado en el aire en una concentración igual o mayor a su límite inferior de inflamabilidad
- 8) Concentración de oxígeno por debajo del 19.5% o encima del 23.5%
- 9) Concentración de cualquier sustancia para la cual se publique una dosis permisible en la subparte G o la subparte Z, y que puedan resultar en la exposición límite para un empleado de su dosis.
- 10) Cualquier otra condición atmosférica que sea inmediatamente peligrosa para la vida o salud.

"Immediately dangerous to life or health (IDLH)" (Inmediatamente peligroso para la vida o salud, IPVS): refiere a cualquier condición que represente una amenaza inmediata o retrasada para la vida o que causaría efectos adversos a la salud o que interferiría en la capacidad de un individuo para escapar de un espacio confinado.

"Inerting" (inertización): refiere al desplazamiento de la atmósfera en un espacio con permiso, por un gas no combustible, resultando en una atmósfera no inflamable.

"Isolation" (aislamiento): refiere al proceso en el cual en un espacio con permiso se retira de servicio y está protegido contra liberación de energía y materiales por alguno de los procesos mencionados anteriormente.

Confined Space (espacio confinado): refiere a aquel espacio que

- 1) Es lo suficientemente grande y está configurado de tal manera que un empleado puede ingresar físicamente y realizar el trabajo asignado.
- 2) Tiene medios limitados o restringidos para entrada o salida (por ejemplo, tanques, recipientes, silos, depósitos de almacenamiento, tolvas, bóvedas y pozos son espacios que pueden tener medios de entrada limitados)
- 3) No está diseñado para la ocupación continua de los empleados.

3.2.2 Requerimientos generales

En esta sección se enuncian los requerimientos a seguir para poder realizar trabajos en espacios confinados

Al igual que en la NOM-033-STPS-2015, uno de los primeros aspectos a considerar para los trabajos en espacios confinados es la determinación de los riesgos que puede presentar dicho espacio. En la presente norma, el empleador deberá determinar si el espacio confinado de trabajo requiere de permiso para la entrada de personal. Para facilitar la decisión, y a manera de guía, la norma 29CFR.1910.146, en su apéndice A, proporciona un diagrama de flujo que ayuda a la decisión que tomara el empleador. Una vez identificado el espacio, será obligación del empleador informar a los trabajadores expuestos, con la señalización de símbolos de riesgo, o aquellas señalizaciones que considere pertinentes, identificando la existencia y localización del espacio.



Ilustración 3. Señalamiento para espacios confinados.

En el caso que el empleador decida la entrada del personal al espacio confinado, este deberá desarrollar e implementar un programa de entrada por escrito, mismo que deberá estar disponible para todo personal involucrado. Dentro de las atribuciones del empleador, algunas pueden verse alternadas por otros procedimientos, siempre y cuando demuestre adecuadamente los procedimientos y requisitos bajo los cuales le es permisible utilizar procesos alternativos, y, en algunas condiciones no verse totalmente obligado a cumplir algunas disposiciones (párrafos d-f y h-k), esto con la finalidad de simplificar el proceso, pero no por ello comprometer la seguridad.

Anterior a la entrada de cualquier personal, deberá realizarse un muestreo que determine las condiciones de la atmosfera del espacio. Dicha medición habrá de hacerse con un equipo calibrado y de lectura directa, determinando así: el contenido de oxígeno, de gases o vapores inflamables, así como el la presencia y concentración de contaminantes en la atmosfera; la medición habrá de hacerse en el orden dispuesto anteriormente. La norma establece que la ventilación forzada deberá utilizarse de la siguiente manera: El personal entrante deberá ingresar hasta que la ventilación haya eliminado toda atmosfera peligrosa; donde dicha ventilación estará orientada a los lugares a ocupar por el personal, y durará hasta que el último trabajador desaloje en recinto.

La atmosfera de trabajo deberá ser continuamente monitoreada para evitar la generación de atmosferas peligrosas que puedan poner en riesgo al personal. En caso de la detección de una atmósfera peligrosa, se deberá: desalojar a todo personal dentro del espacio confinado, se evaluará el espacio para conocer el mecanismo que origino la atmósfera peligrosa, se implementaran las medidas pertinentes para posteriores entradas.

El empleador, una vez evaluada la atmosfera y tomadas las medidas de seguridad necesarias, expedirá un certificado que contenga: fecha, ubicación del espacio, y firma de la persona que certifica. Dicho certificado deberá estar disponible para cada empleado que ingrese o para los involucrados. Cuando se dé el caso en que las condiciones de un espacio cambien, se deberá reevaluar dicho espacio, y en su caso, modificar los parámetros correspondientes para la correcta certificación y clasificación del espacio. En caso de reclasificación, esta se guiara por los siguientes puntos:

- 1) Si el espacio no contiene riesgos atmosféricos inherentes o potenciales, y los riesgos no atmosféricos han sido removidos desde fuera, se podrá reclasificar al espacio como un espacio que no requiera permiso.
- 2) En caso de ser necesaria la entrada para la eliminación de riesgos (cuya entrada ha de hacerse según lo dispuesto en la norma), y dichos riesgos se eliminan, el espacio podrá reclasificarse como espacio sin permiso por el tiempo que dure el control de los peligros del espacio.
- 3) El empleador deberá certificar la eliminación de todos los riesgos de manera escrita, con disponibilidad para todo el personal involucrado.
- 4) En el caso de urgencia de riesgos en un espacio clasificado como “sin permiso”, todo empleado deberá desalojar. El empleador deberá hacer la reevaluación del espacio y si es necesario, clasificarlo como espacio que requiere permiso.

Las responsabilidades del empleador aplicaran también para el caso de los servicios por contratistas. Donde deberá informar al responsable sobre la existencia de espacios confinados, así como su clasificación, los peligros del espacio, la experiencia que se ha recabado en el trabajo en

esos espacios; así como la solicitud al contratista de las medidas de seguridad y procedimientos para la realización de trabajos, así como mantener una coordinación operativa e informativa de las operaciones realizadas.

3.2.3 Programa de espacios confinados con permiso requerido

Bajo el programa para la entrada a espacios confinados que requieren permiso (párrafo (c)4 de la norma), el empleador deberá:

Implementar las medidas necesarias para evitar la entrada no autorizada; identificar y evaluar los peligros de los espacios que requieran permiso, antes de la entrada del personal. Las medidas, procedimientos, procesos que deberá desarrollar el empleador, necesarias para la seguridad del personal, incluirán, entre otras cosas, lo siguiente: especificar las condiciones aceptables de entrada; permitir al personal la observación en todo momento de cualquier monitoreo o prueba en el espacio confinado; aislar el espacio confinado; purgar, inertizar, ventilar el espacio, según sea necesario para el control de su atmosfera; proporcionar pedestales, vehículos, barreras u otros aditamentos que protejan a los trabajadores de los peligros externos; y, verificar que las condiciones sean favorables durante la duración de una entrada autorizada.

En cuanto al equipo de protección, este deberá ser proporcionado sin costo por el empleador; asegurando su uso correcto por parte del personal, así como las condiciones óptimas de uso. Los aditamentos proporcionados para la seguridad deberán ser: equipo para prueba y monitoreo para el aseguramiento de las condiciones de entrada; equipo de ventilación necesario para mantener óptimas las condiciones de entrada; equipo de comunicación adecuado (según lo dispuesto en esta norma); equipo de protección personal necesario, en función de los requerimientos del espacio; equipo de iluminación adecuado para la visibilidad y, en su caso, desalojo del recinto; barreras, barricadas, para la protección de riesgos exteriores; los equipos de rescate necesarios (aquellos dispuestos en el párrafo (d)9 de la norma); y, cualquier otro equipo necesario para la entrada segura y rescate en espacios confinados con permiso.

Para las operaciones de entrada, la evaluación de las condiciones del espacio con permiso se hará de la siguiente manera: se probará y monitoreará el espacio, según sea necesario, para determinar la prevalencia de las condiciones de entrada; el orden de prueba para peligros atmosféricos se hará en el orden de: oxígeno, gases y vapores combustibles, gases y vapores tóxicos; en el caso de reevaluación de la atmosfera del espacio, esta se hará en presencia del personal laboral; a cada empleado se le deberán proporcionar los resultados de cualquier prueba realizada. Las operaciones de muestreo de la atmosfera: muestreo, verificación, duración, muestreo en atmosferas estratificadas y orden de muestreo; vienen acotadas en el apéndice B de la presente

norma. En el caso del trabajo en alcantarillas, se complementaran las disposiciones del apéndice B con lo dispuesto en el apéndice E.

Haciendo hincapié en el personal auxiliar, la norma específica, cuando menos un asistente fuera del espacio, mismo que estará ahí durante las actividades que se llevan a cabo.

Se deberá especificar los deberes de cada trabajador, brindándole, además, la capacitación requerida para la actividad que realizara; esto para toda persona involucrada en las actividades en el recinto. El programa deberá contemplar tanto el desarrollo como la implementación de procedimientos de rescate y emergencia; esto dirigido a las actividades de rescate, la atención médica al personal rescatado, así como la omisión de entrada de rescate a personal no autorizado.

Los permisos emitidos para la entrada deberán tener, dentro de su planeación, un programa que contemple: emisión, desarrollo, uso y cancelación, según sea requerido. Análogamente, se deberán implementar procedimientos de cierre de un espacio confinado una vez cancelado el permiso de entrada, o al concluir las actividades. La revisión anual del programa deberá hacerse con función de que los trabajadores están protegidos contra los peligros del espacio. En apéndice C de la presente norma ejemplifica el tipo de programas de espacios confinados con permiso requerido que cumplen con las disposiciones estipuladas en esta sección.

3.2.4 Sistema de permisos

En esta parte se estipula que antes de la entrada de personal, el empleador deberá documentar la finalización de las medidas requeridas (párrafo (d) 3) mediante la preparación de un permiso de entrada. En el apéndice D se presentan ejemplos de permisos de entrada que cumplen con los requisitos de la norma. Anterior a las actividades, el personal autorizado deberá firmar el permiso para autorizar la entrada al trabajador. El permiso completo estará disponible en la entrada, verificando así que los preparativos previos para la entrada han sido realizados. La vigencia del permiso no podrá exceder la duración requerida para la realización del trabajo. En cuanto a la cancelación del permiso y término de la estadía, el supervisor podrá cancelar cuando:

- 1) Las operaciones designadas han sido ejecutadas
- 2) Surge una situación que no estaba contemplada en el permiso de entrada

El empleador deberá conservar los permisos de entrada cuando menos un año, esto para facilitar la revisión del programa para el espacio que requiere permiso. Cualquier problema detectado durante la realización de tareas deberá ser anotado en el permiso correspondiente, esto con la finalidad de realizar las revisiones necesarias al programa de permisos.

3.2.5 Permiso de entrada

Es el que documenta el cumplimiento de las disposiciones de su materia en la norma, además de autorizar la entrada a un espacio identificado que requiere permiso para su entrada. Dicho permiso deberá contener:

Propósito de entrada
La fecha y la vigencia del permiso
El personal autorizado, listado por nombre u otros medios que permitan la rápida identificación del personal que está autorizado para la entrada
El nombre del personal que funge como vigilante
El nombre del personal que funge como supervisor, así como espacio par al afirma de quien autorizo la entrada
Los riesgos del espacio al que se está ingresando
Las medidas utilizadas para aislar el espacio, así como para eliminar o controlar los riesgos del espacio antes de la entrada
Las condiciones aceptables de entrada
Los resultados de las pruebas iniciales y periódicas , acompañados de los nombres de los realizadores, así como una indicación de cuando fueron tomadas dichas pruebas
Los equipos de rescate y emergencia a los que se puede recurrir(equipo a usar, números a llamar) y los medios para convocar dichos servicios
Los procedimientos de comunicación utilizados por el personal
Todo el equipo requerido en la realización de las actividades: equipo de protección personal, de comunicación, de monitoreo, sistema de alarmas, equipo de rescate
Cualquier otra información necesaria para garantizar la seguridad del trabajador
Cualquier permiso adicional requerido en el espacio: trabajo en caliente, en alturas, etc

Tabla 19.Requisitos del permiso de trabajo.29CFR1910.146, OSHA.

3.2.6 Capacitación

El empleador tendrá que proporcionar capacitación a todo trabajador cuya tarea se encuentre regulada por esta norma, adquiriendo así la comprensión, conocimiento y habilidades necesarias para el desempeño seguro de las actividades que realizara. Se deberá capacitar a todo empleado involucrado, antes de asignarle por vez primera las actividades que tendrá que ejecutar; así como antes de programar un cambio; siempre que haya un cambio en las operaciones en el espacio con permiso, que represente un peligro para el trabajador que no haya sido capacitado anteriormente; o cuando el empleador detecte desviaciones en el conocimiento y ejecución de las tareas. El empleador deberá certificar que la capacitación he sido cumplida, dicha certificación deberá contener: los nombres del personal, las firmas de los capacitadores, las fechas de capacitación; quedando dicha certificación al alcance para la inspección.

3.2.7 Obligaciones de los trabajadores autorizados

El empleador se asegura que todo personal autorizado:

- 1) conoce los riesgos a los que se expone, incluyendo la información referida al modo, síntomas o consecuencias de la exposición
- 2) Utilice adecuadamente el equipo referido en el párrafo (d)4
- 3) Se comunique con el asistente para que este determine el estado del trabajador y advierta la evacuación del personal
- 4) Alerta al asistente en caso de: reconocimiento de exposición a una situación peligrosa; reconocimiento de una situación prohibida.
- 5) Salga del espacio lo más rápido posible cuando: le sea dada una orden de evacuación; se reconozca la exposición a una situación peligrosa; se detecte una acción prohibida; o una alarma de evacuación sea activada.

3.2.8 Obligaciones de los asistentes

El empleador se asegurará que todo asistente:

- 1) Conoce los riesgos a los que se expone, incluyendo la información referida al modo, síntomas o consecuencias de la exposición.
- 2) Conoce los posibles efectos de la exposición al peligro en el comportamiento de los trabajadores autorizados.
- 3) Mantiene continuamente un listado exacto de los trabajadores dentro, asegurando la exactitud de los métodos empleados para dicho listado.
- 4) Permanece fuera del espacio durante la duración de los trabajos, hasta que sea relevado.
- 5) Se comunica con el personal al interior, según sea necesario para monitorear su estado y para la posible alerta de evacuación.
- 6) Supervisa las actividades dentro y fuera para determinar si es segura la permanencia, y ordena la evacuación en alguno de los siguientes casos: se detecta una condición prohibida; se detectan los efectos de peligro expositorio en el comportamiento de los trabajadores; se detecta una situación exterior que pudiera poner en peligro a los trabajadores al interior.
- 7) Convoque los servicios de rescate y emergencia tan pronto como se determine la necesidad de ayuda

3.2.9 Obligaciones de los supervisores de entrada

El empleador se asegurara que todo supervisor:

- 1) Conoce los riesgos a los que se expone, incluyendo la información referida al modo, síntomas o consecuencias de la exposición.
- 2) Verifica que se hayan realizado las entradas correctas en el permiso, que toda prueba se haya llevado a cabo y que todo equipo y procedimiento este vigentes; todo antes de permitir la entrada
- 3) Termina las actividades y cancela el permiso
- 4) Verifica que los medios de rescate estén disponibles y funcionando

3.2.10 Servicios de rescate y emergencia

En conformidad al párrafo (d)9, el empleador que designe servicios de rescate y emergencia, deberá: Evaluar la capacidad de un rescatista para atender una emergencia, considerando los riesgos identificados; seleccionar un equipo de rescate que tenga la capacidad de llegar al objetivo en un tiempo óptimo para los peligros del espacio en función. El empleador informara a cada equipo de rescate sobre los peligros a los que se puedan enfrentar en función de sus actividades. Tendrá que proporcionar el equipo de protección personal necesario para llevar a cabo los rescates, además de capacitarlos en el uso del equipo, sin costo alguno, verificando además, la correcta culminación del entrenamiento. La práctica de rescates deberá realizarse cuando menos cada año, simulando lo mejor posible la configuración de una eventualidad real.

Para facilitar el rescate sin ingreso, los sistemas de extracción se utilizaran siempre que un trabajador entre al espacio, a menos que su uso genere condiciones adversas o no contribuya el rescate. Dichos sistemas, equipos, deberán cumplir con lo siguiente:

- a) Cada participante utilizara un arnés de pecho o de cuerpo completo, con una línea de extracción en el centro de la espalda, cerca del hombro, encima de la cabeza o cualquier otro punto que se considere pertinente. Se pueden usar muñequeras en lugar de arnés o el arnés de cuerpo entero , esto si se demuestra que su uso se torna adverso , siendo el uso de muñequeras la opción viable
- b) El otro extremo de la línea de recuperación deberá estar conectado a un dispositivo mecánico o de punto fijo fuera del espacio, de tal manera que el rescate pueda comenzar tan pronto como se tenga conocimiento del incidente. Se debe disponer de un dispositivo mecánico para recuperar al personal de espacios tipo vertical de más de 5 ft de profundidad (1.52m)

Si un trabajador lesionado está expuesto a una sustancia para la cual se requiere mantener una hoja de datos de seguridad u otra información escrita, esta deberá ponerse a disposición del centro médico que atienda al afectado.

3.2.11 Anexos

La parte 1910.146 del CFR de la OSHA, contiene seis apéndices, los cuales sirven de apoyo para complementar las disposiciones emitidas por dicho documento. La información presentada por los apéndices no es de carácter obligatorio, pero su consulta oportuna puede otorgar un mejor entendimiento de la normatividad, así como una mejor tendencia al cumplimiento de los requisitos derivados de la normatividad.

Los apéndices para esta parte vienen enunciados con las letras del alfabeto: A, B,C,D,R y F. La consulta de estos apéndices optimiza la aplicación de la norma, por lo cual, se enuncian para los fines de este trabajo, especialmente los apéndices A y D. El apéndice marcado con la letra A provee una referencia para la secuencia en la toma de decisiones en trabajos que involucre espacios confinados, de manera muy visual y ordenada, el apéndice A, consta de un diagrama de flujo para las actividades que se realizaran en los escenarios que deriven de espacios confinados. Diversos documentos industriales y de seguridad toman como base el diagrama de flujo sugerido por OSHA, con más o menos elementos, el diagrama es una buena guía que complementa la documentación para los trabajos en espacios confinados.

El apéndice B enuncia las recomendaciones para el muestreo del lugar, dando las consideraciones generales para realizar la correcta caracterización del lugar. Aquí se distingue entre dos propósitos primordiales del monitoreo de la atmosfera del lugar: uno con fines de evaluación inicial; y otro como examen de verificación. En ambos casos, se debe determinar el potencial de riesgo que el lugar involucre, analizando el lugar con el equipo apropiado, el procedimiento adecuado, así como la correcta ejecución por parte de personal especializado (ingenieros de seguridad, profesionales de la higiene industrial, químicos certificados, etc.) Adicionalmente, en este apéndice se mencionan las sugerencias de duración, lugar y orden del muestreo, siendo estas consideraciones muy acertadas para una mayor calidad de datos de medición, sobre todo en aquellos lugares que contengan gases cuyas densidades difieran grandemente de la densidad del aire.

El apéndice C consta de ejemplos prácticos en los cuales se puede visualizar la aplicación de las disposiciones de la norma, así como las consideraciones específicas que deben realizarse para cada actividad en espacios confinados. Los casos aquí presentados engloban las directrices necesarias para el aseguramiento del trabajador: control de riesgos físicos y atmosféricos; procedimientos de vigilancia; monitoreo de la atmosfera; así como los procedimientos de entrada y rescate. Estos ejemplos dan un panorama de las generalidades aplicables a los espacios confinados, así como de

los parámetros particulares a tomar en cuenta para cada tarea en específico, siendo esta función de la naturaleza de la actividad y del lugar.

El apéndice D es una muestra general de los mínimos requerimientos que un permiso de entrada para espacios confinados debe tener. Este apéndice es de especial atención, esto debido a la importancia de los permisos para labores críticas en la industria. Las disposiciones de la normativa OSHA en relación a permisos para espacios confinados, estipula que se deberá cumplir cuando menos con los puntos mencionados en la tabla 19.

El hecho de que en la parte 1910.146, anexo D, se incluya una muestra de permiso para espacios confinados; es una guía de gran alcance, puesto que materializa los elementos prácticos sobre los que descansa parte del éxito de las operaciones en dichos espacios; asegurando así la seguridad del trabajador, y dotando de certeza documental al responsable y a la empresa, esto como medio de prevención ante la verificación por parte de organismos certificados, además de que esta muestra traza el camino general que los permisos deben seguir para cumplir con la normatividad. De esta muestra cada empresa podrá refinar los puntos que sus permisos llevaran, aumentando así la confiabilidad en función de sus necesidades específicas.

Comúnmente los trabajos en espacios confinados no son de orden periódico. La poca frecuencia en la que los trabajadores, en la mayoría de las aplicaciones, realizan tareas en espacios confinados, hace aptas las consideraciones generales que las normas disponen. Este no es el caso en que se involucren tareas periódicas en espacios confinados, como es el caso de ingreso a alcantarillados o registros sanitarios. En dichas situaciones, el ingreso a dichos espacios difiere de espacios menos frecuentados. El apéndice E hace hincapié en la naturaleza de los trabajos en alcantarillados, así como los principales contrastes en comparación a otros recintos. El anexo marca las principales diferencias en:

- a) Raramente en un alcantarillado se puede aislar totalmente el lugar, dado que muchos de los parámetros salen de control del personal encargado.
- b) La atmosfera presente, dado el dinamismo del lugar y el cambio imprevisible de las condiciones, puede tornarse rápidamente peligrosa.
- c) Los trabajadores que ingresan están habituados a las operaciones que su trabajo implica, a diferencia de otros trabajadores, que aunque capacitados, su trabajo es esporádico.

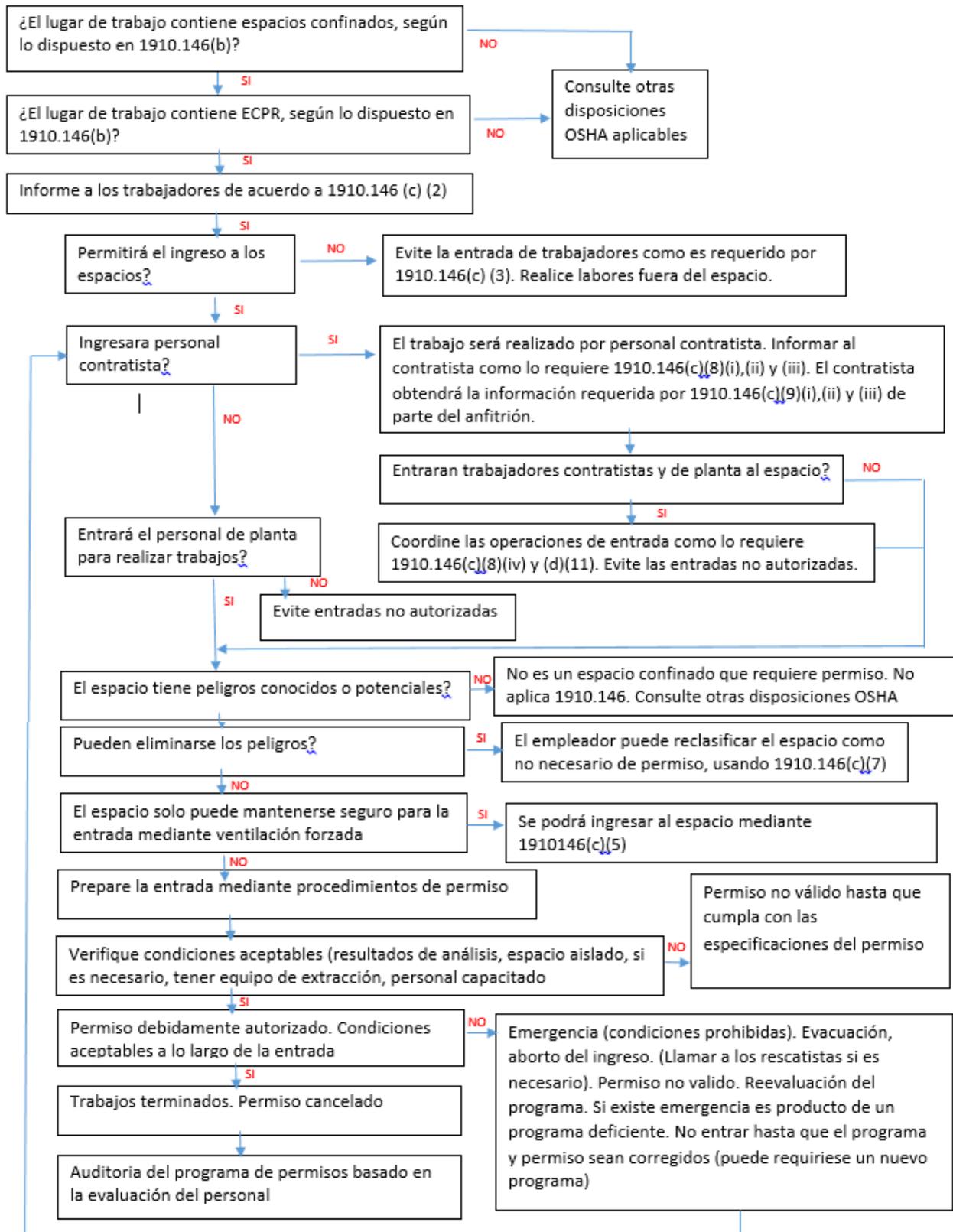
Parte importante de este apéndice es la observación que se hace sobre el uso, y cobertura del sensor del equipo de monitoreo para atmosferas peligrosas; dado que el equipo de detección es parte primordial para la seguridad en espacios confinados, la observación de la mejor opción de sensor según el uso que se le dará, dota de mayor fiabilidad a las decisiones que se harán para los trabajos en atmosferas peligrosas. En el capítulo siguiente “Equipos de monitoreo” se ahondará más al respecto. Parte del apéndice E también recae en el tipo de equipo de protección personal

que se necesitara para los trabajos específicos en alcantarillas; esto aplica también para todo espacio que, en función de sus características, requiera que el personal que ingrese tenga protección especial.

En lo referente a los equipos de rescate, el apéndice F dicta las recomendaciones pertinentes para que los encargados puedan evaluar las capacidades de rescate. Para ello se deberá evaluar holísticamente el espacio en cuestión, para así poder seleccionar el equipo o servicio de rescate que presente los mejores resultados; pudiendo también encontrar las áreas de oportunidad, y subsanar las lagunas derivadas de una falta de capacitación, eficacia, comunicación, etc.

Las recomendaciones del apéndice F se agrupan en dos secciones: una evaluación inicial, y una evaluación del desempeño. En la primera sección se abordan los puntos esenciales para la implementación del tipo de equipo que será requerido, cumpliendo como mínimo las disposiciones de 1910.146; se habla sobre las necesidades del empleador en función del lugar y tiempo de respuesta; la disponibilidad que el equipo deberá tener; los métodos de rescate, así como las habilidades de los servicios. La sección segunda hace énfasis en aspectos de eficacia sobre los parámetros que todo equipo o servicio de rescate deberán tener como mínimo. Mediante preguntas clave se obtiene un camino que apunte en mayor o menor grado a los resultados esperados para el rendimiento del rescate; se toma entonces parámetros como: la capacitación del personal; la necesidad de EPP, o SCABA; permisos adicionales; así como la configuración interna del espacio. Lo referente a equipos de rescate será abordado con mayor detenimiento en el capítulo VI “Los equipos de rescate”

Diagrama de decisión para espacios confinados. Apéndice A



Muestra de un permiso de entrada. Apéndice D parte I

PERMISO DE ENTRADA PARA ESPACIOS CONFINADOS			
Fecha de emisión:		Fecha de expiración:	
Lugar de trabajo:		Supervisor:	
Equipo para trabajar en:		Trabajo a realizar:	
Personal:			
1. Revisión de atmosfera		Tiempo:	
		Oxígeno:	%
		Explosividad:	% L.I.E.
		Toxicidad:	ppm
2. Firma del muestreador:			
3. Aislamiento	N/A	SI	NO
Bombas o líneas cegadas	()	()	()
Desconectadas o bloqueadas	()	()	()
4. Modificación en la ventilación	N/A	SI	NO
Mecánica	()	()	()
Solo ventilación natural	()	()	()
5. Muestreo atmosférico después del aislamiento y la ventilación		6. Procedimientos de comunicación:	
Oxígeno	% >19.5%		
Explosividad:	% L.I.E. <10%		
Toxicidad:	ppm <10%		
Tiempo:			
Firma del muestreador:			
7. Procedimientos de rescate:			
8. ¿El ingresante, vigía y personal de apoyo han cumplido satisfactoriamente el entrenamiento?		SI	NO
¿Está vigente?		()	()
9. Equipamiento	N/A	SI	NO
Detector de gases de lectura directa	()	()	()
Arnés de seguridad, línea de vida para entrante y vigía	()	()	()
Equipo de izaje	()	()	()
Equipo de comunicación	()	()	()
Equipo de respiración autónomo	()	()	()
Ropa de protección	()	()	()

Todo equipo eléctrico, Clase I, Div I, grupo D; y equipo antiexplosión		()	()	()
10. Muestreo periódico de la atmosfera:				
Oxigeno	%	Tiempo	Oxigeno	%
Oxigeno	%	Tiempo	Oxigeno	%
Explosividad	%	Tiempo	Explosividad	%
Explosividad	%	Tiempo	Explosividad	%
Toxicidad	%	Tiempo	Toxicidad	%
Toxicidad	%	Tiempo	Toxicidad	%
Hemos revisado el trabajo autorizado por este permiso así como la información contenida aquí. Las instrucciones escritas y los procedimientos de seguridad han sido recibidos y entendidos. La entrada no podrá ser aprobada si alguna columna está marcada como "NO". Este permiso no será válido a menos que se cumpla con todos los elementos apropiados				
Elaboro: (supervisor)				
Aprobo: (supervisor de unidad)				
Reviso: (Personal de operaciones)		_____ Nombre competo y firma		

Ilustración 5. Permiso de trabajo para EC. 29CFR.910.146. OSHA, apéndice D.

La segunda Parte del permiso de entrada a espacios confinados se muestra abajo. Como se observa, el permiso muestra por parte de OSHA contempla las disposiciones mínimas de requerimiento, enlistadas anteriormente. Esta muestra es relevante ya que anterior al año 2015 en que se emite la NOM-033-STPS-2015 no se contaba con un documento normativo nacional que estipulara los requerimientos con los que debe contar un permiso de trabajo para espacios confinados. Actualmente el numeral 8.6 de la NOM-033 dictamina dichos requerimientos.

Como medio de comparación y para su posterior evocación en el cap. VII de este trabajo, se muestra un permiso de trabajo para espacios confinados del año 2008, emitido por la Gerencia de Calidad, Seguridad Industrial y Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos. El documento con identificación 400-GCSIPA-PO-17, "Procedimiento Operativo Para Trámite y Uso de los Permisos de Trabajo" establece lineamientos de uso y trámites de trabajo en las instalaciones de PEMEX Petroquímica. Dicho documento pertenece al anexo B-3, titulado "Procedimientos Críticos que deben cumplir los Contratistas y/o Proveedores dentro de las instalaciones de PEMEX Petroquímica" Y para fines de este trabajo sirve de comparación entre permisos para E.C.

PERMISO DE ENTRADA		
Permiso valido solo por 8 horas		
Fecha, locación y descripción del sitio:		
Propósito de entrada:		
Supervisor a cargo de la cuadrilla, tipo de cuadrilla:		
Procedimientos de comunicación:		
Procedimientos de rescate:		
Cumplimiento de requerimientos	Fecha	Tiempo
Bloqueo, Corte de energía		
Corte, tapado, bloqueo de líneas		
Purga, venteo		
Ventilación		
Delimitación de la zona segura		
Equipo de respiración		
Resucitador-inhalador		
Personal de seguridad, vigía		
Arnés de seguridad de cuerpo completo		
Equipo de rescate de emergencia		
Extinguidores		
Lámparas (antiexplosión)		
Ropa de protección		
Respiradores, purificadores de aire		
Permisos para trabajos en caliente		
Nota: Para el caso que no aplique, colocar N/A en la casilla		

Monitoreo continuo							
Monitoreos a realizar:							
Porcentaje de Oxígeno: 19.5%-23.5 %							
L.I.E bajo de 10%							
Monóxido de carbono: +35ppm							
Hidrocarburos aromáticos: +35ppm *5ppm							
Cianuro de hidrogeno: *4ppm							
Sulfuro de hidrogeno: +10ppm *15ppm							
Amoniaco: *35ppm							
<p><i>*Límite de exposición a corto plazo (el trabajador no puede laborar en el área por más de 15 min)</i> <i>+ Límite ponderado en el tiempo (8hrs): El trabajador puede laborar en el área por 8 horas con la protección adecuada.</i></p>							
Observaciones:							
Equipo de monitoreo	Instrumentos usados	Tipo/modelo		Número de serie			
<p><i>*Para todos los trabajos en espacios confinados es necesario contar con vigía</i></p>							
Vigía (s)	firma	Personal de ingreso		firma			
Autorización del supervisor:							
Número telefónico:							
Números de emergencia:	Ambulancia	Bomberos		Personal de seguridad			

Ilustración 6. Permiso de trabajo para EC. 29CFR.910.146. OSHA, apéndice D-2.



GERENCIA DE CALIDAD, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

PGCSIPA-3

Nº CONTROL _____

PERMISO PARA TRABAJO CON ENTRADA A ESPACIOS CONFINADOS																			
NOMBRE M QUIEN SOLICITA: _____					PUNTA O LUGAR DEL TRABAJO: _____														
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO : ANTECEDENTES:					FECHA	DIAS/SEMANA	HORA												
					SOLICITADO			EJECUCIÓN											
					CONDICIONES ACTUALES DEL EQUIPO O LÍNEA A INTERVENIR														
					FLUIDO:			PRESIÓN:											
					TEMPERATURA:														
DEFINICIÓN Y L RIESGO INTERIOR					SI	NO	EQUIPO DE SEGURIDAD REQUERIDO					SI	NO						
1.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR EXPLOSIVIDAD?							1.- ¿EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA LA PIEL Y CUERPO? (ESPECIFICAR CUAL)												
2.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR PRESENCIA DE GASES O VAPORES TÓXICOS, IRRITANTES? ¿CUÁLES?							2.- ¿EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA? (ESPECIFICAR CUAL)												
3.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR DEFICIENCIA DE OXÍGENO?							3.- ¿EQUIPO DE PROTECCIÓN OCULAR? (ESPECIFICAR CUAL)												
4.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR ENRIQUECIMIENTO DE OXÍGENO?							4.- ¿ARNES DE SEGURIDAD Y CABLE DE SUJECCIÓN?												
5.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR LA PRESENCIA DE POLVO, HUMOS O FIBRAS?							5.- ¿CABLE DE VIDA?												
6.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR LA PRESENCIA DE MONÓXIDO DE CARBONO?							6.- ¿EQUIPO DE VENTILACIÓN FORZADA? (ESPECIFICAR CUAL)												
7.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR LA PRESENCIA DE MATERIAL DAÑINO PARA LA PIEL? ¿CUAL?							7.- ¿EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA RUIDO?												
8.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR LA PRESENCIA DEL SULFURO DE FERRO?							8.- ¿VIOLANCIA EXTERIOR?												
9.- ¿SE REQUIERE VERIFICAR LA TEMPERATURA?							9.- ¿PRUEBAS ATMOSFÉRICAS INTERIORES REQUERIDAS?												
10.- ¿SE REQUIEREN PERMISOS DE TRABAJO ADICIONALES? ¿CUÁLES?							10.- ¿ILUMINACIÓN A PRUEBA DE EXPLOSIÓN CON CABLE DE USO RUDO SIN UNIONES?												
11.- ¿MONITOREO CONTINUO PERIÓDICO? ¿TIPO?																			
OBSERVACIONES: _____					OBSERVACIONES: _____					ING. RESPONSABLE DEL TRABAJO: _____									
ING. RESPONSABLE DEL ÁREA					NOMBRE Y FIRMA					ING. RESPONSABLE DE SEGURIDAD					NOMBRE Y FIRMA				
REGISTRO DE PRUEBAS																			
RESPONSABLE DE SEGURIDAD:	% DE EXPLOSIVIDAD	H ₂ S MENOR DE 10 p.p.m.	% O ₂ DE 19.5 a 23.5	CO MENOR DE 25 p.p.m.	SO ₂ MENOR DE 25 p.p.m.	TEMPERATURA DE 5 a 45 °C	OTROS	FIRMA	HORA										
LISTA DE VERIFICACIÓN PREVIA A LA ENTRADA																			
1.- ¿EL EQUIPO FUE DEPRESIONADO Y PUESTO FUERA DE OPERACIÓN?													SI	NO					
2.- ¿EL EQUIPO FUE AISLADO? ¿CON VÁLVULAS? <input type="checkbox"/> ¿CON JUNTAS CIEGAS? <input type="checkbox"/>																			
3.- ¿EL EQUIPO FUE LAVADO?																			
4.- ¿EL EQUIPO FUE NEUTRALIZADO?																			
5.- ¿EL EQUIPO FUE VAPORIZADO?																			
6.- ¿SE AISLARON LAS PURGAS AL DRENAJE Y VENTOS?																			
7.- ¿SE ABRIERON LOS REGISTROS NECESARIOS?																			
OBSERVACIONES: _____													ING. RESPONSABLE DEL ÁREA: _____						
													NOMBRE Y FIRMA						
8.- ¿EN LOS REGISTROS DE ENTRADA SE COLOCARON AVISOS?																			
9.- ¿SE EFECTUARON LAS PRUEBAS DE GAS, TOXICIDAD, TEMPERATURA, OTROS?																			
10.- ¿SE INSTALÓ VENTILACIÓN FORZADA?																			
11.- ¿SE INSTALÓ LA ILUMINACIÓN INTERIOR, A PRUEBA DE EXPLOSIÓN CON CABLE DE USO RUDO SIN UNIONES?																			
12.- ¿SE INSTALARON ANDAMIOS PARA TRABAJOS DE ALTURA?																			
13.- ¿LOS TRABAJADORES RESULTARON APTOS EN LA EVALUACIÓN MÉDICA?																			
14.- ¿TIENEN CABLE DE VIDA LOS TRABAJADORES?																			
15.- ¿EXISTE VIOLANCIA EN EL EXTERIOR? NOMBRE: _____																			
16.- ¿SE ESTÁN EFECTUANDO TRABAJOS SIMULTÁNEOS?																			
17.- ¿SE VA A UTILIZAR UN PRODUCTO RIESGOSO? ¿CUAL?																			
18.- ¿SE REQUIERE INSTALAR BARRERAS Y/O BARRICADAS?																			
OBSERVACIONES: _____													ING. RESPONSABLE DEL TRABAJO: _____						
													NOMBRE Y FIRMA						
NUMERO DE PERSONAS AUTORIZADAS:				RESPONSABLE DE ÁREA			RESPONSABLE DEL TRABAJO			RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO									
TIEMPO DE PERMANENCIA:				TIEMPO DE RECUPERACIÓN:			NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA						
CLASE DE ESPACIO CONFINADO:																			
HE LEÍDO Y ENTENDIDO LAS INSTRUCCIONES, PARA LA ENTREGA FÍSICA DEL EQUIPO/LÍNEA PARA EFECTUAR ESTE TRABAJO:																			
SUPERVISOR / OPERADOR					PROCEDIMIENTO OPERATIVO					FIRMA									
MANDO MEDIO / OPERARIO / CONTRATISTA					PROCEDIMIENTO OPERATIVO					FIRMA									

AUTORIZO: ING. RESPONSABLE DEL ÁREA
NOMBRE Y FIRMA

RECIBO AUTORIZACIÓN ING. RESPONSABLE DEL TRABAJO
NOMBRE Y FIRMA

400-GCSIPA-PO-17

13 de 27

Ilustración 7. Permiso de entrada a EC, PEMEX Petroquímica.

IV.CAPITULO CUARTO

4. Los equipos de medición y monitoreo de la atmósfera

El rápido crecimiento en la demanda y producción de bienes y servicios en las últimas décadas ha traído como consecuencia el aumento en el uso y fabricación de sustancias peligrosas, mismas que son parte fundamental en los procesos productivos de la industria. Ya sea que se hable de gases tóxicos o explosivos, su uso representa un riesgo potencial para la seguridad operacional de las plantas de proceso, para la seguridad de trabajadores, así como al medio ambiente.

No es dato nuevo la gran cantidad de incidentes que son resultado de procesos industriales que involucren gases inflamables, gases tóxicos; o que, durante dichos procesos las concentraciones de oxígeno representan niveles peligrosos. Incidentes que además de cuantiosas pérdidas materiales; sanciones económicas o administrativas; tiempos muertos, paros no programados; cobran algo más valioso: vidas humanas. Es por lo anterior que dentro de los protocolos de seguridad industrial el uso de dispositivos alarma es de vital importancia para la oportuna detección de amenazas. Este tipo de dispositivos son una herramienta fundamental, pues, además de brindar tiempo para la toma de decisiones ante un escenario de peligro, se utilizan como parte fundamental de un sistema de seguridad y supervisión del medio de trabajo; tal como puede ser la detección de emisiones nocivas a la atmósfera, la detección de incendios, y el cierre imprevisto de un proceso por complicaciones. La importancia de los equipos de detección de gases es bastante amplia, así como sus aplicaciones y beneficios al corto y largo plazo; la experiencia y testimonio de un gran número de empresas avalan la competitividad y fiabilidad que el uso de este tipo de equipos genera en sus procesos de producción. Aunque actualmente existen una inmensa variedad de equipos de monitoreo en el mercado, básicamente se puede hacer la clasificación de los mismos en dos grandes conjuntos: los equipos de detección fija, y los equipos portátiles. El uso de uno u otro dependerá de las necesidades específicas del usuario, de la configuración del espacio, de las actividades desarrolladas en el centro de trabajo, etc. La amplia oferta por parte de los fabricantes se ve complementada por la adición de características específicas a cada modelo que crean un entorno más eficiente entre el usuario y el equipo: sistemas de comunicación remota, tecnologías específicas, protección especial, etc. Tal variedad puede llegar a causar confusión sobre qué equipo utilizar, sin embargo, atender al principio fundamental del equipo puede contestar dicha cuestión. Dada la amplitud de gases y vapores en uso, las tecnologías de detección han tenido una respuesta de la misma magnitud al desarrollar diversidad de sensores que sirvan a la mejor identificación de gases, según la naturaleza del monitoreo y el principio físico de su funcionamiento.

Es importante entender el alcance que la elección correcta del equipo de monitoreo tiene sobre el plan de seguridad industrial en una empresa, pues serán muchas las decisiones que se tomen una vez interpretados los datos del equipo: la clasificación del espacio, el uso de equipo de protección personal, el tiempo de duración de los trabajos, los tipos de permisos requeridos, así como los procedimientos de rescate, en fin, una gran variedad de decisiones que dependen de la fiabilidad de los datos obtenidos.

Para tener una mejor comprensión de los datos obtenidos por los equipos de monitoreo, ya sean fijo o portátiles, se debe atender antes a ciertos parámetros que determinan el éxito o fracaso, tales como pueden ser: principios de funcionamiento; alcances y límites; modo de operación; niveles de seguridad y características del equipo; mantenimiento y calibración; así como de parámetros del espacio en que son usados, y las propiedades del gas o vapor que están midiendo. Como puede notarse, una gran cantidad de parámetros deben tomarse en cuenta antes de tomar las decisiones referentes al ingreso de personal a espacios confinados, siendo durante el monitoreo de la atmósfera cuando gran cantidad de decisiones habrán de tomarse con los datos que el equipo arroje así como la interpretación que el personal encargado haga de ellos.

4.1 Propiedades de los gases y monitoreo de atmósferas

Los gases y vapores son producidos en una gran cantidad de sitios, desde pequeñas fugas en el hogar, hasta emisiones letales en plantas procesadoras. En ambos casos el gas representa un riesgo potencial para la ocurrencia de un accidente, para inhibir este potencial habrá de realizar una detección oportuna de la fuente de emisión, sirviéndose, entre otras cosas, de las propiedades del gas. Al estado de la materia con una temperatura superior a su punto de ebullición se le denomina gas; es decir: se utiliza el término gas para el estado de la materia en que una sustancia a temperatura ambiente y a una presión atmosférica se expande hasta llenar el espacio que lo ocupa. Los cambios de fase que una sustancia experimenta e ciertas condiciones son importantes al tomar en cuenta los procesos en que dichos cambios se suscitan, entendiendo así los mecanismos en que una sustancia volátil es capaz de desprender vapores peligrosos. Las variables de Presión, Temperatura y Volumen, serán elementos vitales para la comprensión del comportamiento de gases, ya sean desprendidos de sustancias puras o de sustancias complejas. Dado el carácter caótico del movimiento de las moléculas en un gas, magnitudes como la temperatura (energía cinética promedio); la presión (velocidad media de las partículas golpeando una superficie); y el volumen, estarán relacionadas matemáticamente en una ecuación, que en el caso ideal es denominada: ley de los gases ideales, de la cual se desprende lo siguiente:

A una presión constante, el volumen de gas cambia en proporción directa a su temperatura; a volumen constante, la presión cambia en proporción directa a su temperatura; a temperatura constante la presión cambia de manera inversa a su volumen. Estas relaciones simples son las que fundamentan el comportamiento de gases, siendo mezcladas mediante ecuaciones de estado, que en mayor o menor complejidad, caracterizan el comportamiento de un gas. El movimiento aleatorio de las moléculas de gas en un medio propiciara la mezcla entre diversas sustancias presentes en un lugar, por ejemplo: metano y aire; siendo dicho movimiento en dirección de la zona de menor concentración (fenómeno de difusión), este fenómeno estará en función de las características moleculares de las sustancias en el medio, así como de las condiciones existentes, siendo además un parámetro esencial en los equipos de medición. De manera general, los procesos de difusión se dan de manera más rápida entre más rápido se muevan las moléculas del medio (aumento de temperatura), y entre más ligero sea el gas (menor peso molar); siendo así que el metano tendrá una difusión más rápida en el aire, que el tetracloruro de carbono. Las corrientes de aire que entran en un espacio confinado también afectan el rango de difusión de los gases, por lo que tener pleno conocimiento de las condiciones del lugar: presión, temperatura, corrientes de aire, generara una mayor comprensión de la forma y ritmo de difusión entre gases.

La gravedad específica, definida como el peso de un gas comparado con un volumen igual de aire a las mismas condiciones de presión y temperatura, es otro factor a tomar en cuenta, puesto que cuando se conoce el valor de gravedad específica, se podrá determinar las zonas en donde tiendan a alojarse los gases: para gases de mayor densidad que el aire, zonas altas; para gases de menor densidad que el aire, zonas bajas. Lo anterior es de suma importancia para los métodos de muestreo, sobre todo para aquellos espacios de gran profundidad, o aquellos con tendencia a mostrar atmosferas estratificadas.

La solubilidad, definida como la capacidad de una sustancia para disolverse en un líquido, es también otro factor a tomar en cuenta. Dado que en algunos espacios, la presencia de sustancias solubles en agua es común, no será de extrañarse la presencia de compuestos solubles en agua y que potencialmente serán liberados al ambiente, como puede ser el caso del dióxido de azufre y el sulfuro de hidrogeno.

El medio sobre el que se desarrollan las actividades humanas, aunque invisible, es una mezcla de varias sustancias gaseosas, basta agitar la mano para sentir la presencia de esa masa gaseosa que envuelve al planeta. La atmosfera es una mezcla de gases que se extiende a lo largo de todo el planeta, teniendo una masa de más de 500 trillones de toneladas, mismos que ejercen una presión sobre una superficie de aproximadamente 500 trillones de metros cuadrados, dando pie a lo que se conoce como presión atmosférica (10325 kg/m^2 , 1013 bar). Esta presión, cambiante con la altitud es otro parámetro a tomar en cuenta para el funcionamiento de los equipos de medición.

Dado que existen menos moléculas de gas en un determinado volumen a menor presión atmosférica, los equipos de monitoreo tendrán menor cantidad de moléculas para su funcionamiento, siendo así que la señal de ciertos detectores depende de la presión atmosférica.

Gas	Composición (habitual en ppm)	
	seco	Húmedo
Gases principales		
N2 - nitrógeno	780 840	768 543
O2 - oxígeno	209 450	206 152
H2O - vapor de agua	0	15 748
Ar – Argón	9 340	9 193
CO2 dióxido de carbono	340	335
Oligogases		
Ne-Neón	18	18
He- Helio	5	5
CH4 - metano	1.8	1.8
Kr- Kriptón	1.1	1.1
H2 - hidrógeno	0.5	0.5
N2O - óxido nitroso	0.3	0.3
CO - monóxido de carbono	0.09	0.09
Xe-Xenón	0.09	0.09
O3 - ozono	0.07	0.07
Otros oligogases	3.05	3.00
total	1000000	1000000

1% vol=10 000 ppm; suposición humedad relativa 68%RH a 20°C

Tabla 20. Composición de la atmósfera. Fuente: "Introducción a los equipos de detección", Dräger.

De la tabla se observa que el Nitrógeno es el gas dominante en la atmósfera con un 78%, seguido del oxígeno con casi 21%. El Oxígeno al ser un componente esencial para la vida, es uno de los principales parámetros para el monitoreo de las condiciones de un espacio confinado.

En las actividades que involucran gases, principalmente se dan tres riesgos:

- I) Riesgo por incendio y/o explosión (gases inflamables: metano, butano, propano, etc.)
- II) Riesgo por envenenamiento (gases tóxicos: monóxido de carbono, cloro, etc.)
- III) Riesgo por asfixia (carencia de oxígeno: se consume o reemplaza el oxígeno de la atmósfera)

Derivado de los tres riesgos y en conjunto con las disposiciones por parte del personal responsable, se dictaminan los siguientes tipos de monitoreo para un espacio de trabajo:

4.1.1 Peligros por gas inflamable y monitoreo de atmosferas explosivas

Prácticamente todos los gases siempre son peligrosos, desde el hecho de que el oxígeno exista por debajo de los límites respirables; hasta una sustancia que este liberando vapores; lo importante es conocer las concentraciones. En el caso de los gases inflamables, conocer los rangos de concentración en los cuales la sustancia puede generar una explosión es de suma importancia para los fines del monitoreo de atmosferas seguras.

La combustión es una reacción de oxidación en la cual el oxígeno al irse combinando con otra sustancia, produce una liberación de energía, misma que aparece principalmente en forma de calor, y a veces como llamas. El denominado triángulo del fuego representa el proceso en el que se produce la combustión, siendo necesarios tres factores:

- 1) Fuente de ignición
- 2) Oxígeno
- 3) Combustible en forma de gas o vapor



Ilustración 8. Triángulo del fuego.

Si alguno de los elementos citados es inhibido (objetivo de los sistemas contra incendio), la reacción no podrá generarse. Una observación más detallada del fenómeno de combustión incluye un cuarto elemento: la reacción química, con lo cual el modelo triangular se ajusta a un tetraedro. El esquema con esta cuarta variable sugiere la misma dinámica que la triada: si algún elemento es omitido, la generación del fuego se puede evitar o eliminar.

4.1.1.1 Límite de inflamabilidad

Para poder producirse una ignición de una mezcla de gases, solo existe un rango limitado en que las proporciones correctas de gas/aire propiciaran una mezcla combustible. Este rango es específico para cada gas y está en función de dos límites: un límite superior de explosividad (LSE) y un límite inferior de explosividad (LIE). La mezcla deberá localizarse justo entre ambos límites, dado que si la concentración del gas combustible está por debajo del LIE, la mezcla será demasiado pobre para producir una ignición; por otro lado, si la mezcla está por arriba del LSE, la mezcla será demasiado rica y no tendrá oxígeno suficiente para arder. Los límites de explosividad vienen dentro de la literatura para sustancias químicas, siendo referidos a condiciones atmosféricas, por lo que

un aumento de la presión, temperatura u oxígeno, ampliara el rango de inflamabilidad. El Límite Inferior de Inflamabilidad es usado por los equipos de monitoreo, expresando la lectura en porcentaje del LIE, emitiendo una alerta para valores próximos del 50% del LIE. Comúnmente el LIE de las sustancias conocidas se encuentra entre el 0.5% del volumen al 15% del volumen.

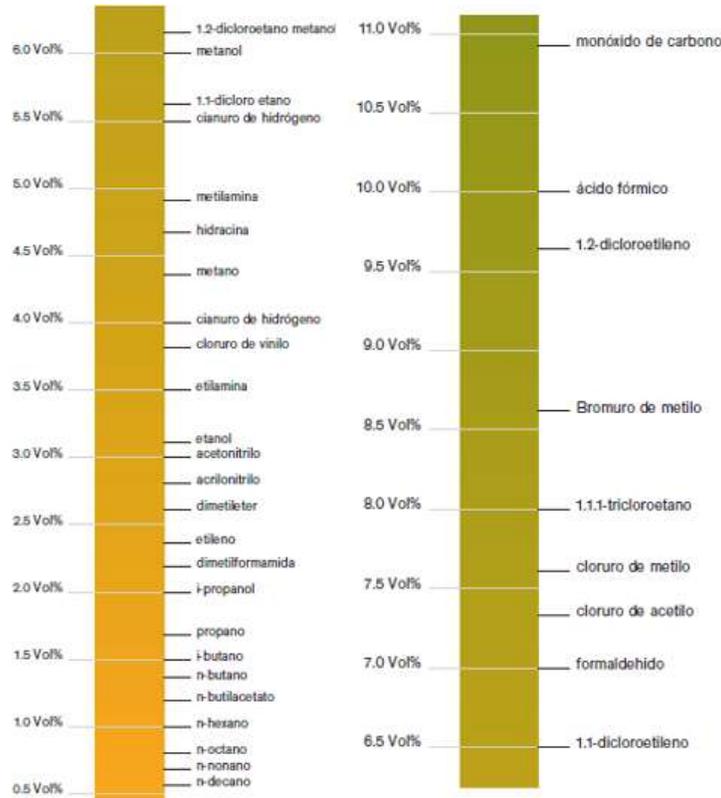


Ilustración 9. Valores de LEL para diversas sustancias. Fuente: Drager "Introducción a los sistemas de detección", 2009.

Para los sistemas de protección contra fuego, mantener baja la concentración de sustancias es una opción para la inhibición de incendios. Al monitorear continuamente la atmosfera, se puede detectar el instante en que la concentración de alguna sustancia este a 50% de su LIE. Esta acción primaria no inhibe la ignición, pero si evita la formación de una atmosfera potencialmente explosiva. Este tipo de monitoreo se realiza preferentemente con sensores de tipo infrarrojo o de perlas catalíticas.

4.1.1.2 Propiedades del gas inflamable

Punto de ebullición: Aquella temperatura en que la presión de vapor del líquido iguala a la presión del vapor del medio en que se encuentra. En otras palabras: es el punto en donde se da el cambio de fase de líquido a gas.

Presión de vapor: Es la presión ejercida por un vapor sobre su fase líquida cuando están en equilibrio, estando esta presión relacionada con la temperatura. El punto de ebullición y la presión de vapor de una sustancia determinarán la proporción que se vaporizará. Una baja presión de vapor indica que hay menos moléculas de la sustancia para arder, lo cual se traduce en un menor riesgo; aunque también indica que hay menos moléculas para detectar, requiriendo así mayor sensibilidad por parte de la instrumentación del equipo.

Punto de inflamación: Es la menor temperatura en que la superficie del líquido emite suficiente vapor para ser encendido. Si una determinada sustancia se encuentra a una temperatura debajo de su punto de inflamación, no se generará suficiente vapor para encenderse, por lo tanto, entre mayor sea el punto de inflamación de una sustancia, menor riesgo presentará. El punto de inflamación es importante, debido a que combina dos medidas para el riesgo por explosión de una sustancia: la volatilidad y el LIE. Por lo que para ser inflamable una sustancia, la concentración del vapor sobre la superficie del líquido deberá sobrepasar su LIE; si ello ocurre o no, dependerá de la concentración de vapor producida por la presión de vapor, misma que es función de la temperatura.

Temperatura de autoignición: refiere a la temperatura en que una sustancia puede encenderse de manera espontánea sin una fuente de ignición externa. Esta temperatura es de especial interés, sobre todo para el cuidado de las temperaturas superficiales de los componentes de un recinto, equipos que deberán estar regulados a una temperatura máxima.

Densidad: Es la relación entre la masa del gas y su volumen. Para el caso de densidad relativa, esta será la comparación entre la densidad del gas y la del aire, siendo esta última igual a 1. La densidad es de especial interés para la ubicación de los sensores. Dado que si la densidad del gas es menor a uno, este tenderá a subir y alijarse en partes altas; por el contrario, si la densidad relativa es mayor a uno, el gas tenderá a descender, ubicándose en zonas bajas.

Como conclusión se puede decir que los líquidos inflamables son más peligrosos entre menor sea su punto de inflamación, siendo este factor, base para la protección antiexplosión. Lo cual recae de manera directa en las decisiones de una empresa, pudiendo utilizar sustancias con puntos de inflamación mayores a las temperaturas en que operan sus actividades.

4.1.1.3 Datos de gases inflamables

Parámetros importantes para sustancias volátiles son presentados en tablas que muestren de manera rápida las características de una determinada sustancia. Son diversas las fuentes que enlistan este tipo de propiedades. La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) presenta el documento: NFPA-325M “Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solvents, lists the flashpoints of many common substances.” En el cual se enlistan las propiedades características de las sustancias inflamables. Contar con este tipo de documentación es importante al momento de realizar tareas de monitoreo.

Vapor	LEL en Vol-%	LEL en g/m ³	Pto. inflam. en °C	Presión de vapor a 20 °C en mbar	Temperatura de ignición en °C
acetona	2.5	60.5	< - 20	246	535
acrilonitrilo	2.8	61.9	-5	117	480
benceno	1.2	39.1	- 11	100	555
n-butanol	1.7	52.5	35	7	325
n-butilacetato	1.2	58.1	27	11	390
n-butilacrilato	1.2	64.1	37	5	275
clorobenceno	1.3	61.0	28	12	590
ciclohexano	1.0	35.1	- 18	104	260
ciclopentano	1.4	40.9	- 51	346	320
1,2-dicloroetano (DCE)	6.2	255.7	13	87	440
diétilter	1.7	52.5	-40	586	175
1,4-dioxano	1.9	69.7	11	38	375
epiclorohidrina	2.3	88.6	28	16	385
etanol	3.1	59.5	12	58	400
etilacetato	2.0	73.4	- 4	98	470
etilbenceno	1.0	44.3	23	10	430

Tabla 21. Propiedades de algunas sustancias inflamables.

4.1.1.4 Explosímetros

El monitoreo de gases combustibles se hace por medio de los llamados explosímetros, que no son otra cosa que dispositivos diseñados para la medición de concentraciones de gases explosivos. Equipos que además, dada su configuración, emitirán una alarma que informe al personal expuesto sobre el aumento en los límites establecidos. Para representar las concentraciones de gases los explosímetros arrojan resultados en porcentaje o en partes por millón; donde 1% del volumen equivale a 10,000 ppm. En explosímetros bastante sencillos la lectura suele darse en la escala de porcentaje del LIE, del 0 al 100%; emitiendo una alarma al 50% del LIE.

Los explosímetros no arrojan datos cualitativos. Pueden arrojar valores numéricos de la concentración pero no distinguen entre los diferentes compuestos presentes en la atmosfera. Además de que debido a la configuración de sus filtros, muchos de ellos no detectan neblinas explosivas, ni combustibles atomizados, dado que las partículas de estas mezclas quedan atrapadas en los filtros.

A grandes rasgos, los explosímetros constan de una cámara interna que aloja un filamento, mismo que al calentarse provoca la combustión del gas inflamable que entra en el equipo. El filamento constituye un circuito de resistencias llamado “puente de Wheatstone”, en donde en uno de los lados del puente pasa la mezcla de gas con el filamento calentado, y si el gas es combustible, la combustión generada liberara calor, aumentando así la resistencia del filamento. La otra parte del puente fungirá como compensación a todos los cambios en la corriente y resistencia derivados de las variaciones en el ambiente. Las variaciones de resistencia eléctrica en el filamento generaran una señal medible en la pantalla del equipo, siendo expresada la concentración del gas, mismas que es proporcional al calor liberado en la combustión. Entregando así valores de LIE.

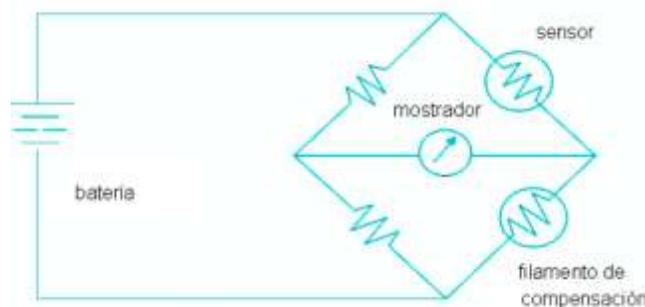


Ilustración 10. Diagrama de Puente Wheatstone.

La sensibilidad de este tipo de equipos puede verse alterada por diversos factores tales como: presencia de polvo u otros contaminantes en el aire; alta humedad; temperaturas extremas. Por ejemplo: la presencia de silicatos contaminan rápidamente el sensor, impidiendo que el filamento funcione adecuadamente; otro caso es en los vapores de gasolina, donde el tetraetilo de plomo tiende a depositarse sobre el filamento, disminuyendo así su sensibilidad, propiciando así una calibración más frecuente cuando se tenga ese tipo de compuestos. Adicionalmente para el buen funcionamiento del equipo, este debe ser utilizado en atmosferas con una concentración mínima del 14%; y evitar su uso en ambientes extremadamente fríos o calientes, debido a las interferencias que pueden causar sobre el filamento.

Los fabricantes de este tipo de equipos suministran curvas de calibración y conversión, mismas que permiten hallar el índice de flamabilidad correcto para la sustancia monitoreada. Lo anterior es sumamente útil, sobre todo cuando en el espacio a monitorear se tiene una gran cantidad de gases contaminantes, es decir: gases muy distantes al utilizado en la calibración del equipo.

Supóngase que en un espacio confinado de una planta procesadora de plásticos se hace una evaluación de materiales inflamables. Debido a la producción en dicha área se sabe de la presencia de estireno. El monitoreo es realizado con un explosímetro calibrado con pentano, del cual se obtuvo una lectura del 15% del LIE. Sin embargo, se sabe que el índice de flamabilidad y la concentración arrojados no son los reales, esto debido a la diferencia entre la sustancia presente (estireno) y la sustancia de calibración (pentano) ¿Cómo se podrías obtener los valores reales?

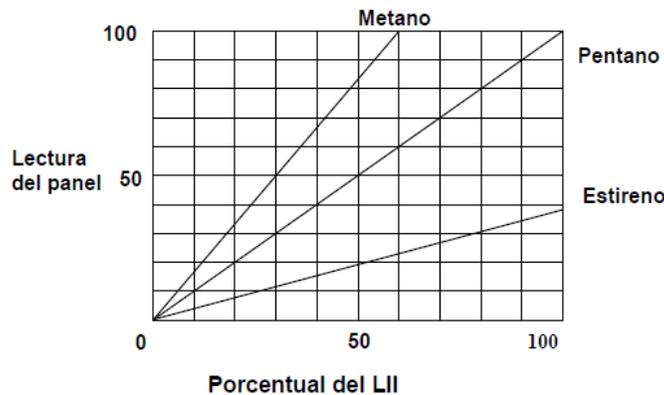


Ilustración 11. Gráfica de calibración con pentano para explosímetro.

Una vez dada la curva de calibración entre los componentes involucrados, se procederá a encontrar el valor que el equipo arrojó (15%LIE) en el eje vertical de la gráfica. A partir de ese valor, se seguirá de manera horizontal hasta intersectar la curva de la sustancia de interés (estireno), en ese lugar se leerá el valor porcentual del LIE real para la sustancia inflamable.

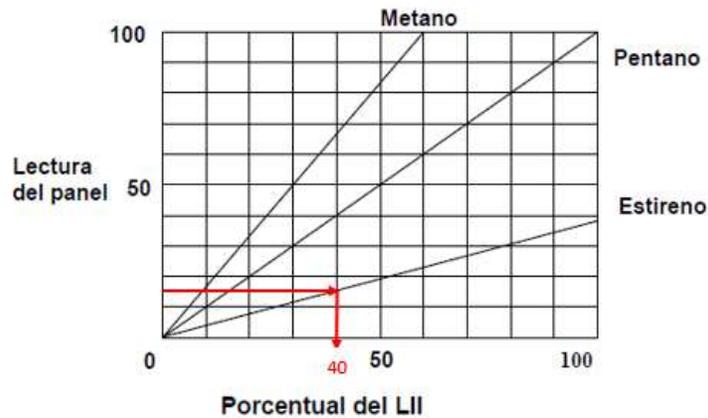


Ilustración 12. Gráfica de calibración con pentano para explosímetro, solución.

Por último, para hallar la concentración del estireno, ha de recordarse la equivalencia de 1% a 10,000 ppm. El LIE del estireno, tomado de tablas, es de: 1.1% en volumen. Por lo que a 100% del LIE para el estireno, corresponde 11,000ppm. Y dado que la lectura del explosímetro arroja 40% (44% en volumen) del LIE real para el estireno, su concentración es de: 4400 ppm.

Muchos equipos de detección de gases inflamables, sobre todo los portátiles, permiten la integración de diversos sensores específicos para ciertos gases, además de sensores para oxígeno y gases tóxicos.

Uno de los gases explosivos comúnmente encontrados en la industria es el metano. Este hidrocarburo de bajo peso molecular puede ser hallado como producto de la descomposición de materia orgánica en redes de drenaje; en sectores industriales que hace uno de él; en hogares; en plantas de recolección y procesamiento; etc. En muchas ocasiones el metano, al saber de antemano su existencia, puede tornarse un interferente durante el monitoreo de una atmósfera, produciendo así resultados erróneos. Esto puede evitarse mediante el uso de explosímetros diseñados para la eliminación de la interferencia del metano. Los explosímetros usados para la detección de metano son aquellos que funcionan con perlas catalíticas.

4.1.2 Peligros por gas toxico y monitoreo de atmosferas toxicas

Además del peligro derivado por la presencia de gases explosivos en los procesos industriales, los gases tóxicos son otro punto a tomar en cuenta para realizar un buen análisis de riesgo. Puesto que muchas sustancias utilizadas, además de ser inflamables resultan toxicas, se deberá hacer un análisis de las concentraciones presentes en un centro de trabajo, tanto para su dimensión explosiva, como para su carácter toxico. Este comportamiento dual de muchas sustancias hace que los equipos para su detección deban tener la adecuada certificación, según sean las características donde sean utilizados (véase zonas peligrosas y niveles de seguridad del aparato). De lo anterior, la razón principal para hacer una separación entre detección de gases inflamables y tóxicos, es que los riesgos asociados a cada uno, así como su normatividad y tipos de sensores, son distintos.

Las sustancias toxicas, además de presentar grandes problemas al medio ambiente y con ello complicaciones de carácter normativo y legal para las industrias emisoras; también presentan serias complicaciones en la salud de los trabajadores. La exposición a sustancias toxicas, aun en bajas concentraciones, pueden causar diversos efectos en los organismos expuestos, ya sea a corto o largo plazo, razón por la cual es importante no solo medir las concentraciones de dichas sustancias, sino también los tiempos de exposición. Los datos arrojados después de una medición de las condiciones de toxicidad en una atmosfera serán determinantes para la futura toma de decisiones; dado que existen diversas maneras de que una sustancia entre al cuerpo humano (inhalación, ingestión, absorción cutánea u ocular), los valores de concentración y exposición determinaran el tipo de EPP adecuado para los labores.

ASi como en gases explosivos se habló de límites de inflamabilidad, para el caso de sustancias toxicas, los términos “límites de exposición en los lugares de trabajo”, serán utilizados para la supervisión de la seguridad industrial, en donde el objetivo será mantener la exposición debajo de dichos valores. Existen diversas instancias y documentos, que con base en la experiencia industrial y análisis de laboratorio, han fijado los valores correspondientes de exposición para una gran cantidad de sustancias; por ejemplo, en Estados Unidos, son tres las instancias que proveen valores para sustancias toxicas: La ACGIH, NIOSH y la OSHA .

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) de los Estados unidos, publica cada año una lista de los límites de exposición recomendados para una amplia variedad de sustancias, este documento enuncia los denominados “TLV” (valores límite, valores umbral); los “BEI” (límites biológicos de exposición).

El concepto de Treshold Limit Value se define como la concentración de una sustancia en el aire en la cual se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente durante

su vida laboral, sin presentar efectos adversos en su salud. A su vez la ACGHI define tres tipos de TLV:

TLV-TWA (valor límite umbral- media ponderada en el tiempo): Es la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada de trabajo de 8 horas y una semana de 40 horas , en la que se piensa que casi todos los trabajadores se pueden exponer repetidamente, día tras día, sin presentar efectos.

TLV-STEL (valor límite umbral-límite de exposición a corto plazo): Se refiere a la concentración en que se piensa que pueden exponerse los trabajadores en un tiempo breve sin presentar efectos adversos. EL STEL se da para una exposición de 15 min, límite de tiempo que no debe ser superado.

TLC-C (valor límite umbral-máximo): Refiere a aquella concentración que no debe superarse en ningún momento.

Cabe mencionar que los TLV emitidos por la ACGHI no tienen poder legal, son más bien recomendaciones, criterios que sirven para sentar las bases de los TLV en Estados Unidos y otros países. Es la OSHA en los Estados Unidos quien publica los límites de exposición permisibles (PEL), mismos que son límites reguladores en la cantidad de una sustancia en el aire, siendo de cumplimiento obligatorio. Los PEL existentes se encuentran en el documento 29CFR1910.1000 "toxic and hazardous substances" , en donde la OSHA, a símil de la ACGHI, usa los siguientes tipos de TLV: TWA, niveles de acción, límites para valores máximos, STEL, límites de rebasamiento, límites biológicos.

EL NIOSH tiene la obligación legal de dar una recomendación de niveles de exposición para la protección de los trabajadores (REL), estos límites, tal como los de la ACGHI, no tienen fuerza legal, sin embargo siguen siendo datos útiles para las empresas.

Además de las instancias mencionadas en los Estados Unidos, Europa mantiene sus propios niveles de exposición; por ejemplo, para el Reino Unido, los límites dependen de la normatividad COSHH, en donde la lista de sustancias se denomina como EH40, misma que puede ser consultada en la Health and Safety Executive del Reino Unido.

Para el caso de México, la NOM-010-STPS-2014, "agentes químicos contaminantes del ambiente laboral- reconocimiento, evaluación y control", en su apéndice I, da una lista de 764 sustancias con sus valores de exposición en sus tres expresiones: exposición ponderada en el tiempo (PPT), de corto tiempo (CT) y pico (PICO).

ACGIM	OSHA	NIOSH	EH40	Significado
Valores límite umbral (TLV)	Límites de exposición permisibles (PEL)	Niveles de exposición recomendados (REL)	Límites de exposición en el lugar de trabajo (VLA)	Definición de límite
TLV-TWA	TWA	TWA	TWA	Límite de la exposición a largo plazo (período de referencia TWA de 8 horas)
TLV-STEL	STEL	STEL	STEL	Límite de exposición a corto plazo (período de exposición de 15 minutos)
TLV-C	Ceiling	Ceiling	-	Concentración que no se debe superar en ningún momento de la exposición durante el trabajo
Límite de rebasamiento	Límite de rebasamiento	-	-	Límite si no se indica STEL
-	BEI	BEI	-	índices de exposición biológica

Ilustración 13. Teshold values emitidos por diferentes instancias para la detección de gases tóxicos. Fuente: "El libro del gas, detección de gases" Honeywell.2013.

Valores Límite de Exposición a Sustancias Químicas Contaminantes del Ambiente Laboral

No.	Sustancia Química	Alteración / Efecto a la Salud	PM	No. CAS	Connotación	VLE	
						PPT	CT o P
1.	Aceite mineral pobre y ligeramente refinado, nieblas, excepto fluidos de corte de metal	Irritación del tracto respiratorio superior	varios		A2	(L)	
2.	Aceite mineral puro, alta y muy alta refinación, nieblas, excepto fluidos de corte de metal	Irritación del tracto respiratorio superior	varios	8012-95-1	A4	5 mg/m3	
3.	Acetaldehído	Irritación del tracto respiratorio superior y ojos	44.05	75-07-0	A3, P		25 ppm
4.	Acetato de 2-butoxietilo	Hemólisis	180.20	112-07-2	A3	20 ppm	
5.	Acetato de 2-etoxietil	Daño a órgano reproductor masculino	132.18	111-15-9	PIEL, IBE	2 ppm	
6.	Acetato de 2-metil-butilo	Irritación del tracto respiratorio superior	130.20	624-41-9		50 ppm	100 ppm
7.	Acetato de 2-metoxietilo	Efecto hematológico; efecto en órgano reproductor	118.13	110-49-8	PIEL, IBE	0.1 ppm	
8.	Acetato de 2-pentilo	Irritación del tracto respiratorio superior	130.20	628-38-0		50 ppm	100 ppm
9.	Acetato de 3-pentilo	Irritación del tracto respiratorio superior	130.20	620-11-1		50 ppm	100 ppm
10.	Acetato de bencilo	Irritación del tracto respiratorio superior	150.18	140-11-4	A4	10 ppm	

Ilustración 14. Valores límite de exposición para algunas sustancias. NOM-010-STPS-2014.

Los sistemas de detección de gases se utilizan para controlar gases tóxicos, para lo cual el monitoreo principalmente tiene dos tipos de aplicaciones:

- 1) Monitoreo del aire ambiental: Este tipo de monitoreo se encarga del monitoreo de fugas en instalaciones; de la detección de gases para procurar la seguridad del trabajador; así como para la reducción de fugas de sustancias costosas, tal como puede ser el caso de refrigerantes.

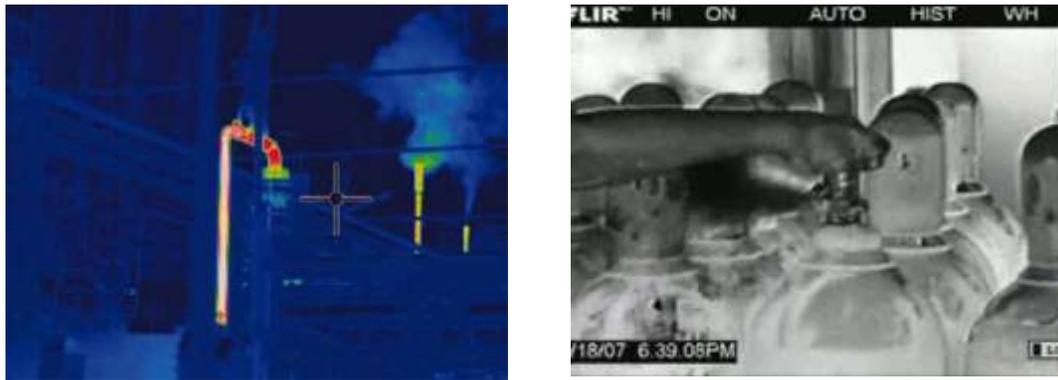


Ilustración 15. Monitoreo de gases de emisión industrial. Primera imagen: fuga de gas. Segunda imagen: emisión de tanques industriales.

- 2) Monitoreo del proceso: aquí se monitorean los niveles de compuestos usados en los procesos químicos, como puede ser el caso de industrias: químicas, de alimentos, textiles, etc. También se aplica para el caso de monitoreo de gases tóxicos, como puede ser el caso de procesos electroquímicos, eléctricos, etc.

Para este tipo de aplicaciones, detectores de tipo infrarrojo y de ionización son los mas utilizados, siendo además los detectores fijos una buena opción para un monitoreo continuo del proceso.

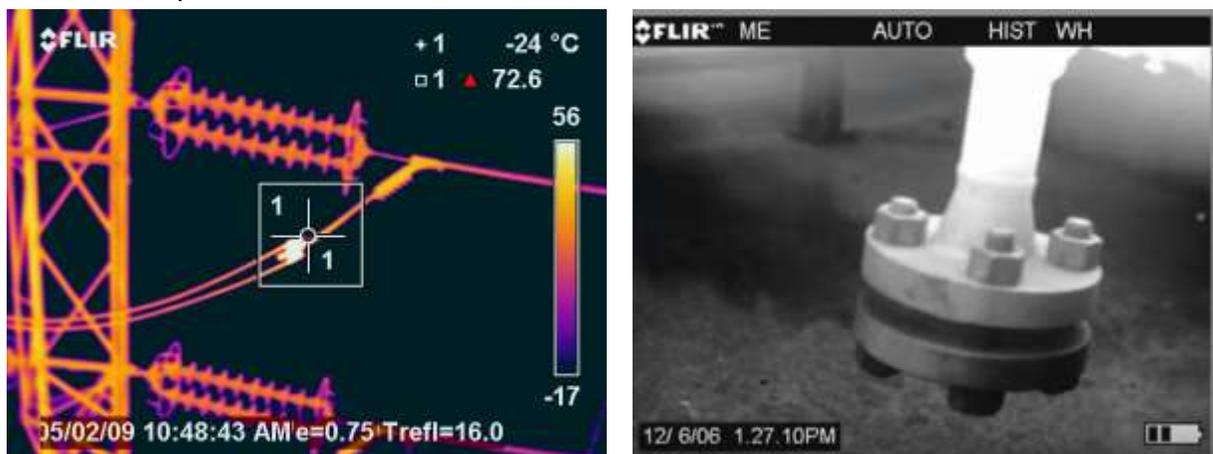


Ilustración 16. Monitoreo de procesos. Izquierda: emisión de gases en subestación eléctrica. Derecha: fuga de gas en una brida.

4.1.3 Peligros por carencia de oxígeno

El aire común de una atmosfera contiene una concentración de 20.8% de oxígeno. Cuando dicha concentración cae por debajo del 19.5%, el área es considerada como deficiente de oxígeno. Muchos procesos pueden reducir las concentraciones de oxígeno, creando un peligro para el personal expuesto. Por ejemplo, el oxígeno presente en una atmosfera puede ser desplazado por otro tipo de gases como es el caso del dióxido de carbono, resultando así una atmosfera hostil para la respiración. En general, la falta de oxígeno es causada por la emisión de gases inertes que desplazan el oxígeno. Dado que aproximadamente una quinta parte del aire es oxígeno, la concentración de oxígeno se reducirá por una quinta parte de la concentración del gas inerte. Supóngase el caso que durante un proceso se emite un volumen de 10% de Helio a la atmosfera del lugar de trabajo, en este caso, la concentración de oxígeno disminuirá un 2%, mientras que la del nitrógeno lo hará en un 8%.

Además del desplazamiento por gases inertes, la deficiencia de oxígeno puede generarse por factores como: combustión (trabajos en caliente); oxidación (corrosión, fermentación); reacciones químicas; actividad bacteriana. Cualquiera de estos casos, en mayor o menos proporción puede bajar los límites de oxígeno, representando así otro riesgo a tomar en cuenta.

El impacto de la falta de oxígeno puede presentarse de manera gradual o repentina, dependiendo de la concentración de oxígeno y las concentraciones de otros gases. La falta de oxígeno comúnmente se manifiesta en los siguientes síntomas:

Oxígeno- concentración en Vol%	Oxígeno- presión parcial en mbar	Síntomas
menos de 17	menos de 170	tendencia de peligro por falta de oxígeno
11 a 14	110 a 140	disminución imperceptible de la capacidad física y mental
8 a 11	80 a 110	posibilidad de inconsciencia repentina sin aviso después de un cierto tiempo de exposición
6 a 8	60 a 80	pérdida de conciencia en unos pocos minutos, reanima- ción posible si se realiza inmediatamente
menos de 6	menos de 60	pérdida repentina de conciencia

Tabla 22.Efectos de la disminución de Oxígeno en humanos.

Además de los riesgos al humano, la deficiencia de oxígeno es un factor clave para el uso de ciertos equipos. Para el correcto funcionamiento de algunos equipos se requiere es necesaria cierta cantidad de oxígeno presente en la atmósfera. Por ejemplo, los explosímetros no presentarán resultados cuando la concentración del oxígeno este por debajo del 14%. De la misma manera, la seguridad inherente a ciertos equipos, depende de la aprobación que tengan para su uso seguro en una atmósfera normal o en atmósferas enriquecidas de oxígeno.

4.1.3.1 Enriquecimiento de oxígeno

El aumento del oxígeno en un espacio también es un riesgo a tomar en cuenta, esto debido a que a niveles altos de oxígeno, el grado de inflamabilidad aumenta. La combinación de otros factores con el aumento en los niveles de oxígeno supone mayores riesgos. Por ejemplo, el equipo de soldadura oxiacetilénica combina oxígeno y gas acetileno para producir temperaturas muy altas, derivando en un aumento del riesgo. Los equipos a utilizar deberán estar certificados para su uso en atmósferas enriquecidas en oxígeno.

4.1.4 Oxímetros

Para el monitoreo del oxígeno se hace uso del equipo denominado “oxímetro”, que a grandes rasgos posee tres componentes básicos para su operación: bomba de succión, sensor de oxígeno, y panel de lectura. El sensor del oxímetro, comúnmente es tipo electroquímico, esto es: un dispositivo compuesto de un ánodo y un cátodo, ambos sumergidos en una solución electrolítica. Para algunos equipos el aire es introducido al equipo a través de una bomba aspiradora; mientras que en otros, es la difusión la manera en que el aire ingresa. Una vez ingresada la muestra de aire al equipo, las reacciones químicas del oxígeno con los componentes del equipo (sensor y solución electrolítica), generaran una corriente eléctrica proporcional a la presión parcial del oxígeno en la muestra, presión que como ya se vio, depende del número de partículas presentes. Por último, la corriente eléctrica producida será convertida en un voltaje proporcional que generara una lectura en la pantalla, indicando así la concentración del oxígeno.

Los oxímetros deben calibrarse a la altitud y temperatura en que serán utilizados, esto para evitar datos inconsistentes. Este tipo de equipos suelen ser sensibles a las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera, disminuyendo así la vida útil del sensor. El tiempo de vida de un sensor en una atmósfera con concentración normal del CO₂ (0.04%) puede variar desde una semana hasta un año, según las características del fabricante y de su uso.

Durante el monitoreo con oxímetro algunos gases pueden llegar a generar interferencias, sobre todo aquellos agentes oxidantes, tales como el ozono y el cloro. Esto debe ser tomado en cuenta, ya que pueden presentarse efectos como:

- a) La interferencia causa un aumento en la lectura, indicando alta concentración.
- b) Se indica una concentración normal, aunque realmente se tiene más o menos de lo indicado en pantalla.

Por otro lado, la temperatura también es un parámetro que afecta la medición del oxímetro; afectando la vida útil del sensor, así como la velocidad de respuesta del mismo.

4.1.5 Monitoreo de gases en la industria

Existen muchas aplicaciones que involucran la detección fija y portátil de gases. Cada proceso productivo es susceptible de generar emisiones de sustancias peligrosas para la integridad del trabajador, así como para el medio ambiente. Lamentablemente existe una gran historial de accidentes causados por la fuga de gases; lo cual remarca la importancia del monitoreo de gases. La siguiente tabla es un ejemplo de industrias en las cuales el uso de equipos de monitoreo es extenso.

Aplicaciones industriales del monitoreo de gases		
<p>Petróleo y gas (perforación y producción)</p>  <p>Los gases hidrocarburos implican un serio riesgo, dado que son altamente inflamables, pudiendo ocasionar grandes desastres.</p>	<p>Refinerías y plantas petroquímicas</p>  <p>Una vez recibida la mezcla de crudo, la conversión de derivados implica grandes procesos, que en su mayoría, emiten una gran cantidad de gases</p>	<p>Tratamiento de aguas</p>  <p>La amplitud del proceso, desde el tratamiento hasta la distribución, implica que determinadas áreas sean inspeccionadas</p>
<p>Aplicaciones típicas: plataformas de perforación; terminales de almacenamiento; separación y tratamiento; instalaciones marinas; EPP</p>	<p>Aplicaciones típicas: bridas y juntas; zonas de carga; mantenimiento; supervisión de craqueo; drenajes, escorrentías y zanjas; entrada a espacios confinados</p>	<p>Aplicaciones típicas: supervisión de la planta; digestores de agua; toma de agua y tuberías; depuradores de sulfuro de hidrogeno.</p>
<p>Gases típicos: Inflamables(metano, etano, propano); tóxicos(sulfuro de hidrogeno, monóxido de carbono); Oxígeno (disminución)</p>	<p>Gases típicos: inflamables(etileno, queroseno, metano, etano); tóxicos(sulfuro de hidrogeno, dióxido de azufre) Oxígeno (disminución)</p>	<p>Gases típicos:(gases orgánicos); tóxicos(sulfuro de hidrogeno, dióxido de azufre, cloro, ozono, dióxido de carbono) Oxígeno (disminución)</p>
<p>Industria Fotovoltaica</p>  <p>El crecimiento de esta industria propicia la producción de semiconductores para poder realizar la conversión de energía solar a eléctrica</p>	<p>Aplicaciones navales</p>  <p>El transporte de sustancias químicas, como en el caso de los FPSO, generan riesgo para el personal abordo. Además de los peligros de asfixia por la disminución de oxígeno</p>	<p>Espacios confinados</p>  <p>Estas zonas son potencialmente peligrosas, por lo que el uso de equipos portátiles es de vital importancia para la seguridad del ingresante.</p>
<p>Aplicaciones típicas: reactores para wafers; secadores para wafers; deposición de vapores químicos; armarios de gas</p>	<p>Aplicaciones típicas: monitoreo de bodegas; espacios cerrados; detección de fugas; inertización; quemadores; tuberías.</p>	<p>Aplicaciones típicas: pozos; alcantarillas; zanjas; tanques; silos; calderas; túneles; contenedores; navíos; oleoductos; reactores</p>
<p>Gases típicos: Inflamables(silano, hidrogeno, metano); tóxicos (arsénico, fosfina, diclorosilano, amoniaco, germano); Oxígeno (disminución)</p>	<p>Gases típicos: Inflamables(derivados de HC´s); tóxicos sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono); Oxígeno (disminución)</p>	<p>Gases típicos: Inflamables(metano, propano); tóxicos sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono); Oxígeno (disminución-enriquecimiento)</p>

Tabla 23. Aplicaciones del monitoreo en diversas industrias.

4.2 Principios de detección

4.2.1 Los equipos de detección y sus fundamentos

Todo equipo de monitoreo de atmosferas fundamenta su funcionamiento en algún principio físico operado por su sensor; es decir: toma una variable física del entorno y la transforma a una señal eléctrica para su posterior procesamiento y muestra al usuario. Todo este proceso se realiza mediante la instrumentación diseñada para el equipo en cuestión; siendo el sensor la parte más importante del equipo, dado que a partir de su funcionamiento y sensibilidad dependerá el procesamiento de la información a través de la electrónica del equipo hasta su presentación final.

Básicamente la instrumentación se encarga de la integración de sistemas con la finalidad de medir magnitudes físicas del entorno para después obtener información asociada a ellas y, finalmente presentarla a un operador. La instrumentación se sirve de la electrónica para su funcionamiento; siendo que las señales eléctricas son transmitidas fácilmente por medio de cables, sistemas radiados o fibra óptica; además de que dichas señales pueden ser amplificadas eficientemente, representando una buena relación costo/beneficio. Sin embargo, la parte electrónica de los equipos presenta algunas desventajas: Presentan un rango de operación limitado a condiciones extremas (generalmente de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $175\text{ }^{\circ}\text{C}$); se requiere una fuente de alimentación; son equipos sensibles a radiaciones de alta energía; además de que los componentes suelen dañarse rápidamente.

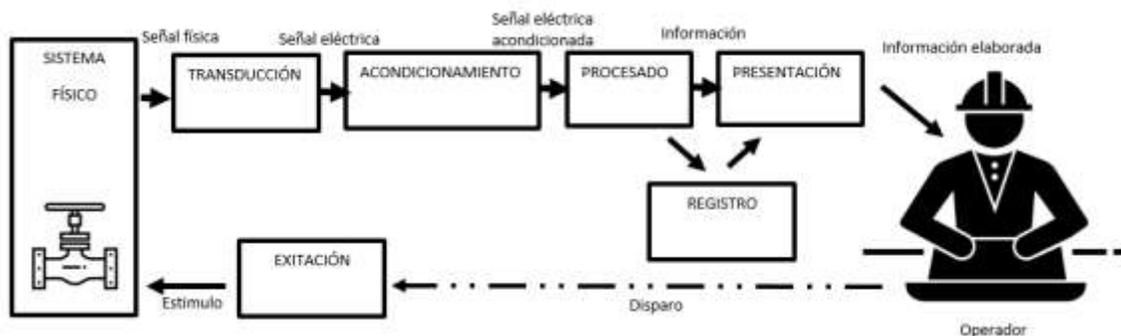


Ilustración 17. Secuencia de instrumentación para la medición de una variables física.

Transductor: Refiere a aquel componente capaz de convertir una magnitud física a una señal eléctrica. A diferencia del sensor, que es el elemento sensible primario, el transductor es la parte que lleva a cabo la conversión entre la unidad de entrada y la unidad de salida. Los transductores pueden clasificarse en dos grupos: activos y pasivos.

- I) Activos: Son aquellos que generan energía eléctrica por conversión de energía procedente del sistema que está midiendo. No necesitan fuente de alimentación.
- II) Pasivos: Son aquellos que no generan conversión de energía. En este transductor, algún parámetro está en función de la magnitud que se está midiendo, por lo cual las variaciones de dicho parámetro son utilizadas para modular la energía eléctrica de una fuente de alimentación.

Acondicionamiento de la señal: En este paso se incluyen todas las transformaciones necesarias sobre las señales emitidas por el transductor, señales que son previas al procesado para obtener la información que se solicita. Básicamente las señales provenientes del transductor deben procesarse por:

- I) Si el tipo de señal emitida no es una tensión. En este caso debe transformarse la señal a una tensión, como es el caso en transductores resistivos, donde se utiliza un circuito puente para convertir resistencia a tensión.
- II) Se acondiciona para obtener niveles adecuados de ruido. Es decir:
 - a) Se amplifica la señal hasta tener niveles superiores al ruido eléctrico
 - b) Se filtra la señal para eliminar interferencias
- III) Para la conversión de señal analógica/digital

Procesamiento de la señal: Aquí se incluyen todas las transformaciones que deben ejecutarse sobre la señal, con la finalidad de obtener la información requerida de ella. Las operaciones ejecutadas en esta parte pueden ser: lineales, no lineales, procesado digital, composición de múltiples señales.

Registro de la señal: Se trata del almacenamiento temporal o permanente de las señales, esto con la finalidad de su posterior evaluación o análisis. Normalmente los datos son guardados en un banco de datos computacional, o en dispositivos de almacenamiento externo.

Presentación de la información: Una vez ejecutadas todas las transformaciones de la señal. La información debe presentarse de manera legible al operador para su interpretación. La presentación de la información puede ser de tipo analógica (agujas indicadoras, gráficos en papel), o de tipo digital.

Estimulo: En algunos casos los sistemas a medir necesitan de un estímulo para poder medir alguna magnitud física, por lo cual tiene que realizarse una acción sobre el sistema para obtener alguna señal de medida.

Una vez entendido el proceso de instrumentación básico para todo equipo de medición, será menester entender la caracterización que tendrá el instrumento, es decir: conocer las características a través del análisis de respuestas que ofrecerá al analizar una determinada cantidad de elementos de entrada. Esta caracterización puede realizarse en dos dimensiones: una en la cual la variable de medición permanece constante en el tiempo, o en el caso en que cada medida tenga un tiempo de espera tal que la respuesta haya alcanzado su valor o final; y la otra cuando la respuesta depende de la velocidad con la que la magnitud medible está cambiando.

Caracterización estática

Esta caracterización es de especial importancia ya que describen el desempeño que tendrá el equipo para señales de entrada son tendencia constante en el tiempo, tales como pueden ser aquellas de corriente directa, o de muy baja frecuencia (cambios lentos respecto a los tiempos de respuesta)

Los parámetros son los siguientes:

- **Rango de medida (span):** son aquellos valores de la magnitud que se está midiendo para los cuales el equipo proporciona una respuesta correcta.
- **Linealidad:** Refiere a la tendencia en que una curva de transferencia es lineal. Aunque ningún equipo es totalmente lineal, dada la deseabilidad de esta característica, el uso de tecnologías para controlar esta tendencia, es de uso amplio
- **Umbral:** Es la mínima desviación respecto del valor cero de la magnitud medida que es apreciable en el equipo.
- **Resolución:** es la mínima desviación respecto a un valor dado de la magnitud medida, que puede ser observada en la respuesta del equipo.
- **Estabilidad:** es la capacidad de un equipo para mantener invariable su curva de transferencia
- **Deriva:** Es la variación o fluctuación de la curva de transferencia en el tiempo.
- **Zona muerta:** Es el rango de valores alrededor del cero de la magnitud, en la cual el equipo no presenta respuesta alguna.
- **Histéresis:** Es la diferencia en la respuesta del instrumento en función del sentido en que se ha alcanzado la magnitud que se está midiendo.
- **Exactitud de la medición:** Se refiere a la concordancia entre el valor obtenido experimentalmente y el valor de referencia. La exactitud es función de la repetibilidad y la calibración del instrumento.

- **Error:** Diferencia entre los valores indicados por el equipo y los verdaderos de una cierta variable. Existen tres tipos de errores:
 - I) Error de span: Aquí la desviación del valor ideal varía en diferentes puntos a lo largo del rango del instrumento. Comúnmente tendrá un incremento si la señal de entrada es incrementada.
 - II) Error cero: Un equipo presentara este tipo de error cuando toda indicación sea muy alta o muy baja a través del rango del instrumento, esto al ser comparado con la salida deseada.
 - III) Error de linealidad: Se da cuando el resultado de la salida no presenta una línea recta respecto al valor de entrada. Este tipo de error puede corregirse durante la calibración.



Ilustración 19. Exactitud en un instrumento de medición.



Ilustración 18. Valor Cero para un instrumento de medición.



Ilustración 21. Errores causados por la no linealidad de un Instrumento de medición.



Ilustración 20. Errores de Span.

Caracterización dinámica:

Las características dinámicas de un equipo de medición refieren a aquellas que varían al realizar las mediciones. Entre ellas podemos encontrar:

***Error dinámico:** Es la diferencia entre la cantidad indicada en un instante de tiempo dado y el valor real del parámetro que se está midiendo.

***Tiempo de respuesta:** Refiere al tiempo en que el equipo tarda en alcanzar un 95% del valor real de la variable.

* **Tiempo nulo:** Es el tiempo transcurrido desde que se produce un cambio “brusco” en la entrada del instrumento, hasta alcanzar el 5% del valor final.

***Sobrealcance:** Refiere al caso cuando la magnitud medible rebasa la magnitud real en función del tiempo. La diferencia entre el valor máximo y el final se denomina sobrealcance.

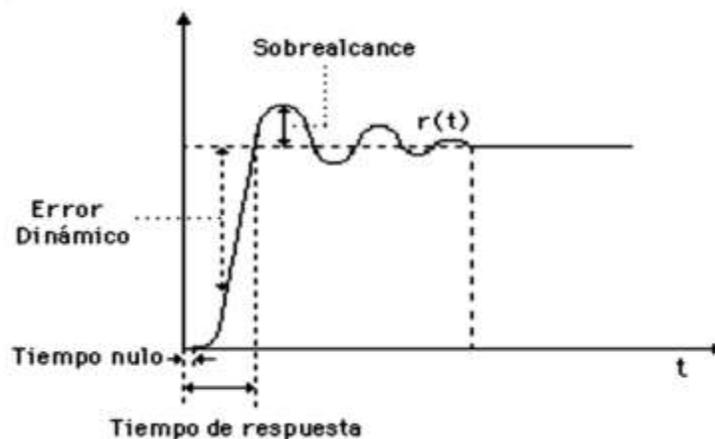


Ilustración 22. Sobrealcance de un instrumento de medición.

Al tratar con equipo de medición se debe tener plena conciencia de las limitaciones e ineficiencias que el instrumento pueda tener. Deseablemente, la medición que se hace con equipos, debería ser lo más acertada posible, dando la mejor caracterización de la variable de interés; sin embargo, son muchos los factores que afectan la precisión de los instrumentos, desviaciones que pueden explicarse en función de los errores que puedan generarse durante la medición. Cuando se hace la medición de una magnitud, debe saberse que el resultado obtenido es solo una aproximación del valor verdadero, es decir: el valor cuantitativo obtenido dependerá de diversos factores en la medición y el instrumento, siendo que el valor verdadero (conceptual), solo podría medirse a través de un proceso “perfecto”.

Errores de medición			
 Errores humanos	 Errores del sistema	 Errores aleatorios	
¿Cómo cuáles? *Lecturas falsas *Ajustes incorrectos *Mala elección del equipo *Errores en cálculos	Errores del equipo	Errores ambientales	¿Cómo cuáles? *mal uso de técnicas estadísticas *exceso de ruido en la señal *interferencias aleatorias
	¿Cómo cuáles? *Errores de no linealidad *Errores de calibración *Averías *Falsos contactos	¿Cómo cuáles? *Cambios de parámetros *Interferencias ambientales *Campos eléctricos y magnéticos	
¿Pueden cuantificarse este tipo de errores? No	¿Pueden cuantificarse este tipo de errores? *Por validación estándar *Comprobando la naturaleza del error	¿Pueden cuantificarse este tipo de errores? *Tomando un estándar como referencia *Con monitoreo constante	¿Pueden cuantificarse este tipo de errores? *Análisis estadístico del proceso de medida
¿Cómo se reducen estos errores? *capacitando al personal *mejorando las *observaciones *multiplicando las muestras	¿Cómo se reducen estos errores? *calibración *sustitución del equipo *validación con equipo estándar	¿Cómo se reducen estos errores? *ambiente controlado *aislamiento	¿Cómo se reducen estos errores? *uso adecuado de técnicas estadísticas *diseño controlado de interferencias

Tabla 24. Tipos de errores en los equipos de monitoreo.

Como se nota, un equipo de medición está altamente expuesto a mostrar valores erróneos. Para definir la exactitud de un equipo, se tiene un conjunto de parámetros, entre los que podemos mencionar: veracidad, precisión, repetibilidad, reproductibilidad.

***veracidad:** es el parámetro que establece la concordancia entre el valor arrojado por un sistema de medición y el valor obtenido mediante una medición patrón. La veracidad se suele expresar en términos de sesgos o desviaciones, esto debido a que para su evaluación se utilizan métodos estadísticos para la inhibición de errores sistemáticos.

***Precisión:** Refiere al grado de concordancia entre una serie de determinaciones obtenidas de repetir la medición, se expresa como la desviación estándar o coeficiente de variación. Es función de la repetibilidad y reproductibilidad.

***Repetibilidad:** Refiere a la precisión que tiene un instrumento cuando se realiza una serie de medidas continuas bajo las mismas condiciones.

***Reproductibilidad:** Refiere a la precisión en el proceso de medida, esto cuando el conjunto de medidas se realizan bajo condiciones cambiantes.

Cuando una misma magnitud se mide en numerosas ocasiones, se obtendrá un conjunto de valores con cierta distribución estadística (discreta o continua). Si es el caso, habrá que hacer un análisis estadístico de los datos, esto con la finalidad de:

- a) Caracterizar la dispersión de valores y así poder obtener información sobre el comportamiento de algún dato relevante (tal como puede ser concentraciones peligrosas de vapores en el ambiente)
- b) Estimar el mejor valor, es decir: el más representativo de la magnitud y el ambiente.

Esta caracterización estadística es útil en los casos en que se disponga de un sistema de monitoreo fijo; cuando se determine la necesidad de un monitoreo continuo de concentraciones de gases en un ambiente laboral, o en un determinado espacio donde se desarrolle un proceso que represente riesgo; también puede aplicarse para análisis de muestras en laboratorios. En el caso de equipos portátiles, la necesidad de un resultado rápido vuelve innecesario el análisis, sin embargo, al considerar errores aleatorios en la calibración de dichos equipos, un análisis de correlación en la calibración del equipo es recomendable.

Para calibrar un equipo es necesario realizar varias medidas relevantes de manera simultánea, siendo que estos valores se representaran sobre un diagrama de dispersión, como el mostrado abajo.

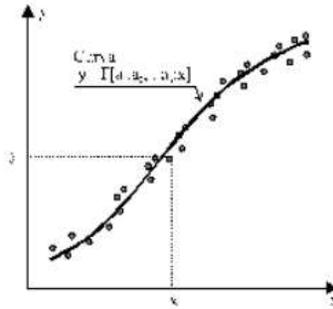


Ilustración 23. Digrama de dispersión para calibración.

Esta curva se ajustara definiendo el modelo teórico al que tiene que ajustarse la curva de transferencia del equipo, pudiendo lograrse el objetivo mediante un análisis de regresión. Es decir: formular en una función un conjunto de parámetros cuyo valor ha de estimarse a fin de que los datos se ajusten lo mejor posible a una tendencia definida; el análisis de regresión puede realizarse por: mínimos cuadrados; regresión lineal; o regresión polinómica.

Una vez adquiridos los fundamentos del funcionamiento instrumental de los equipos, así como la caracterización de los equipos, es momento de aterrizar los fundamentos en la operación de los sensores, así como de las tecnologías desarrolladas para la detección de gases. Gran parte de la eficacia de los datos adquiridos para la interpretación de atmosferas, depende de la correcta elección del tipo de sensor del equipo; así como el conocimiento de los alcances y limitaciones de los mismos.

4.2.2 Sensores y tecnologías de detección

La lectura directa en instrumentos para la detección de gases proporciona una manera fiable de obtener datos sobre el estado de una atmosfera, estos aparatos, en su mayoría electrónicos, trabajan bajo la interacción de sus sensores y el ambiente que los rodea. Actualmente, derivado de las amplias necesidades de la industria, se han desarrollado una gran cantidad de tecnologías para la detección de gases, tecnologías que tienen la común característica de muestrear el aire del lugar y dotar al equipo de “visibilidad” para anticipar una catástrofe derivada de las concentraciones peligrosas de un gas. Entre las numerosas tecnologías de sensores podemos encontrar: sensores catalíticos; sensores de semiconductor; sensores infrarrojos de punto, y de camino abierto; sensores fotoacústicos; sensores electroquímicos; sensores de fotoionización; entre tantos otros. Todos los sensores mencionados anteriormente se acoplan a dispositivos electrónicos, ya sea para equipos fijos o portátiles. Como preámbulo a estas tecnologías se abordara la tecnología para detección de gases por tubos colorimétricos.

4.2.2.1 Tubos colorimétricos

Los equipos colorimétricos son dispositivos que se sirven de propiedades químicas que los contaminantes del ambiente poseen, estos atributos producen una coloración en el indicador colorimétrico. Los tubos colorimétricos al ser un dispositivo muy fácil de utilizar, además de su bajo costo y versatilidad, han sido ampliamente distribuidos en los departamentos de seguridad industrial y salud ocupacional de las industrias.

Básicamente los tubos colorimétricos constan de los siguientes elementos:

- a) Bomba de succión del aire
- b) Los tubos indicadores

El detector consta de un tubo de vidrio herméticamente cerrado que en su interior contiene solidos granulados, mismos que están impregnados de una sustancia química capaz de reaccionar con algún contaminante específico. En principio, es posible representar cuantitativamente la conversión de la sustancia en el tubo (misma que es proporcional a la masa del gas reactivo), en una indicación de longitud de color. Dentro de los tubos se desarrollan diversos sistemas de reacción, reacciones típicas como la conversión del pentóxido de iodo a iodo bajo condiciones acidas, es una reacción selectiva para determinar la presencia de ciertos gases (en este caso el monóxido de carbono) Otro ejemplo de reacción en tubos colorimétricos es la de la precipitación desales metálicas, reacción que es la base para la detección de ácido sulfhídrico. En esta reacción sales metálicas (como el cobre) reaccionan con el H₂S para formar sulfuros metálicos; en el caso de esta reacción iónica, es necesaria una mínima cantidad de humedad.

En el caso de la detección de hidrocarburos, si estos están clorados, es necesario para su detección, realizar antes una partición oxidativa de la molécula, esto debido a que los hidrocarburos clorados no tienen reacción al color. La reacción oxidativa se lleva a cabo con permanganato potásico, para formar cloro elemental, mismo que si tiene reacción con el compuesto granulado del tubo indicador.

EL principio de funcionamiento es conjugar diversas reacciones dentro de los tubos para poder obtener compuestos reactivos al material del granulado en el tubo, para ello es importante hacer la correcta elección del tubo a utilizar, según sea la reacción que se pretende obtener. Una vez elegido el material del granulado, la lectura del tubo es simple: basta con ver el cambio de coloración en el tubo y compararlo con la escala graduada del mismo tubo. De manera general, la escala para este equipo se da en ppm.

Las consideraciones que se deben tener para el uso de este equipo atienden a las indicaciones del fabricante, así como la contemplación de los parámetros que pueden influir en la reacción, y por tanto en la coloración final (irrupción de otras sustancias, humedad, temperatura) Aunque ya se habló de su uso extendido por las ventajas que presenta esta tecnología, se debe tener también la plena conciencia de su bajo nivel de precisión y exactitud, siendo esto una notable desventaja. Otra desventaja está asociada al tiempo de respuesta, esto debido a que condiciones del entorno, tal como la alta o baja temperatura, influyen en las velocidades de reacción, afectando así los tiempos de respuesta y por consecuencia, la veracidad del instrumento. Conscientes de las limitaciones de sus productos, los fabricantes anexan en los manuales de usuario los factores de corrección necesarios, esto para los casos en que factores como la humedad incidan en la tonalidad. Dado que los tubos con el reactivo se deterioran con el tiempo, es menester estar al tanto de las fechas de valides.

Cada tubo está diseñado para un gas específico, sin embargo, también está abierta la posibilidad de interferencia por sustancias, dado que muchos gases en el entorno presentan características similares, llevando así a lecturas falsas. Derivado de lo anterior, se aconseja no tomar como único dato las lecturas de tubos colorimétricos, sino más bien, utilizarlos en conjunto con otros datos como pueden ser los derivados de un análisis electrónico o de laboratorio.



Ilustración 24. Muestra de tubo colorimétrico.

4.2.2.2 Detección electrónica

Actualmente la oferta de equipos de detección es amplia. La mayoría de los equipos basan su medición en sistemas electrónicos, de lectura óptica, o de reacción química. Dentro de las tecnologías más ampliamente distribuida encontramos: Perlas catalíticas; infrarrojos: puntual y de camino abierto; electroquímicos; de fotoionización; etc.

4.2.2.3 Sensores de perlas catalíticas

Es conocido que bajo ciertas condiciones los gases y vapores inflamables pueden entrar en combustión, liberando calor durante su reacción. Lo anterior sirve de punto de partida para el funcionamiento de los sensores catalíticos. Los equipos que funcionan con este tipo de sensores miden los gases inflamables “quemándolos”; el proceso de oxidación en este caso no se da de manera directa, ya que lo que se busca es detectar niveles peligrosos antes de su combustión. La combustión que se genera produce entonces mediante un material catalizador especialmente calentado para reacción, dicho catalizador aumenta su temperatura debido al calor de la reacción. El aumento de temperatura en el dispositivo será una cuantificación de la cantidad de gas inflamable presente en la muestra.

El material catalizador consiste en un pequeño elemento llamado pellistor, siesgistor, o simplemente perla. Esta pieza es diseñada para ser calentada a la temperatura en que la reacción de oxidación del gas combustible sea posible. En la mayor parte de los equipos se tiene un calentador miniatura para la perla, calentador que se sirve de una corriente eléctrica para elevar la temperatura; siendo así que la correcta determinación de la corriente sea vital para que la perla no se caliente mucho y genere errores en la medición. Adicionalmente la bobina que también es parte del dispositivo, aumentara su temperatura con la presencia de una oxidación, incrementando así su resistencia eléctrica, siendo este cambio el que se evalúa para la cuantificación de calor liberado y por lo tanto de la concentración de gas.

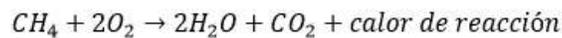
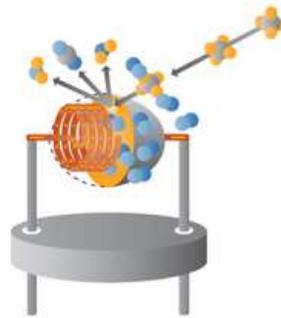


Ilustración 25. Principio de operación de un pellistor.

En la imagen se aprecia el funcionamiento del sensor: el oxígeno suministrado a la reacción es absorbido por el catalizador poroso para después ser activado en la oxidación mediante el aumento de temperatura del pellistor. Como ejemplo se aprecia la reacción de metano y oxígeno presentes en la mezcla de aire inflamable, produciendo agua y dióxido de carbono, además del calor liberado que será la manera de cuantificación.

En este tipo de sensores se debe tener en cuenta la influencia de las condiciones del medio, sobre todo del aumento de temperatura, siendo este parámetro el que afecta directamente la reacción y con ello la medición de concentración. Para inhibir estas variaciones se utiliza un segundo pellistor que es inmune a los gases y sirve como nivelador. Ambos pellistores, tanto el activo como el pasivo son acoplados en un circuito de puente Wheatstone, siendo esta la manera para convertir cambios de resistencia en voltajes medibles. El segundo pellistor medirá la temperatura ambiente, mientras que el pellistor activo mide la temperatura ambiente más la temperatura de oxidación; siendo así que la diferencia entre ambas señales será la medida de concentración compensada de las variaciones ambientales.

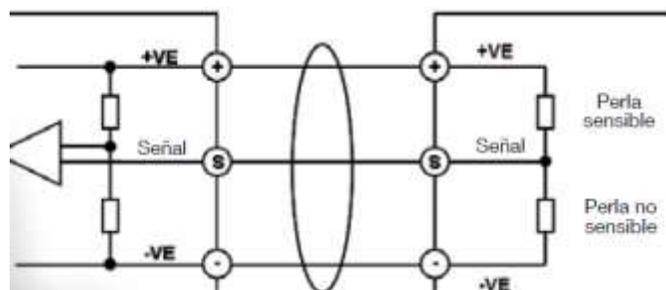


Ilustración 26. Arreglo Wheatstone para un sensor catalítico.

A pesar del funcionamiento aparentemente sencillo de este tipo de sensores, las prioridades en su constitución se basan en que los fabricantes logren las mejores propiedades: efectividad, estabilidad en la señal, sensibilidad, resistencia a las interferencias (intoxicaciones), reproductibilidad, durabilidad, protección, buen tiempo de respuesta, etc.

La velocidad de respuesta de equipos operados con perlas católicas se ve influida por los sistemas de protección inherentes al equipo. Como consecuencia de que el sensor deba ser envuelto por una carcasa y un apagallamas (como medio de que la reacción oxidante no se descontrola), se reduce la respuesta del equipo, aunque en la mayoría de los casos la señal de respuesta tarda solo unos segundos en detectar la concentración de gas. Para estos equipos, dado que la curva del tiempo de respuesta se nivela al acercarse a la lectura final, el tiempo de respuesta se especifica en términos del tiempo que le toma al equipo llegar al 90 % de su lectura final (T90); siendo un tiempo que oscila entre los 20 y 30 segundos. Tener en cuenta estos tiempos es importante, debido a que en algunos países la normatividad indica que se puede operar con el T60, lo cual es un parámetro importante para poder comparar el funcionamiento entre sensores.

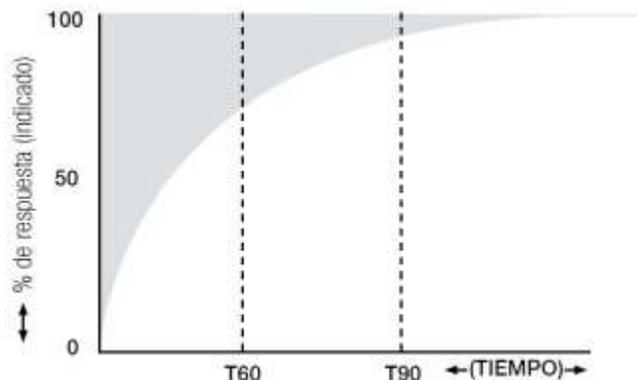


Ilustración 27. Tiempo de respuesta para un sensor catalítico.

Para mejorar la estabilidad de la medición, además del uso de pellistores compensados para la inhibición de condiciones térmicas del medio, es común que sensores resistentes a “venenos” sean utilizados. Debido a que compuestos como el azufre o silicatos producen una mayor degradación en el platino de los componentes del sensor, se opta en muchas aplicaciones utilizar sensores resistentes a dichos compuestos, alargando así la vida del sensor y mejorando la señal de salida. Sin embargo, la complicación principal de los sensores catalíticos sigue siendo la baja en su rendimiento por los venenos. Esto nos indica la necesidad de calibración continua de los sistemas catalíticos, así como la comprobación de valores óptimos de medición

 Perlas catalíticas	
Gas detectado:	Combustible
Funcionamiento:	Un catalizador es calentado a la temperatura de oxidación del gas monitoreado, liberando calor que aumenta la temperatura de una resistencia de manera proporcional a la concentración de gas. La resistencia es medida por un puente Wheatstone que convierte valores de resistencia en voltaje para su lectura. Un segundo pellistor es utilizado como compensador de variaciones ambientales
Lectura:	% LIE
Ventajas:	Buena duración, respuesta rápida, buena precisión, amplia gama de gases detectados, resistente a cambios ambientales (temperatura, humedad, cambios de presión)
Desventajas:	El sensor requiere oxígeno para su medición, sensible a venenos

Tabla 25. Características de sensor de perlas catalíticas.

4.2.2.4 Sensores por detección infrarroja

Muchos de los gases emanados en los procesos industriales tales como: dióxido de carbono, metano, dióxido de azufre, entre otros hidrocarburos; tienen la propiedad de absorber parte de la radiación infrarroja. Muchos de los gases son capaces de absorber radiación de una manera específica, algunos incluso dentro del rango visible (0.4µm a 0.8 µm), tales como el cloro, cuya coloración es verde-amarilla; o como el yodo, que muestra un color violeta. Sin embargo no todos los gases se muestran visibles en la absorción de radiación, siendo peligrosos al no presentar manera visible de cuantificar su concentración. Por ejemplo, muchos de los gases hidrocarburos absorben radiación en un rango de 3.3 µm a 3.5 µm, nivel por debajo del espectro visible, razón por la cual la tecnología infrarroja presenta una opción para su detección.

La tecnología de infrarrojos se sirve de la ley de Lambert-Beer. Ley que muestra la relación existente entre la absorción de luz y las propiedades del material atravesado. El carácter de la relación entre ambos parámetros es de tipo exponencial entre la transmisión de luz y la concentración de la sustancia, así como entre la transmisión de luz y la longitud del cuerpo atravesado. De esta manera, si se conoce la longitud del medio y el coeficiente de absorción específico de cada gas, se puede inferir la concentración de la sustancia a partir de la cantidad de luz transmitida.

Ley de Lambert-Beer	
$A = -\lg \frac{\Phi}{\Phi_0} = \epsilon \cdot c \cdot l$	
A:	Absorción
Φ :	Intensidad luminosa tras absorción de gas SF ₆
Φ_0 :	Intensidad luminosa sin absorción
ϵ :	Coefficiente de extinción
c:	Concentración
l:	Longitud de la cámara irradiada (cámara de prueba de gases)

Ilustración 28. Principio de operación para detectores infrarrojos.

Los dispositivos que utilizan este principio se componen principalmente de: fuentes emisoras de luz, detectores, amplificadores, procesadores, memoria, etc., además de estar protegidos en una carcasa antideflagrante. La carcasa de estos equipos, además de ser antiexplosión, es un sello hermético que mantiene protegido a los componentes de los agentes externos que puedan afectarlos (polvo, humedad, agentes corrosivos, etc.)

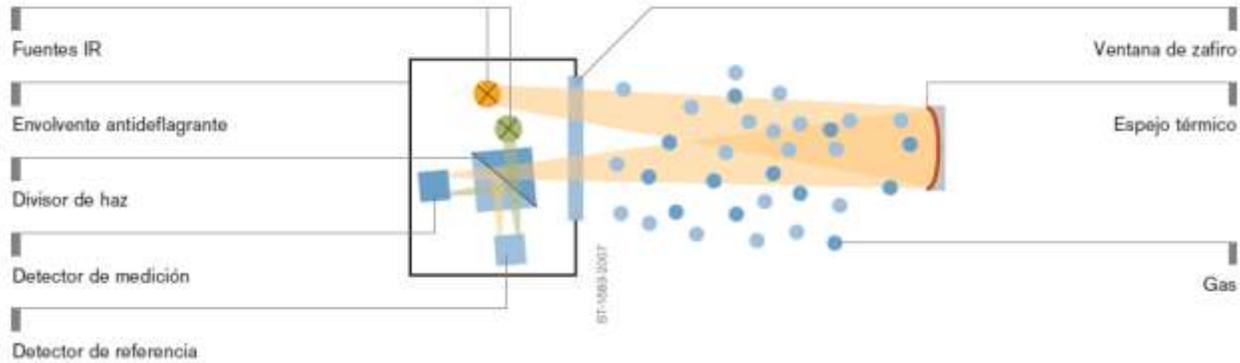


Ilustración 29. Arreglo de sensores infrarrojos. Drager.

En la figura se muestra el acoplamiento de un equipo de detección infrarroja. Se observa que durante la emisión de radiación, esta se hace en dos longitudes, una ajustada al pico de absorción del gas de interés, y la otra emitida como punto de referencia para la comparación de la intensidad de la luz que regresa al equipo una vez traspasado el gas. Ambas longitudes son emitidas de manera alternativa, de manera que a su regreso, la comparación entre la onda de referencia y la de la muestra, por medio de una resta, proporcione una medida de la concentración de gas.

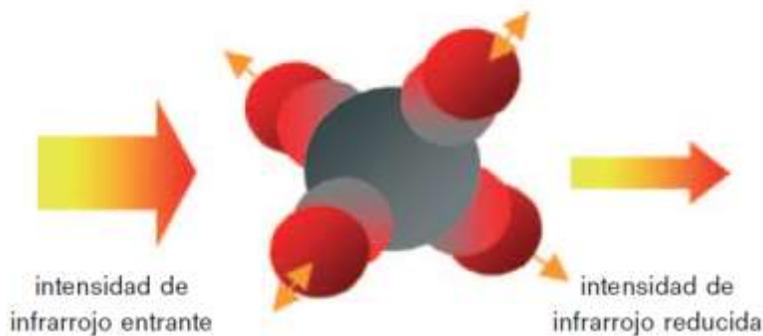


Ilustración 30. Molécula de gas durante la detección infrarroja.

De esta manera el sistema detecta la atenuación de la emisión infrarroja, misma que es función de la concentración del gas. Si se tiene una molécula de aire y metano, la onda asociada al pico de absorción del metano, pasara por las moléculas componentes del aire sin ser atenuada, por el contrario, al pasar por las moléculas de metano, la intensidad decaerá en un cierto valor. La correspondencia establecida entre medición y concentración, vendrá dada por la calibración del equipo.

Los equipos infrarrojos presentan ciertas características que los hacen preferibles en comparación con otros equipos para la detección de gases explosivos. Por ejemplo, estos equipos, en comparación con los de perla catalítica, presentan tiempos de respuesta más rápidos (aproximadamente 10 segundos), poseen además, un mantenimiento menor, así como una comprobación simplificada. Su diseño puede establecerse para inhibir el efecto de “venenos”, funcionan adecuadamente en atmosferas inertes, así como en una amplia variedad de condiciones ambientales. Sin embargo hay que tener en cuenta su incapacidad para detectar gases diatómicos, tales como el hidrogeno.

Entendido el funcionamiento de los sensores infrarrojos cabe mencionar la distinción que se hace entre sus diferentes formas de rastreo. Por una lado, en los albores de esta tecnología, la detección se hacía de manera puntual, es decir: se utilizaban sensores individuales establecidos estratégicamente para cubrir un área de interés. Conforme se perfecciono la tecnología infrarroja, se dio paso a los sensores de camino abierto, que a diferencia de los puntuales, pueden cubrir una distancia de varios cientos de metros, haciendo más eficiente ciertas tareas de monitoreo. Los detectores de camino abierto extienden el modo de operación de los detectores puntuales, midiendo realmente el número total de moléculas de gas en el medio. El valor arrojado por equipos de camino abierto es diferente a la concentración habitual que da un equipo de punto, siendo que el primero expresara la concentración en términos de LIE por cada metro, LIE/m.

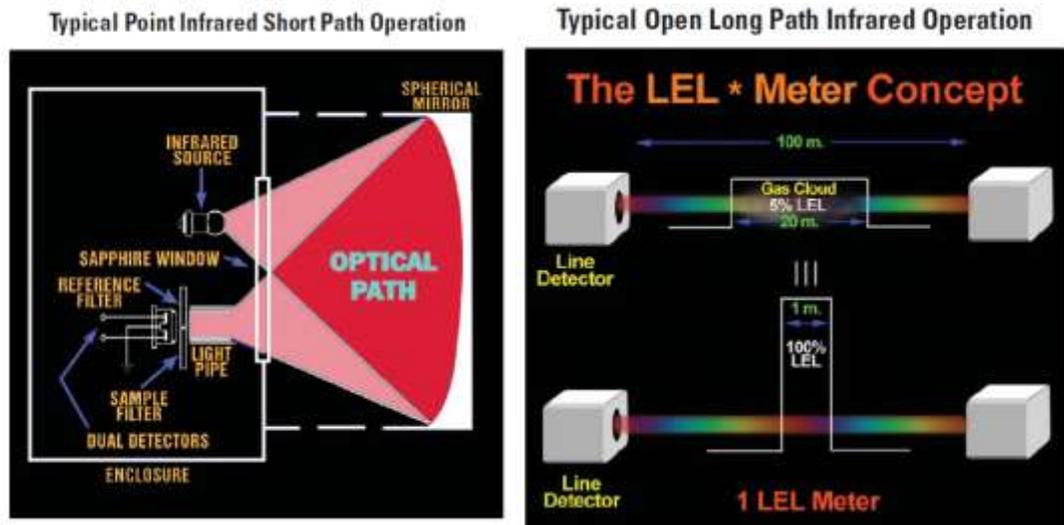


Ilustración 31.Arreglo de sensores para detección puntual y de camino abierto.

Los sensores infrarrojos al no entrar en contacto directo con los gases, tienen una mayor duración, razón por la cual son preferibles para aplicaciones industriales. Su uso se encuentra ampliamente extendido para la detección de hidrocarburos, tal como lo puede requerir toda instalación petrolera.

Como todo equipo, los instrumentos infrarrojos presentan debilidades. Algunos diseños de estos equipos son susceptibles a sufrir interferencias por niebla, y según sea la naturaleza de la niebla, puede influir positiva o negativamente en las lecturas del equipo, pudiendo indicar una alarma falsa, o indicar valores por debajo de la concentración real. Como medio de inhibición de este problema, se utilizan filtros para la compensación de interferencias por niebla, además del uso de lámparas de Xenón, mismas que hacen a los instrumentos inmunes a la interferencia por radiación de otras fuentes (lámparas, luz solar, soldaduras)

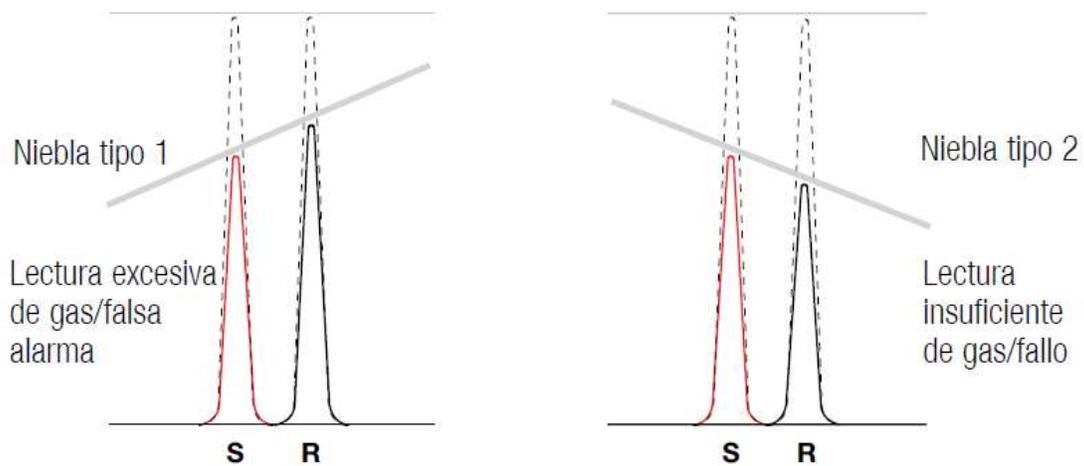


Ilustración 32. Perturbaciones en la medición por nieblas en sensores infrarrojos.

 Infrarrojo puntual	
Gas detectado:	Combustible
Funcionamiento:	Se sirve de la absorción infrarroja de los gases. Utiliza dos emisiones de onda: una absorbida por el gas de interés, y otras de referencia. La cantidad de luz emitida es comparada con la de regreso, siendo que la cantidad atenuada es proporcional a la concentración de gas presente. Este sensor detecta en un camino fijo o “corto”, monitoreando la relación de ambas señales, correlacionándola con un valor en % de LIE
Lectura:	% LIE
Ventajas:	Alta precisión, resistente a venenos, no requiere oxígeno, alta durabilidad, a prueba de fallas, gran rango de medición,
Desventajas:	No detecta gases diatomicos, ni hidrogeno

Tabla 26. Características del sensor infrarrojo puntual.

 Infrarrojo de camino abierto	
Gas detectado:	Combustible
Funcionamiento:	Funciona de manera similar al puntual, solo que la fuente emisora está separada del detector. Estos detectores tienen un camino de hasta 100m. La señal emitida y la atenuada se comparan, la proporción de la diferencia se relaciona con la concentración del gas. Este equipo calcula el promedio de gas presente, así como del ancho de la nube, dando así lecturas en %LIE/m.
Lectura:	% LIE/m
Ventajas:	Alta precisión, resistente a venenos, no requiere oxígeno, alta durabilidad, a prueba de fallas, gran rango de medición, amplitud en la distancia de monitoreo.
Desventajas:	No detecta gases diatomicos, ni hidrogeno, requiere un espacio sin obstáculos entre la fuente y el detector.

Tabla 27. Características del sensor infrarrojo de camino abierto.

4.2.2.5 Sensores electroquímicos

Sirviéndose de las reacciones químicas que muchos gases tienen, los sensores electroquímicos funcionan como un minireactor, en donde la presencia de gases reactivos produce electrones, tal como lo haría una batería. Este flujo de electrones produce una corriente que es medible por el equipo, y que es traducida a una concentración del gas reactivo. Un sensor electroquímico consiste, básicamente, de dos electrodos, uno de medida y otro que funge como contraelectrodo. Dichos electrodos tienen contacto por medio de una solución electrolítica, que será la que transporte los iones; por otro lado, los electrodos también tienen contacto por medio de un cable externo, mismo que será el que conducirá los electrones. Los electrodos se fabrican con materiales que posean propiedades catalíticas, esto para propiciar las reacciones químicas. Para el funcionamiento de estos sensores, es requerimiento una mínima cantidad de oxígeno. La corriente producida durante estos procesos es medida con un microamperímetro.

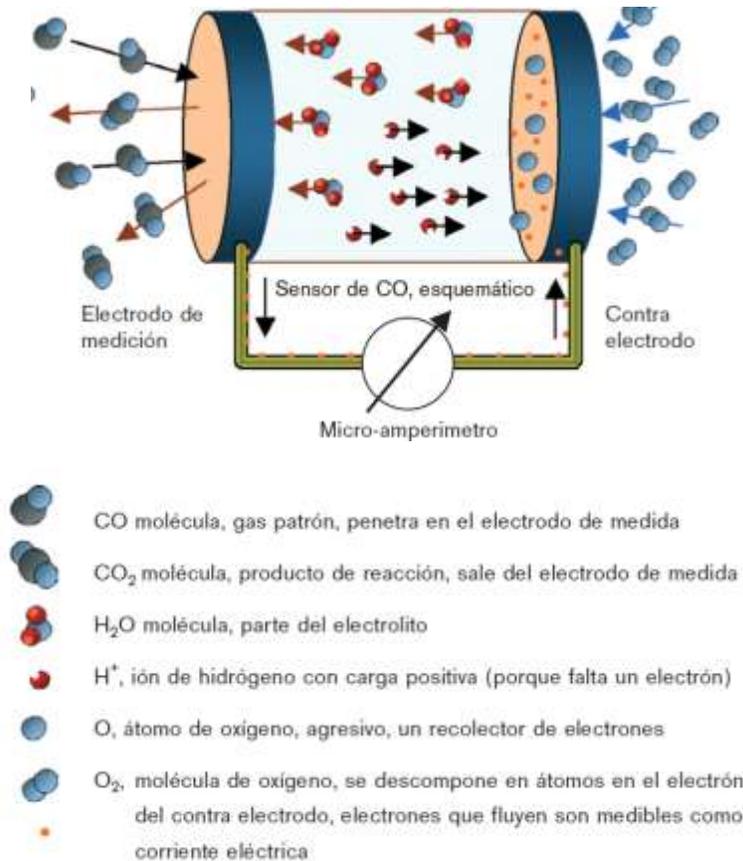


Ilustración 33. Funcionamiento de un sensor electroquímico.

Son muchos los gases que se pueden medir a través de estos sensores. Algunos sensores reaccionaran específicamente a un gas en cuestión, mientras otros lo harán para un cierto grupo con características comunes. El carácter específico para un gas se obtendrá en función de la electroquímica, eligiendo cierto catalizador o cierto electrolito; pudiendo también instaurarse filtros en el diseño del equipo, a manera que absorban moléculas que pudieran representar interferencia en la reacción.

Los sensores electroquímicos presentan muchas ventajas: son compactos, muestran una gran linealidad y repetibilidad, además de requerir poca energía para operación; sus tiempos de respuesta T90, oscilan entre los 30y 60 segundos, teniendo además rangos de detección entre 0.02ppm y 50ppm, según sea al gas analizado. Sin embargo, un punto fundamental para su correcto funcionamiento, es la selección correcta de condiciones ambientales, ya que tanto a temperatura como la humedad, afectan la sensibilidad del sensor. Por lo anterior, muchos equipos se complementan con un indicador de temperatura interno, para compensar las interferencias en la señal por las condiciones ambientales. Dado que este tipo de sensores esta en contacto directo con los gases, la vida útil de los mismos se considera en un rango de 2-3 años; parámetro a tomar en cuenta para su elección en aplicaciones de difícil acceso.

Gas	mínima escala	máxima escala
compuestos ácidos	3 ppm	30 ppm
amoníaco	50 / 300 ppm	200 / 1000 ppm
monóxido de carbono	50 / 200 ppm	1000 / 5000 ppm
cloro	1 ppm	50 ppm
hidracina	0.3 ppm	3 ppm
hidruros	0.3 ppm	1 / 20 ppm
hidrógeno	500 ppm	3000 ppm
cloruro de hidrógeno	20 ppm	100 ppm
Cianhídrico	10 ppm	50 ppm
peróxido de hidrógeno	1 / 1000 ppm	50 / 7000 ppm
sulfuro de hidrógeno	10 / 100 ppm	100 / 1000 ppm
dióxido de nitrógeno	5 ppm	100 ppm
monóxido de nitrógeno	30 ppm	200 / 500 ppm
vapores orgánicos	20 ppm	100 / 200 ppm
ozono	0.5 ppm	5 ppm
oxígeno	5 Vol%	25 / 100 Vol%
fosgeno	0.1 ppm	1 ppm
dióxido de azufre	5 ppm	100 ppm

Tabla 28.Escala de valores para sensores electroquímicos. Drager.

 Electroquímicos	
Gas detectado:	Combustible/ enriquecimiento, carencia de oxígeno
Funcionamiento:	El sensor está en una cámara acoplada de 2 o 3 electrodos, sumergidos en una solución electrolítica. El gas ingresa en la cámara, produciendo una reacción. Cuando los iones positivos fluyen al ánodo y los negativos al cátodo, se produce una corriente proporcional a la concentración del gas.
Lectura:	Ppm para gases tóxicos; % de volumen para oxígeno
Ventajas:	Salida lineal de la señal, alta sensibilidad, fácil de usar, no es susceptible de envenenamiento
Desventajas:	Susceptible a temperatura y humedad, vida limitada, la vida del sensor se deteriora en condiciones extremas

Tabla 29. Características del sensor electroquímico.

4.2.2.6 Sensores de fotoionización

Puesto que muchas emisiones de gases orgánicos en bajas concentraciones presentan un riesgo inminente a la salud del personal, es necesario contar con un equipo que detecte este tipo de emisiones. Muchos compuestos orgánicos volátiles, tales como los derivados de hidrocarburos aromáticos, saturados, insaturados, pueden detectarse de manera eficaz mediante la técnica de fotoionización. Los sensores de esta tecnología pueden detectar concentraciones del orden de ppb, siendo así una tecnología deseable para sustancias extremadamente tóxicas.

Los sensores de fotoionización se sirven de la emisión de fotones de alta energía (comúnmente en la gamma UV). Con dicha emisión, se descomponen las moléculas de la sustancia a analizar en iones de carga positiva. La descomposición momentánea se da porque la energía emitida por la lámpara del equipo, alcanza la energía de ionización de la sustancia, motivando así la pérdida temporal de electrones, así como la formación de iones positivos. Los iones positivos generan una corriente eléctrica a la salida del equipo, relacionando así la intensidad de la corriente con la cantidad de moléculas ionizadas, y por consecuencia, con la concentración del gas.

Para poder inducir la fotoionización en el compuesto, es necesario que la energía emitida por la lámpara sea igual o mayor que el potencial de ionización del gas. Siendo que dicho potencial no es otra cosa que la energía necesaria para remover el electrón más externo de una molécula; dicho potencial es característico de cada sustancia, razón por la cual debe hacerse una correcta elección de la capacidad de la lámpara. La reacción que sucede dentro del equipo puede describirse como:

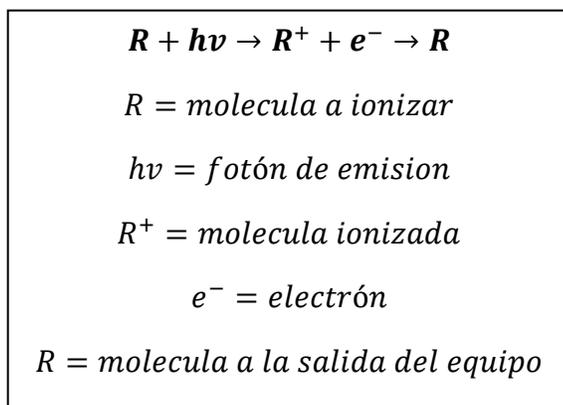


Ilustración 34. Reacción de fotoionización para detección de gases.

De la reacción puede observarse que la molécula R, a la entrada y a la salida del equipo, se mantiene constante. Esto quiere decir que la ionización no es un proceso destructivo, y que una vez liberada al ambiente, la molécula ionizada recupera sus propiedades íntegramente.



Ilustración 35.Arreglo de un equipo de fotoionización.

La elección de la lámpara-tal como ya se mencionó-es parte fundamental del equipo. Entre las lámparas más comunes se pueden encontrar aquellas con una energía de fotoionización de 10.2eV, y aquellas de 10.6eV; siendo las que ofrecen resultados estables y una vida promedio de 2 años. Otro punto importante es tener una idea acerca del potencial de ionización de las diferentes sustancias que puedan encontrarse en el medio. La siguiente tabla muestra algunas energías de ionización de ciertos COV.

Sustancia	Potencial de ionización (eV)
Acetona	9.70
Amoniaco	10.10
Benceno	9.20
Cianuro de hidrógeno	13.90
Cloruro de hidrógeno	12.70
Gas carbónico	13.79
Hexano	10.18
Hidrógeno	15.43
Nitrógeno	15.58
Metano	12.98
Monóxido de carbono	14.01
Oxígeno	12.08
Propano	11.10
Sulfuro de hidrógeno	10.50
Vapor de agua	12.59

Tabla 30. Valores de fotoionización para algunos gases-

En función del potencial de ionización de cada sustancia, así como de la potencia de la lámpara, será que se ionizan o no ciertos compuestos. Por ejemplo, con el uso de una lámpara de 10.6eV, se ionizará todo compuesto de igual o menor potencial de ionización. Dado que los principales componentes del aire poseen potenciales de ionización de 12.08eV hacia arriba, las lámparas comerciales no ionizarán estos compuestos, centrándose así en compuestos de bajo potencial, tal como la acetona, el benceno, el hexano. Cabe mencionar que ciertos gases de interés, tales como el metano y el etano, al poseer altos potenciales de ionización, necesitarán de lámparas especiales para su detección, no pudiendo ser detectados con lámparas convencionales. Esto último es importante, ya que las alcantarillas como caso de espacio confinado, se encuentran en constante emanación de metano, debido a la descomposición de materia orgánica. Siendo que el uso de ciertas lámparas no logre fotoionizar al metano, derivando en un análisis de riesgo deficiente.

Parámetros como la temperatura y la humedad afectan el rendimiento de los sensores fotoiónicos; por ejemplo: al llevar al equipo a una atmósfera húmeda y caliente, puede que la humedad del medio condense dentro del aparato, reduciendo así la intensidad de la lámpara; siendo además que la humedad puede influir en la fotoionización de los componentes del medio. Adicionalmente deberá utilizarse un indicador de gas, en el caso que el equipo fotoionizador no sea intrínsecamente seguro y este manejándose en atmósferas inflamables. También habrá de considerarse que ciertas frecuencias y radiaciones afectan en las lecturas del equipo.

En cuanto a la interpretación de resultados, habrá que tener especial cuidado, sobre todo en la elección del gas de calibración y su semejanza con los gases que pudieran encontrarse en el medio. Para una correcta calibración habrá de observar la tendencia lineal de la medida, y de ser necesario, aplicar las correcciones pertinentes mediante las indicaciones suministradas por el fabricante.

 Fotoionización	
Gas detectado:	Tóxico
Funcionamiento:	Un haz de energía igual o superior al potencial de ionización de ciertos gases es emitido por una lámpara, separando iones de la molécula de gas, mismos que generan una corriente eléctrica que es medida en el quipo. La corriente eléctrica es proporcional al número de iones, lo que se traduce en concentración del gas.
Lectura:	Ppm; ppb
Ventajas:	Sensibilidad superior, rápida respuesta, detecta un amplio rango de sustancias
Desventajas:	Necesita mayor mantenimiento, es costoso, requiere calibración frecuente, sensible a condiciones ambientales, no detecta ciertos componentes con altos potenciales de ionización

Tabla 31. Características del sensor de fotoionización.

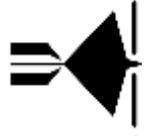
COMPARATIVA ENTRE TECNOLOGIAS DE DETECCION						
Tecnología	 Tubos colorimétricos	 Perlas catalíticas	 Infrarrojo puntual	 Infrarrojo de camino abierto	 electroquímico	 Fotoionización
Funcionamiento en atmosfera inerte	No	No (requiere oxígeno)	Sí	Sí	No (requiere oxígeno)	Sí
Resistencia a venenos	No	Le afectan ciertos componentes	Sí	Sí	Sí	Sí
Detecta hidrogeno	Si	Sí	No	No	Sí	No
Funcionamiento en atmosfera con 100% de humedad	No (se desestabiliza)	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Rendimiento en presiones comunes	Si	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Rendimiento en todo tipo de temperatura	No	Sí	Sí	Sí	No (la temperatura le afecta)	Sí
Inmunidad a polvo y suciedad	No	Sí (con diseño adecuado)	Sí (con diseño adecuado)	Sí (con diseño adecuado)	Sí (con diseño adecuado)	Sí (con diseño adecuado)
Funcionamiento en atmosfera con mucho O2	Si	Sí	Sí	Sí	No (se puede desestabilizar)	Sí
Inmunidad a interferencias humanas	No	No	No	No	No	No
Velocidad de respuesta	<20s	<20s	<6.5s	<3-5s	<30s	<5s
Mantenimiento	Nivel bajo	Nivel alto	Nivel bajo	Nivel bajo	Nivel alto	Nivel alto

Tabla 32.Comparativa entre sensores de detección.

4.3 Selección del equipo

Una vez conocida la amplia variedad de ofertas que el mercado ofrece, surge la pregunta ¿Qué equipo utilizar? Como ya se vio, todo equipo presenta ventajas o desventajas ante ciertos parámetros; además sus características y atributos, dejan ver, en mayor o menor grado, la potencial aplicación que pueda tener. La siguiente tabla presenta algunos aspectos a considerar para la elección de algún sistema de detección. Posteriormente se hace la distinción entre equipo de medición y monitoreo fijos, de aquellos que son portátiles.

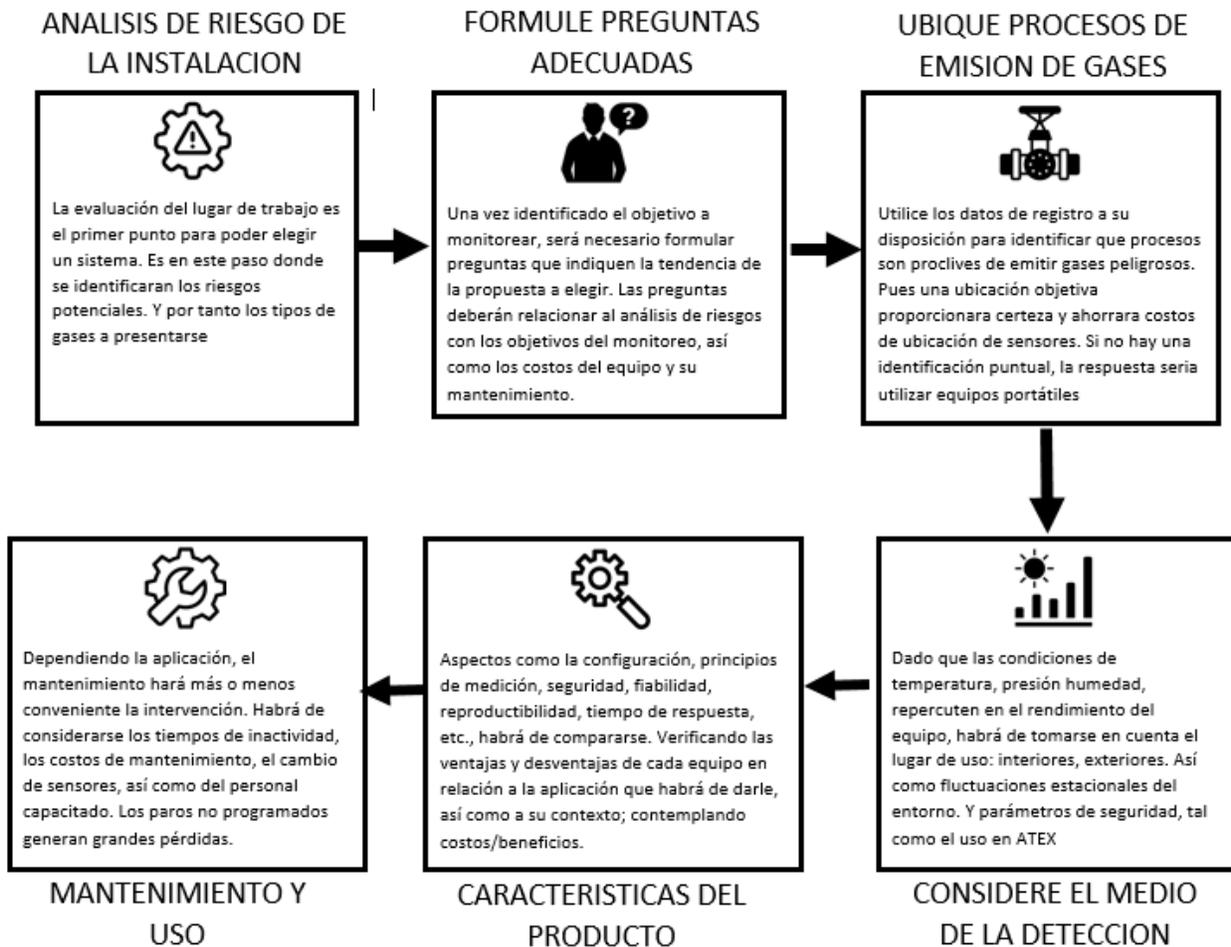


Ilustración 36. Proceso de selección para el equipo de detección.

4.3.1 Equipos de detección fija

En toda superficie de trabajo que incluya procesos de los cuales puedan derivarse emisiones de gases, es necesaria la implementación de sistemas de monitoreo y medición de las concentraciones de sustancias que puedan poner en peligro la vida del personal expuesto. Además de la protección del personal y la integridad de las instalaciones, es necesario el monitoreo de ciertas emisiones, según lo dispuesto por la normatividad y regulación correspondiente. Una vez determinada el área en donde puede producirse emisión de gases, la disposición estratégica de sensores fungirá como medida de regulación, alertando cuando las concentraciones se vuelvan peligrosas.

Los sensores utilizados en los equipos de detección fija principalmente son: sensores catalíticos, electroquímicos, infrarrojos, además de los dispuestos para la detección de fuego. Una vez entendido el funcionamiento de estos sensores, y derivado de las propuestas para su selección, los sensores habrán de colocarse en lugares donde produzcan el mayor rendimiento; tomando en cuenta los parámetros físicos de los gases prospectivos, así como las condiciones del ambiente.

A diferencia de los equipos portátiles, los fijos deben estar en funcionamiento las 24 horas, los 365 días del año, además de inhibir en lo posible su mal funcionamiento, falsas alarmas, calibración constante, etc.

En general, los siguientes aspectos deben considerarse para la instalación de equipos fijos:

- Colocar los sensores en áreas con tendencia a corrientes de aire (efecto de difusión)
- Colocar sensores a diferentes alturas (efecto de estratificación de atmosfera)
- Colocar los sensores cerca de posibles puntos de fuga (uniones, bridas, codos, válvulas)
- Colocar los sensores considerando el acceso para su mantenimiento y/o calibración
- Evitar colocar los sensores cerca de emisores de radiación, fuentes de alta o baja temperatura (esto para evitar las interferencias en la medición)
- Evitar colocar los sensores en zonas de alto impacto de suciedad y/o partículas venenosas
- Asegurar en lo posible cubrir toda el área de interés, evitando dejar puntos ciegos
- Contemplar toda variación que pueda afectar la medición (densidades, condiciones meteorológicas, lugares cerrados o abiertos)
- Procurar la seguridad intrínseca del equipo, sobre todo para las atmosferas explosivas

SENSORES PARA DETECCION FIJA		
 Sensores de gas combustible	 Sensores de oxígeno y gases tóxicos	 Sensores de gases tóxicos e inflamables
Como el metano y el hidrogeno son más ligeros que el aire, coloque sensores en las partes altas, así como en lugares que puedan guardar bolsas se gas	Coloque sensores de CO y CO2, para el monitoreo del aire, cerca de las entradas, y los ductor de ventilación, así como en zonas cerradas.	Coloque sensores cerca de puntos de emisión (válvulas, bridas, conexiones); colóquelos cerca de contenedores de combustible, en contenedores de sustancias volátiles.
Como la gasolina es más pesada, coloque sensores en las partes bajas	Para áreas como espacios confinados, monitoree las concentraciones continuamente, considere el desplazamiento de oxigeno por gases inertes.	Si el riesgo se presenta fuera, coloque sensores en la entrada del recinto

Tabla 33.Sensores para la detección fija de gases.

Establecer una cobertura areal puede ser difícil, sobre todo porque los gases de interés tienden a acumularse en espacios característicos; siendo diferentes en cuanto al humo, dado que este se expande uniformemente, dando mayor facilidad al detector de ubicarlo. Sirviéndose de la tendencia estratificada en función de las densidades del gas, se pueden establecer las siguientes recomendaciones de cobertura para los sensores.

VALORES DE COBERTURA PARA CIERTAS AREAS				
Cobertura (m ²)	Área con geometría normal		Área con geometría estrecha	
	Gas ligero	Gas pesado	Gas ligero	Gas pesado
Catalítico industrial	80-100	50-80	50-80	30-50
Catalítico normal	100-300	80-100	60-150	50-80
electroquímico	100-300		60-150	

Tabla 34.Cobertura areal de sensores fijos. Honeywell.

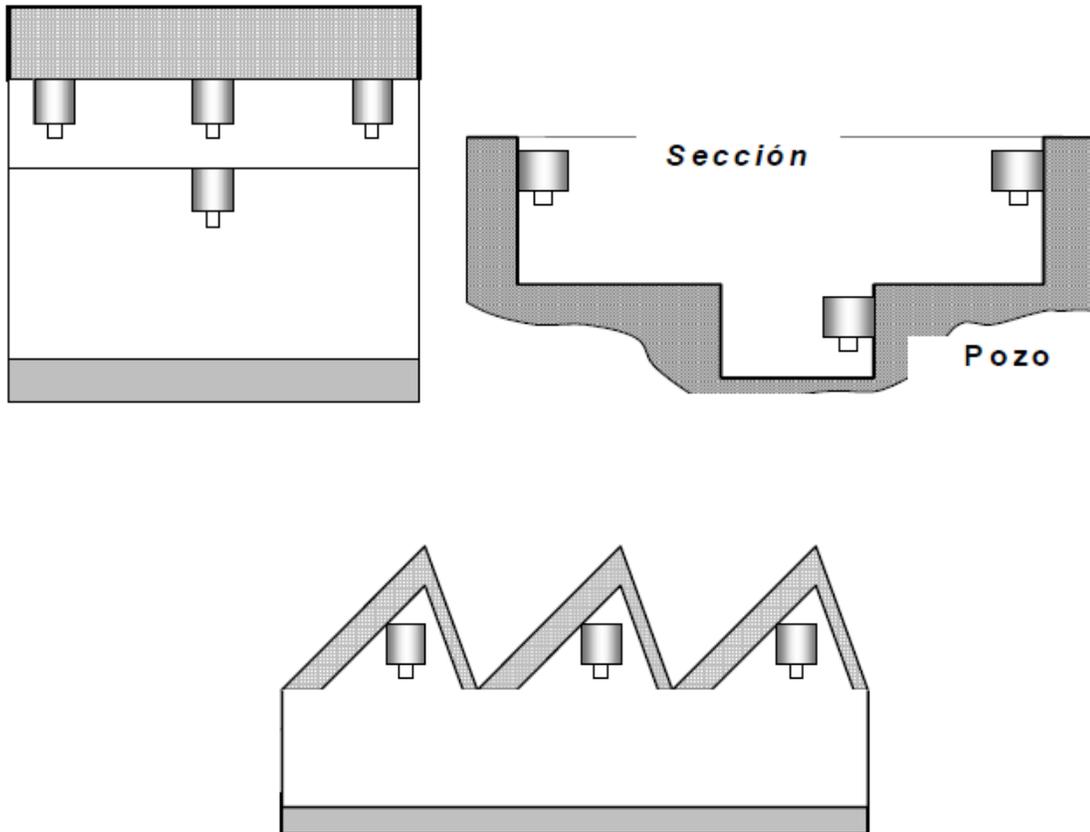


Ilustración 37. Ubicación de sensores de acuerdo al lugar.

Para su correcto funcionamiento, los equipos fijos deben ser verificados operativamente de manera frecuente. Para así poder detectar a tiempo alguna anomalía, se debe tener en cuenta que toda operación no deberá comprometer la seguridad del área a proteger, además de evitar paros inoportunos en el monitoreo, o en algún proceso crítico.

Dado que los sistemas de control interactúan en tres niveles de hardware-software:

- Interfaz humano-maquina (HMI)
- Controladores lógicos programables (PLC)
- Sensores

La instauración de un protocolo de comunicaciones, genera muchas ventajas en cuanto a la adquisición de información, así como para su análisis. Protocolos como Fieldbus, Modbus, HART, son de uso extendido para los sistemas de comunicación en los equipos fijos de detección. Tener un protocolo implica mejoras en la seguridad, en el mantenimiento, así como en los recursos económicos.

Entre algunas ventajas de los protocolos de comunicación podemos encontrar:

Se permite al usuario acceder a información de manera remota

Se permite al usuario cambiar la configuración del dispositivo

Facilitan la realización de un mantenimiento proactivo programado

Se reducen costos con el mantenimiento proactivo, ya que es más barato que uno reactivo

Reducen gastos de ingeniería de campo, esto al detectar parámetros sin necesidad de desplazarse

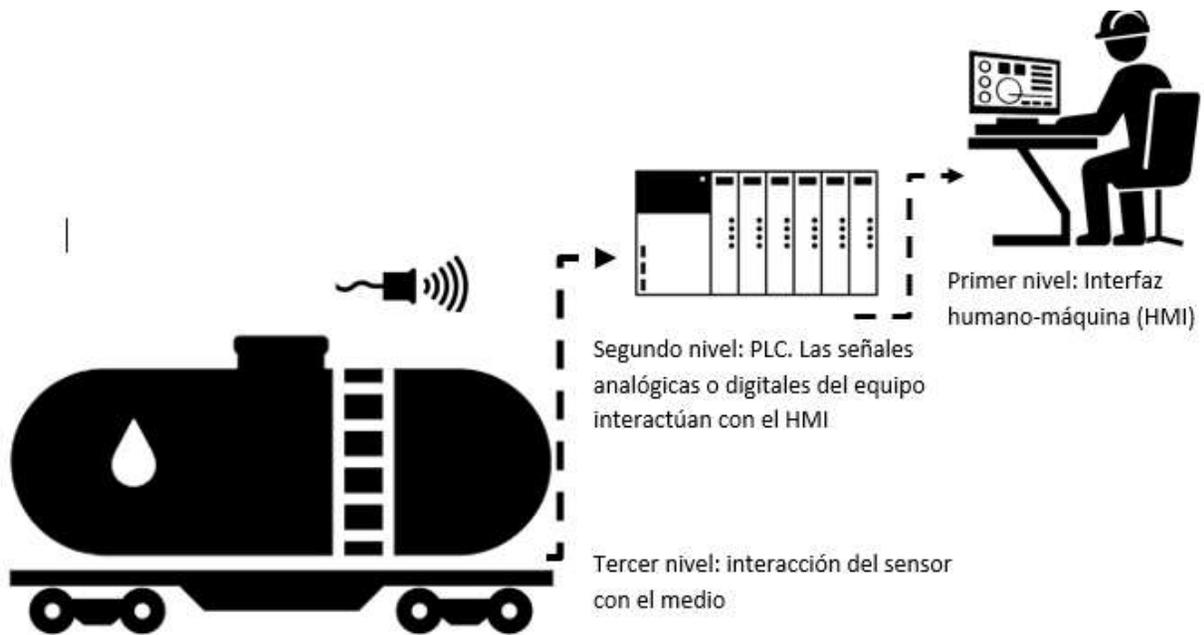


Ilustración 38. Protocolo de comunicación para detección de gases.

4.3.2 Equipos de detección portátil

Derivado del análisis de riesgo, así como de las necesidades específicas del lugar, frecuencia de acceso al lugar, costos, se definirá si lo más conveniente es optar por un equipo de detección portátil. Estos tipo de equipos forman parte del EPP (equipo de protección personal) que debe ser suministrado a los trabajadores, atendiendo a las normativas y legislaciones laborales vigentes. Los equipos portátiles funcionan con las tecnologías ya mencionadas, pudiendo ser diseñados para la detección de un solo gas, o en su caso, para la detección multigases, acoplando múltiples sensores en una sola unidad.

Se recurre a equipos portátiles cuando el monitoreo del área requiere de pruebas antes de un ingreso, así como cuando el lugar es de difícil acceso. La principal ventaja recae en la movilidad que proporciona al usuario, y aunque un sistema fijo detecta amenazas, este no puede avisar al usuario más allá de su área de cobertura.

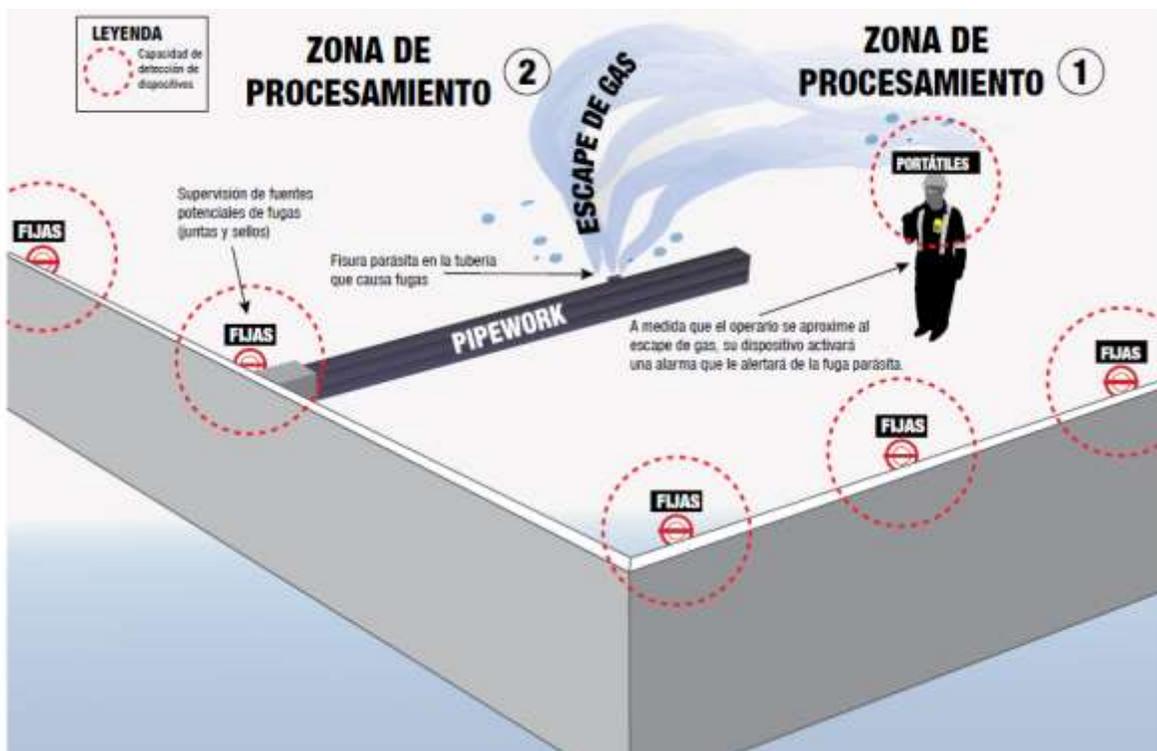


Ilustración 39. Zonas de detección para equipos fijos y portátiles.

Los equipos portátiles constan de una carcasa que dentro resguarda los componentes del sistema; es un equipo ligero, de fácil uso, y dispuesto de aditamentos para ser transportado con facilidad. Muchos equipos incorporan funciones como almacenamiento de datos, comunicación con centros de proceso, protección especial, etc. Las aplicaciones de movilidad serán útiles para la detección de múltiples gases en la industria, tales como:

- Amoniaco, azufre, cloro, dióxido de cloro
- Monóxido de carbono, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno
- Óxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, fosfina, cianuro de hidrogeno
- Compuestos orgánicos volátiles

Se puede clasificar a los equipos portátiles de la siguiente manera:

- a) En función del número de gases que detecta
 - I) Para un solo gas
 - II) Multigas (se ofrece en equipos con 4-6 sensores diferentes)
- b) En función de su operación y mantenimiento
 - I) Reutilizable: representa la opción a largo plazo, ya que pueden cambiarse sus componentes gastados
 - II) Desechable: equipo con uso a corto plazo (2-3 años), este tipo no requiere un mantenimiento durante su vida útil.

La manera en que los equipos detectan el gas puede hacerse de dos manera:

- a) Por difusión: a medida que el usuario acerca el gas a la zona de interés, el fenómeno de difusión del medio, ingresa las partículas a los sensores.
- b) Por muestreo: una bomba dispuesta en el equipo propicia el ingreso de las moléculas de aire. Esta forma es de interés si no es posible acercar lo suficiente el equipo para ingresar aire por difusión.

La diversidad de aplicaciones, tecnologías, diseños, fabricantes, etc. Hace que la oferta de dispositivos portátiles sea amplia, y por lo tanto hace difícil una elección. De manera generalizada, los equipos portátiles presentan las siguientes características:



CARECTERISTICAS COMUNES A LOS EQUIPOS PORTATILES

aspecto	descripción	Importancia
pantalla	Es la interfaz visual con el usuario. Pantallas en tiempo real implica un mejor monitoreo.	La seguridad aumenta al tener un medio visual de inspección, aparte de la alarma. Además de dotar de tranquilidad al usuario al ver valores de funcionamiento del equipo. Otros parámetros como la batería y duración del equipo pueden verse aquí
Protección del equipo	Refiere a la protección contra agua o polvo, resistencia a caídas, entrada de contaminantes, así como a protección explosiva	La protección del equipo ofrece mayor versatilidad de uso, así como durabilidad, u ahorro en costos a largo plazo al mejorar la vida útil del dispositivo
Rendimiento de la batería	Refiere al tipo de batería, tiempo en función, tiempo de carga.	Una larga durabilidad y carga rápida ofrece versatilidad para usos prolongados o de cambio de turnos. Una batería larga también implica menos equipos y por ende, menos gasto.
Integración de sensores	Refiere a la disposición de sensores(sensores individuales o en cartuchos)	Al poder maniobrar individualmente sensores, se ahorra el cambio de sensores que aún son útiles. Un cartucho integrado ofrece rápido mantenimiento
Bomba de muestreo	Es el dispositivo que permite el acceso remoto de medición cuando el entorno es inaccesible. No todos los equipos integran una	Para espacios inaccesibles, equipos con bomba presentan una buena opción, asegurando la integridad del muestreador.
Alarma	Es la alerta que el equipo manda al detectar niveles peligrosos. Puede ser de tipo visual, sonora o vibratoria	La alarma es fundamental en la anticipación de la catástrofe. Entre mayor variedad de alarmas tenga un equipo mejor, puesto que en función del medio, una u otra puede advertirse mejor
Indicadores de funcionamiento	Algunos equipo añaden leds especiales que informan sobre el estado del equipo pendientes,	Ayuda a la identificación de posibles fallos en el equipo

Tabla 35.Elementos de los equipos de detección portátiles.

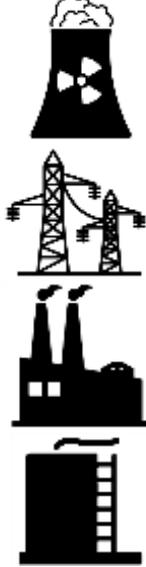
APLICACIONES DE EQUIPOS PORTATILES EN LA INDUSTRIA		
 <p>Petróleo y gas</p> <p>Debido a la abundancia de compuestos volátiles, el equipo portátil se incluye dentro del EPP. Muchos procedimientos críticos en operación requieren inspección de atmosferas, tal como puede ser: almacenamiento, descarga, distribución.</p>	 <p>Aplicaciones Hazmat</p> <p>Los accidentes y fugas de materiales peligrosos ocurren en múltiples contextos. Para su control, personal como: cuerpo de bomberos, seguridad, marítimo, aéreo, incluyen dentro de su EPP equipos de monitoreo portátil</p>	
<p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Uso en espacios confinados b) Inertización de tanques c) Trabajos cerca de tanques d) Carga y descarga de FPSO e) Pruebas y trabajos que requieran permisos de trabajo f) Inspección de quema g) Inspección de bridas y otros componentes 	<p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Derrames en carretera b) Escape en plantas industriales c) Derrames en mar d) Fuga de ductos químicos e) Fugas en lugares concurridos 	<p>La aplicación de equipos portátiles es muy variada, representando así un elemento importante en la seguridad del proceso y de los trabajadores.</p>

Tabla 36. Aplicaciones de la detección portátil.

4.3 Normas y certificaciones de seguridad

Cuando las medidas preventivas para la inhibición de atmosferas peligrosas no aseguran una seguridad total, es necesario recurrir a equipos que, dadas sus características intrínsecas, sean de uso seguro en atmosferas potencialmente explosivas. Los equipos ATEX son de uso extendido en la industria como medio de seguridad. Estos equipos son identificados rápidamente por la marca “Ex” dentro de un hexágono, siendo así equipos diseñados para no ser una fuente de ignición. DE manera general se consideran dos grandes grupos de equipos usados en atmosferas explosivas (ATEX)

- a) Equipos no eléctricos: contempla a todo equipo utilizado, con la característica común de no generar la suficiente energía de activación para generar ignición. Esta clasificación abarca desde máquinas y herramientas hasta ropa y EPP. La construcción de estos elementos emplea materiales que no producen chispa ni fricción al usarse.
- b) Equipos eléctricos: Aquí se contempla todo equipo de funcionamiento eléctrico, mismo que deberá tener un nivel de seguridad adecuado a la clasificación ATEX donde deba utilizarse.

Los equipos para ATEX deben seguir una normatividad que respalde su eficacia, las normatividades utilizadas son la norteamericana y la europea. Por ejemplo, en Norteamérica, para la certificación, instalación e inspección de equipos, se incluyen los siguientes elementos: Códigos de instalación, organizaciones de normalización, laboratorios de prueba, autoridades de inspección. Todos estos elementos dotan al equipo de las certificaciones adecuadas para su funcionamiento seguro, siendo que las certificaciones se rotulan en la carcasa del equipo, indicando así los alcances de su uso seguro. El rotulo del equipo, una vez aprobado, indica los detalles de la certificación: método de protección, temperaturas, clase permitida, clases de gases, etc. Por ejemplo:

**Explosionproof with I.S. Outputs, Class I,
Division 1, Groups A, B, C, D, T5**

Class I, Zone 1, AEx d [ia] IIC T5

Ilustración 40. Marcados de seguridad en equipos de detección.

Principalmente hay dos organizaciones que establecen los estándares sobre zonas peligrosas: la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), aplicado en Europa, Asia, Australia y otras regiones; y el Código Eléctrico Nacional (NEC), para el sistema normativo norteamericano. La definición de zonas peligrosas es estipulada en las directivas ATEX, en el caso de la Unión Europea; y en los artículos del NEC, para el caso de Norteamérica.

4.3.1 Normas y certificaciones Norteamericanas

Aunque por convención, casi toda normativa de zonas peligrosas sigue una tendencia similar, existen algunas diferencias en las directrices desarrolladas en Norteamérica. En Estados Unidos, toda normatividad relacionada con las instalaciones de riesgo se encuentra en el National Electric Code, en los artículos 500, 501, 502,503, donde se definen los requisitos para clasificación de zonas peligrosas en clases, grupos y divisiones. Adicionalmente, se tiene el artículo 505, en donde se clasifican las zonas de clase I división 1 y 2 en tres zonas (0,1,2), siendo una clasificación basada en el sistema Europeo IEC/CENELEC.

En función de los artículos NEC 500, las zonas peligrosas se dividen en clases de sustancias I, II, III, según sea el tipo de material que esté presente. Así tenemos:

- a) Clase I: Son zonas que presentan gases o vapores inflamables en suficiente cantidad para producir mezclas inflamables con el aire.
- b) Clase II: Son zonas que presentan polvo en cantidades suficientes para suponer riesgos por explosión.
- c) Clase III: Son zonas peligrosas por la presencia de fibras o partículas altamente inflamables.

El NEC 500 clasifica a las clases I y II en dos divisiones: división 1 y división 2. Siendo que esta nueva clasificación está en función de la posible presencia de material combustible en concentraciones inflamables. A su vez cada clase se divide en grupos de materiales: A,B,C,D,E,F,G. Esta clasificación está en función de sustancias conforme a sus propiedades.

Adicionalmente, el artículo NEC 506 da un sistema alternativo de clasificación a las clases II y III, basado en las zonas de la IEC, siendo las zonas 20,21,22 aplicables a polvos combustibles y a fibras o partículas en suspensión.

Clasificación Norteamericana NEC 500 a NEC 505					
Sustancia	Clase de sustancias	Clasificación de zona			Características de la zona
		NEC 500		NEC 505	
Gases/vapores	Clase I	División 1	Zona 0		Riesgo de explosión continua u ocasional en condiciones normales
			Zona 1		De manera normal no hay concentraciones peligrosas, pero pueden generarse por actividades
		División 2	Zona 2		
Polvos	Clase II	División 1			Hay suficiente polvo combustible para producir mezclas inflamables
		División 2			Puede presentarse polvo combustible, derivado de operaciones, generando concentraciones inflamables
Fibras	Clase III	División 1			Se almacenan o procesan fibras en suspensión altamente inflamables
		División 2			Se almacenan o manipulan fibras en suspensión altamente inflamables

Tabla 37. Clasificación norteamericana de zonas peligrosas. Normativa NEC 500/505

Clasificación de sustancias NEC 503			
Clase de sustancias	Grupo de sustancias (NEC 500)	Grupo de sustancias (NEC 505)	Nombre de la sustancia
Clase I	A	IIC	Acetileno
	B		Hidrogeno
	C	IIB	Etileno
	D	IIA	Propano
Clase II	E	IIIC	Polvo metálico combustible
	F		Combustible

Tabla 38. Clasificación norteamericana de sustancias peligrosas. Normativa NEC 503.

La fabricación e instalación de equipos están garantizadas en su uso y mantenimiento adecuados por los artículos NEC 500 a NEC 504. Los estándares de construcción y diseño están dictaminados por Underwriters Laboratories (UL), Factory Mutual (FM), y la International Society for Measurement and Control (ISA); siendo así que la conformidad y certificados norteamericanos están dados por dichas entidades, entre otras más.

El marcado en los equipos bajo la normativa NEC muestra los datos del entorno en el que el equipo está avalado para su uso. Los marcados norteamericanos siguen la directiva NEC 500, o su similar NEC 505, siendo esta última adecuada a la categorización de zonas basadas en el IEC europeo.

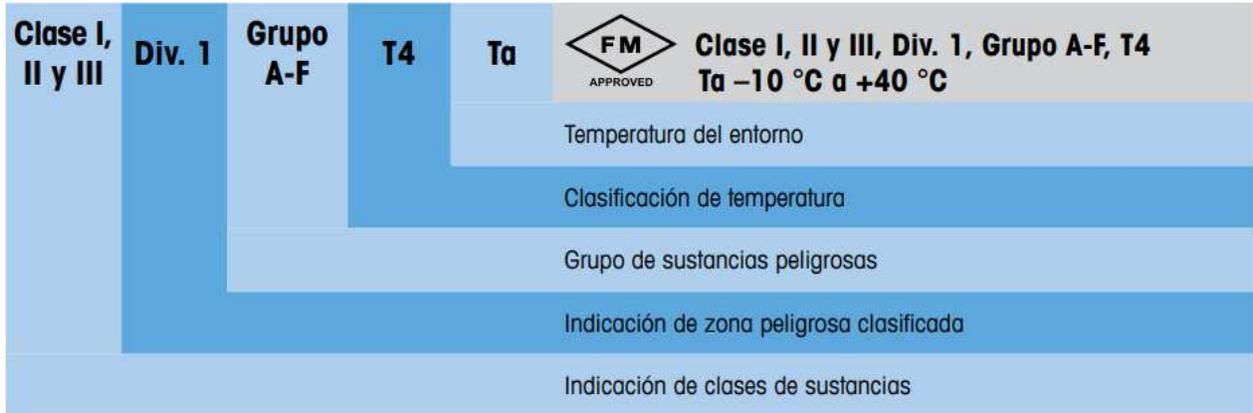


Ilustración 41. Normativa de seguridad NEC 500



Ilustración 42. Normativa de seguridad NEC 505.

4.3.2 Normas y certificaciones Europeas

Los estándares correspondientes para el mercado de equipos en Europa vienen dados por Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC). EL CENELEC utiliza, de manera general, los estándares de la IEC, aunque también dictaminan sus requisitos particulares. La directiva ATEX (atmospheres explosibles) es una directiva legal obligatoria fundamentada en diversas formas de evaluación de la conformidad. ATEX tiene el propósito de establecer niveles de seguridad aceptables, de manera que no se pueda vetar el libre comercio dentro de la unión europea. Es decir, la normativa ATEX se introdujo como medio para eliminar barreras comerciales en Europa.

Las directivas relacionadas a zonas peligrosas son la ATEX/94/9/CE y la ATEX 99/92/CE. En dichas directivas se describe el equipo y el entorno de trabajo aceptables para una atmosfera explosiva. La directiva ATEX/94/9/CE es aplicable para la fabricación y uso de equipos en atmosferas explosivas, teniendo como función la eliminación o inhibición de riesgos por el uso del equipo. En dicha directiva se especifica los requisitos de salud y seguridad en relación al uso, diseño y fabricación de los equipos. El mercado CE en los equipos garantiza la certificación del producto para su uso en atmosferas explosivas.

Por otro lado, la directiva ATEX 99/92/CE se encarga del riesgo de explosión, esto es: que el aparato en si no sea la fuente de ignición. La directiva define dos grupos de equipos divididos en cinco categorías de equipo. Esto es:

- a) Grupo I: Para uso de equipos en espacios subterráneos, tal como en la minería
- b) Grupo II: Para uso en industrias de procesamiento en superficie. Por ejemplo: petrolera, petroquímica, química, farmacéutica, alimentos.

La normativa ATEX 99/92/CE aplica para usuarios que laboran en atmosferas potencialmente peligrosas, complementando la ATEX/94/9/EC. La directiva exige una clasificación de zonas por parte de la empresa. Esto es de especial interés, ya que como se vio, el control de límites de inflamabilidad es un factor determinante en cuanto a espacios confinados, y en general, para la seguridad industrial. DE acuerdo a la ATEX/99/92/CE, las zonas se clasificaran de la siguiente manera: tres zonas para gases y tres zonas para polvo. La clasificación se determina tomando en cuenta el tamaño, ubicación y frecuencia de la persistencia de una atmosfera explosiva.

Clasificación de Zonas ATEX /99/92/CE		
Gas	Zona 0	Presencia de una atmosfera explosiva de forma continua o durante largos periodos de tiempo.
	Zona 1	Puede ocasionarse una atmosfera explosiva de manera ocasional durante el funcionamiento común
	Zona 2	Puede crearse una atmosfera explosiva con poca frecuencia o en cortos periodos de tiempo
Polvo	Zona 20	Presencia de una atmosfera explosiva de forma continua o durante largos periodos de tiempo.
	Zona 21	Puede ocasionarse una atmosfera explosiva de manera ocasional durante el funcionamiento común
	Zona 22	Puede crearse una atmosfera explosiva con poca frecuencia o en cortos periodos de tiempo

Tabla 39. Clasificación de zonas peligrosas. Normativa europea ATEX /99/92/CE

Clasificación de categoría y grupo ATEX 94/9/CE					
	Categoría de equipo	Atmosfera peligrosa	Nivel de protección contra ignición	Condiciones de funcionamiento	Rendimiento de protección
Grupo I	M1	Metano y polvos	Muy alto	Encendido y funcionando	2 métodos de protección independientes o seguro contra fallos
	M2		Alto	El equipo se apaga en una atmosfera explosiva	Protección suficiente en condiciones de operación
Grupo II	Cat 1	Gases, vapores, neblinas y polvos	Muy alto	Encendido y en funcionamiento en zonas 0,1,2 ; 20,21,22	2 métodos de protección independientes o seguro contra 2 fallos
	Cat 2		Alto	Encendido y en funcionamiento en zonas 1,2; 21,22	Apto para el funcionamiento normal y perturbaciones frecuentes o seguro contra un fallo
	Cat 3		Normal	Encendido y en funcionamiento en zonas 2, 22	Apto para funcionamiento normal

Tabla 40. Categoría y grupo de equipo para zonas peligrosas. Normativa europea ATEX 94/9/CE.

La marca CE es obligatoria, además sirve como declaratoria de que el producto cumple con las disposiciones de seguridad pertinentes, y por lo tanto puede comercializarse. La marca de la normativa ATEX 94/9/CE es la siguiente:



Ilustración 43. Marca de seguridad normativa ATEX 94/9/CE .

La selección del equipo, así como los sistemas de protección están especificados en la norma 99/92/CE, en función de dicha directiva, el equipo que se usara en las zonas clasificadas habrá de seleccionarse conforme a las categorías de la norma 94/9/CE. La categoría del equipo determina el nivel de protección que posee, siendo para el caso de gas o polvo. La protección puede darse de diversas formas: seguridad intrínseca, encapsulado, cajas presurizada, sin chispa, limitación de energía, inmersión en aceite, etc. Cada método de protección vendrá acotado por un código correspondiente.

4.3.3 Unificación de certificaciones y normativas

La estandarización IECEx es un marco internacional de certificación global, tiene su base en los estándares de la IEC. Sirve para naciones con estándares muy cercanos a los de la IEC. La certificación IECEx es de carácter global, por lo que reduce las barreras comerciales derivadas de la diferencia en la evaluación de la conformidad en diferentes países. Como muchos equipos son exportados a diferentes partes del mundo, se requiere una solución que garantice la aceptabilidad de las características del equipo a comerciarse. Un camino habitual es la aprobación previa por parte de organismos certificadores que evalúen la conformidad. Aun así, las diferencias entre normativas subsisten, siendo así adecuado conocer las similitudes y diferencias entre las normativas para equipos en atmósferas explosivas.

Comparación entre normativas para atmosferas explosivas			
	NEC	ATEX	IECEX
Estado normativo	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Alcance	Abarca equipos eléctricos, así como su instalación y mantenimiento seguros	Abarca a los equipos, busca la mejora en seguridad de equipos y trabajadores, así como evitar barreras al comercio	Certificado único con aceptación global para productos en atmosferas peligrosas
Base de conformidad	Estándares de Estados unidos o Canadá: ISA, UL, FM	Cualquier estándar que cumpla las directivas de la Unión Europea	Estándares IEC
Clasificación de zonas	Zona, clase y división	Zona	Zona
Evaluadores de conformidad	Unidades de UL,FM,ISA, etc.	Organismos como Ex, fabricantes	Organismos de certificación Ex, asi como laboratorios de ensayo
Aceptación	Norteamérica	Unión Europea	Global
Marca de certificación			
Aceptación regional	Norteamérica, Canadá, México	Europa, Norteamérica, Japón, Brasil	Miembros de IECEx

Tabla 41. Comparativa de normativas para zonas peligrosas: NEC,ATEX,IECEX.

Conocer la certificación necesaria para los equipos en atmosferas explosivas es un parámetro a tomar en cuenta para todo equipo a usar en espacios confinados, dado que uno de los peligros potenciales es la explosión de atmosferas inflamables. Al introducir un equipo de detección, o al disponer de un equipo dijo de monitoreo, habrá de asegurarse de que el equipo en cuestión no presenta un riesgo de ignición, lo mismo aplica para cualquier equipo que sea introducido al espacio confiado: equipo de corte, lámparas, radios de comunicación, herramienta, EPP, etc.

CAPITULO QUINTO

5. Los Equipos de Protección Personal

Parte fundamental dentro de los programas de seguridad y salud ocupacional en las empresas recae en la implementación del uso de equipo de protección personal por parte de los trabajadores expuestos a ciertos riesgos. Para algunos casos, la inhibición técnica de riesgos no cubre totalmente la seguridad del empleado, por lo cual es necesario optar por un grado secundario de defensa entre el peligro y el trabajador: el EPP. El EPP es un conjunto de aparatos y accesorios destinados a cubrir ciertas partes del cuerpo para el aislamiento de peligros. Los EPP forman una barrera, que con el uso adecuado, disminuye la probabilidad de una lesión, menguando así la probabilidad de peligro durante las actividades. Se debe tener en cuenta que el EPP representa una barrera última entre el peligro y el trabajador, por ello su elección debe hacerse después de haber inhibido al máximo todo el riesgo; de no ser posible la máxima inhibición por medios técnicos, la elección de EPP deberá hacerse con base en el análisis de riesgo, así como las características propias de los equipos, tomando en cuenta los niveles de protección y la comodidad del usuario.

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL		
Parte del cuerpo	Elemento	Tipos
Cabeza: (cráneo; cara: ojos, oídos, vías respiratorias) 	Casco	Clase A: Protección dieléctrica limitada Clase B: Para descargas eléctricas Clase C: Protección contra impacto Clase D: Especial para bomberos
	Protectores faciales, oculares	Pantalla; Anteojos de seguridad; Careta de soldador; gafas contra radiación.
	Protectores auditivos	Tapones de oídos; tapones externos; orejeras
	Protectores de vías respiratorias	Filtros, cartuchos químicos; mascarillas de gas; equipos autónomos; equipos semiautónomos
Tronco: pecho, espalda, hombros, abdomen, cintura 	Delantales	Látex, vinil, plomo, aluminizados, neopreno, cuero, etc
	Cinturones	Cinturón de correa; arnés para el pecho; arnés de suspensión completo
Extremidades: brazos, antebrazos, manos, piernas, pies 	Guantes	Cuero, neopreno, vinil, látex, aluminizados, etc.
	Calzado	Casquillo para uso general; para riesgo eléctrico
	Polainas y cubrecalzado	Cuero, aluminizados, etc

Tabla 42. Equipo de Protección Personal.

5.1 Protección superior

5.1.1 Casco

Es el elemento destinado a la protección de la cabeza contra impactos de objetos, salpicaduras químicas, y riesgos eléctricos. Dentro de las principales condiciones que debe cumplir un casco para proteger la integridad del usuario se encuentran:

- a) Debe limitar la presión ejercida al cráneo. Esto mediante la distribución de la fuerza en la mayor área posible. El casco deberá ser resistente a la deformación y a la perforación.
- b) Desvió de objetos mediante una forma curva y lisa. Los bordes en muchas ocasiones tienden a parar el objeto, absorbiendo así mayor cantidad de energía cinética.
- c) Disipar y dispersar la mayor cantidad de energía posible, de manera que esta no se transmita a la cabeza, cuello o vertebras

Adicionalmente, para prácticas especiales, se deberá contemplar otras propiedades de los cascos, tal como puede ser el caso de manipulación de sustancias corrosivas, o de trabajos eléctricos. La clasificación para cascos se da de la siguiente manera:

- I) Casco tipo A: Ofrece protección general contra impactos, protección contra fuego, sustancias químicas; ofrece además una resistencia dieléctrica limitada (cerca de 2200 volts a 60Hz)
- II) Casco tipo B: Adicionalmente a la protección ofrecida por el tipo A, el tipo B otorga alta protección dieléctrica (cerca de 30000 volts a 60 HZ)
- III) Casco tipo C: Son cascos que no ofrecen protección alguna contra riesgos eléctricos; están conformados en su mayoría de alguna aleación de aluminio.
- IV) Casco tipo D: Son cascos con una protección similar a la ofrecida por el tipo A, con la diferencia que protege también la espalda del trabajador.

Básicamente el casco se compone de dos elementos: la suspensión interna que sirve de soporte con la cabeza del usuario, compuesta de la corona y la correa; y la carcasa, que es la parte externa que cubre el cráneo.

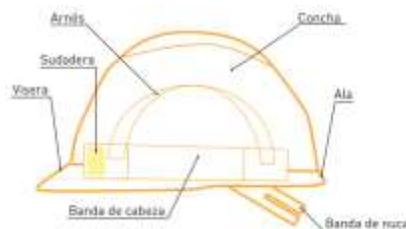


Ilustración 44. Componentes de un casco de seguridad.

5.1.2 Protectores faciales y oculares

Durante el desarrollo de diversas actividades industriales la visión del trabajador puede verse seriamente comprometida, siendo necesaria una adecuada protección ante estos riesgos. Dentro de los principales riesgos asociados a la necesidad de protección se encuentran:

- I) Riesgos mecánicos: derivados de la proyección de partículas a alta velocidad cuyo impacto puede ocasionar serias contusiones en los ojos del personal.
- II) Riesgos químicos: Derivados del uso de sustancias volátiles, cuyos vapores pueden resultar tóxicos o corrosivos para los ojos. Además de salpicaduras.
- III) Riesgos por radiaciones: Derivados de radiaciones ultravioleta o infrarroja; de laser; de trabajos de corte, soldadura.

Además de la protección característica al riesgo asociado, se deberá tener en cuenta la comodidad del usuario ante el equipo; siendo que una de las limitantes a estos equipos es la incomodidad que pueda presentar su uso. Existe una gran variedad de alternativas en cuanto a protección ocular, siendo los anteojos el elemento más común. Existen seis tipos básicos de elementos protectores:

- a) Lentes con o sin protección lateral
- b) Lentes de montura integral
- c) Caretas completas
- d) Caretas-pantallas protectoras integradas para cabeza y cara
- e) Pantallas de mano
- f) Capuchas

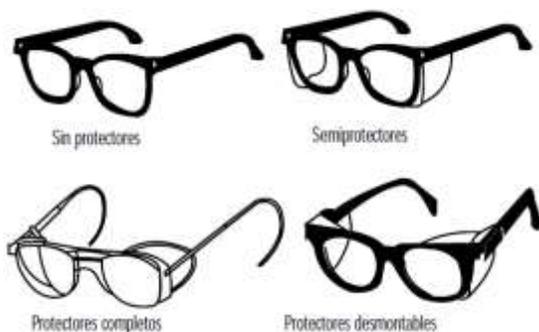


Ilustración 46. Lentes de seguridad.



Ilustración 45. Lentes con montura integral.



Ilustración 47. Caretas completas.

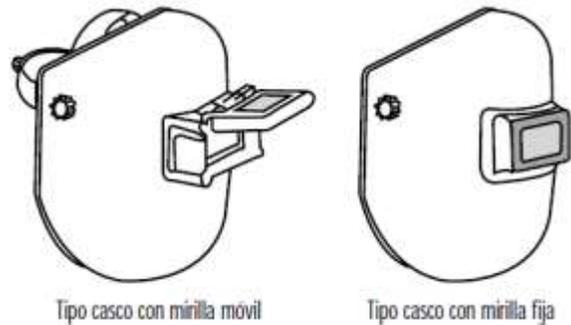


Ilustración 48. Caretas-pantallas protectoras integradas para cabeza y cara.

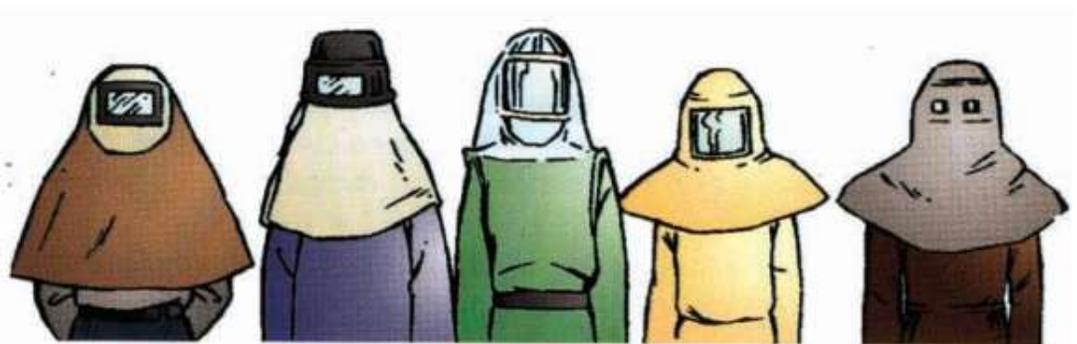
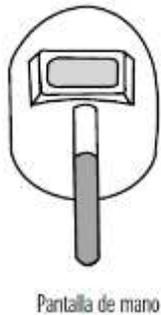


Ilustración 49. Capuchas de seguridad.

Frente a riesgos de carácter mecánico los lentes son el equipo más utilizado, siendo los dotados de protectores laterales los más sensatos dado la variabilidad de direcciones de las que puede provenir una partícula. En cuanto a riesgos químicos, los lentes integrales, así como las capuchas serán necesarios. Estos elementos son en su mayoría de policarbonato, resinas acrílicas, y plásticos a base de fibra; siendo que el policarbonato es resistente a impactos pero no tanto a la corrosión, a comparación de los acrílicos que soportan poco los impactos pero brindan buena protección a la corrosión.

Para los trabajos que involucren radiación térmica, las pantallas completas son la opción, dado que además de la protección a la temperatura, habrá de protegerse contra chispas y voladuras incandescentes. Los materiales utilizados para estos elementos son: chapa de aluminio, mallas metálicas, pantallas de plástico aluminizado.

Para tareas de soldadura, los operarios deberán contar con protección ante partículas de impacto, así como con filtros adecuados para el espectro de radiación con la que estén trabajando. La elección adecuada del filtro deberá hacerse tomando en cuenta los valores y tolerancias de transmitancia (cantidad de luz que atraviesa un determinado cuerpo, en una determinada longitud de onda) que tenga frente a la intensidad de la luz con que se trabaje. Normas como la ISO 4850-1979, proporcionan guías para la selección adecuada del protector, tanto para el espectro ultravioleta, como para el infrarrojo; así como para el tipo de soldadura que se desarrolle.

5.1.3 Protectores auditivos

Múltiples tareas involucran un exceso de ruido que, de manera aguda o crónica, presentan complicaciones a la audición del personal expuesto. Por ello es necesario establecer condiciones que inhiban los riesgos auditivos, cuando esto no es posible, y como última barrera, se recurrirá a los equipos de protección personal auditivos. Existen numerosas formas de cuantificar el grado de protección por parte de estos equipos, por ejemplo, en Estados Unidos se utiliza la valoración de la NRR(Noise Reduction Rating), mientras que en Europa se adopta la SNR (Single Number Rating). Estos métodos se sirven de la atenuación del sonido real a un valor umbral, esto debido a las propiedades del equipo en cuestión. Todos estos valores se obtienen a través de pruebas de laboratorios, buscando así la mejor opción para determinados niveles de atenuación. Dentro de la normatividad nacional, la NOM-011-STPS-2001, *Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido*. Dicta las disposiciones para inhibir los riesgos derivados de la exposición a ruidos. Dando en sus apéndices la manera de determinar el nivel de exposición.



Ilustración 50. Escala de decibelios para distintas actividades.

Dependiendo del factor de reducción del ruido, obtenido por alguna metodología (bandas de octava o por mediciones de ruido), es que se hará la selección del equipo más conveniente. Entre los equipos de protección podemos encontrar:

- I) Tapones para oído: estos se llevan en el canal auditivo externo, y pueden ser premoldeados, o moldeables, siendo estos últimos hechos de un material blando para mejor ajuste personal. Normalmente se fabrican de cera, espuma, algodón, elastómeros, silicona.
- II) Tapones externos: Este equipo se introduce en el canal externo, siendo sujetados a la cabeza por medio de un arnés. Estos se fabrican en un único tamaño, estándar para la mayoría de personas.
- III) Orejeras: Consta de un arnés que va sujeto a la cabeza en cuyos extremos se hallan dos copas herméticas que sellan herméticamente el pabellón auditivo externo. Las copas se fabrican de plástico y están cubiertas de espuma, lo cual logra una buena atenuación de sonido



Ilustración 51. Tapones de seguridad.



Ilustración 52. Tapones externos y orejeras de seguridad

5.1.4 Protectores de vías respiratorias

Los riesgos asociados al aparato respiratorio pueden presentarse en forma de deficiencia de oxígeno, o de presencia de contaminantes en la atmosfera. De una u otra forma, la necesidad de EPP es necesaria para el aseguramiento del personal. Los equipos de protección respiratoria se clasificaran tomando en cuenta el tipo de cobertura que tienen en relación al aparato respiratorio (cobertura de entradas), y en función del mecanismo con el cual protegen al usuario (purificación o suministro de aire)

Cobertura de entradas: Refiere al aislamiento hermético de las vías de entrada de aire al cuerpo (nariz y boca) del medio peligroso, pero dejando pasar una cantidad de aire respirable. A su vez la cobertura puede ser de tipo estanca o suelta. Las coberturas estancas se basan en proporcionar un sello hermético entre usuario y ambiente, pudiendo adoptar formas como: mascarilla, semimascarilla, boquilla, filtro. Cada una de estas formas diferirá en el área de cobertura que tenga en el rostro del usuario. Las formas anteriormente mencionadas pueden utilizarse en conjunto con equipos purificadores o suministradores de aire.

Por su parte, la cobertura suelta refiere a la protección que brindan los equipos que cubren la cara, cabeza, cabeza y hombros, generando un ambiente inocuo al trabajador. Estos equipos funcionan con equipos suministradores de aire.

Equipos purificadores de aire: Se sirven del paso de aire a través de filtros para la eliminación de componentes dañinos. El aire entra a través del proceso de respiración del usuario (equipos de presión negativa), o por medio de un ventilador (equipos mecánicos) Normalmente se comercializan estos equipos por cartuchos, siendo así que el elemento purificador de cada cartucho, determine el tipo de contaminante a atrapar, así como el nivel de eficacia.

Porcentaje de eficiencia de acuerdo al tipo de filtro			
Tipo de filtro	Porcentaje de nivel mínimo de eficiencia		
N	90	95	99.7
R	90	95	99.7
P	90	95	99.7

Tabla 43. Porcentaje de eficiencia para filtros de respiración. NOM-116-STPS-2009.

- a) Clase N, deberán usarse en aquellos lugares de trabajo donde no existan aerosoles de aceite.
- b) Clase R, están diseñados para retener cualquier partícula, entre ellas las partículas con base aceite, limitados a un uso máximo de ocho horas, cuando sean empleados en presencia de aerosoles de aceite.
- c) Clase P, están diseñados para retener cualquier partícula, entre ellas las partículas con base aceite, y no tienen limitantes de tiempo de uso más que los marcados por saturación del filtro.

Equipos suministradores de aire: Son aquellos que brindaran de una atmosfera respirable sin importar las condiciones externas de trabajo. En esta clase de equipos se tiene dos tipos de equipos.

- a) Equipos semiautónomos: Consta de una fuente de suministro de aire al usuario. Este tipo de equipo funciona por demanda de aire por parte del usuario; por suministro de caudal continuo; o por demanda de presión.
- b) Equipos autónomos: Son equipos que generan una atmosfera respirable, este tipo cuenta con una fuente de aire incorporada, lo cual dota de gran libertad de movimiento al usuario. Este tipo de equipos es ampliamente utilizado para atmosfera peligrosas.

Entre los equipos de protección respiratoria se encuentran:

- a) Respiradores de filtro mecánico: Protector que cubre la boca y nariz, puede tener válvulas de inhalación y exhalación; cuenta con filtros fibrosos que atrapan el material toxico. Su uso se restringe a partículas suspendidas en el aire, no protege contra gases o vapores tóxicos.

- b) Respirador de filtro químico: Semejante al mecánico, con la diferencia que su filtro de carácter químico absorbe o reacciona con el contaminante en cuestión, inhibiendo el riesgo. La elección del filtro dependerá del análisis de los contaminantes que puedan tenerse en el lugar. Diversas normativas rotulan colores de filtro para cierto tipo de contaminantes.
- c) Respiradores con línea de suministro: Consiste en una careta conectada con manguera a una línea de aire instalada en alguna ubicación del centro de trabajo. El alcance de este equipo es para atmosfera no IDLH, de manera que de ser necesario, el usuario escape sin la necesidad del equipo, esto debido a la limitación de movimiento inherente al equipo.
 - I) Flujo de aire a demanda: el aire se entrega durante la inhalación, la exhalación se realiza al medio por conducto de una válvula
 - II) Flujo de aire a demanda de presión: Se utiliza cuando se da el caso de que la inhalación cause filtración hacia dentro del equipo. Con este equipo se genera una presión positiva durante la inhalación y exhalación.
- d) Equipo autónomo: Para aplicaciones en atmosferas IDLH. El usuario se encuentra totalmente aislado del medio en términos respiratorios, el aire es suministrado por un contenedor individual. Funciona de la siguiente manera:
 - I) Cilindro re-respiratorio: Aquí el usuario luego de inhalar el oxígeno, exhala en una bolsa que contiene cierto químico que inhibe el CO₂, permitiendo que el oxígeno sobrante se reutilice. Se constituye de cilindro de oxígeno, pieza facial, bolsa, así como válvulas de regulación.
 - II) Autogenerador: Similar al re-respiratorio, con la diferencia de que no tiene válvulas ni cilindro. Aquí se tiene una sustancia química que genera oxígeno al reaccionar con el aire y la humedad.



Ilustración 53. Respiradores de filtro mecánico y químico.

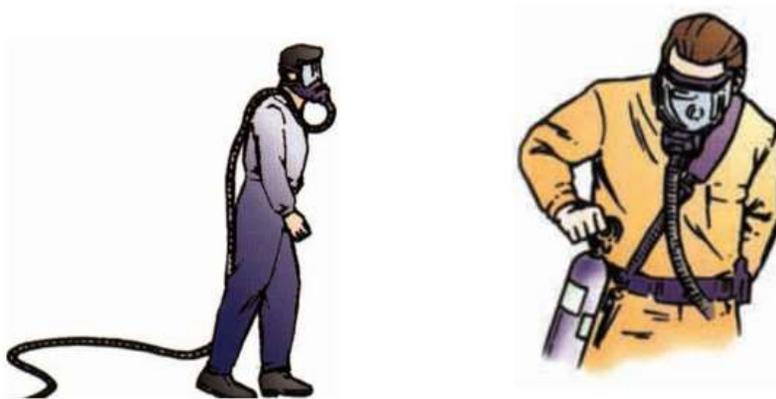


Ilustración 54. Respiradores con línea de suministro.



Ilustración 55. Respirador autónomo.

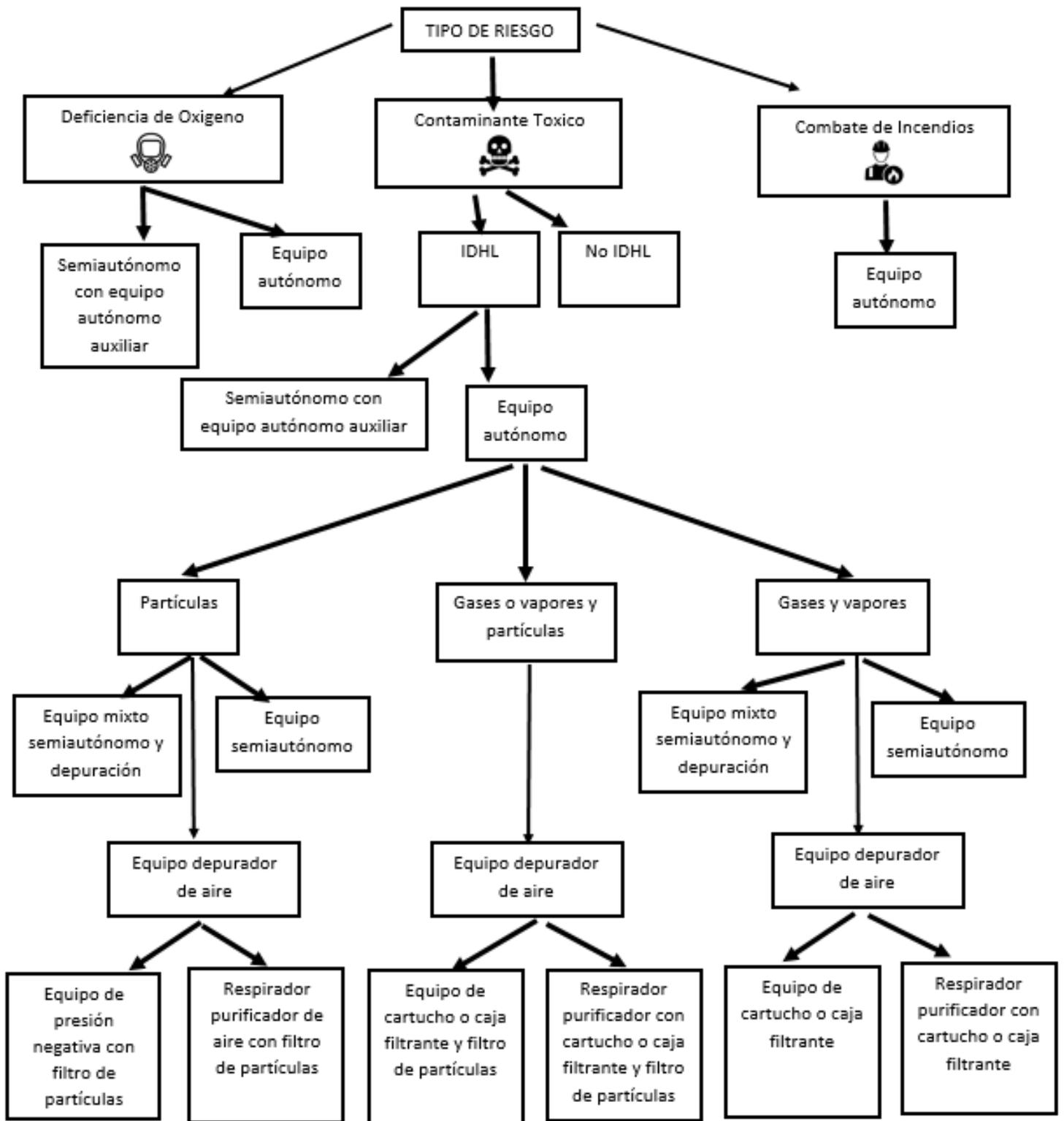


Ilustración 56. Diagrama para la selección de EPP. respiratorio.

5.2 Ropa protectora

Para muchas actividades desarrolladas en la industria el uso de protección corporal es indispensables. Generalmente la protección corporal se ha enfocado en tres principales tipos de riesgos:

- a) Protección contra riesgos físicos: Derivados de vibraciones, radiaciones, golpes, impactos, condiciones térmicas extremas.
- b) Protección contra riesgos químicos: Derivado de la interacción con diversas sustancias, toxinas, corrosivos, alérgenos, etc.
- c) Protección contra riesgos biológicos: Derivado de agentes patógenos para la salud, o para el medio ambiente y otros organismos.

Por lo tanto el uso de ropa especial es necesaria para el aseguramiento de la integridad del trabajador. El tipo de ropa, así como su material, dependerá del tipo de riesgo a considerar, así como el nivel de exposición.

5.2.1 Protección contra riesgos físicos.

La indumentaria a utilizar tiene que proteger al trabajador de impactos por objetos, así como de vibraciones; y de condiciones de alta o baja temperatura. Los atributos de la indumentaria se encuentran en relación directa con el grado de aislamiento que provean al cuerpo de trabajador, así como de su resistencia a condiciones específicas (tales como resistencia a chispas, llamas, radiaciones)

Riesgos físicos y protección		
Riesgo	Característica	Materiales comunes
Condiciones térmicas	Debe presentar un aislamiento completo	Algodón grueso, tejidos naturales
Fuego	Debe mantener aislado al usuario, así como ser resistente a las llamas	Tejidos aluminizados, nylon, lana de vidrio
Abrasión mecánica	Resistente a la abrasión y a la tensión	Cuero, tejidos gruesos
Cortes y perforaciones	Resistencia al corte	Mallas metálicas, fibras de poliamida

Tabla 44. Riesgos físicos y protección de ropa de seguridad.

Protección contra riesgos físicos-Delantales	
Riesgo	Material
Riesgos químicos	Neopreno, caucho, látex, vinilo
Superficies ásperas, fricciones, chispas	Cuero pesado, caucho
Calor o radiaciones	Tejidos aluminizados, lana de vidrio, nylon
Superficies abrasivas o filosas	Algodón, kevlar
Instrumentos y superficies filosos	Mallas de metal, kevlar

Tabla 45. Delantales de protección.

5.2.2 Protección contra riesgos químicos.

Esta indumentaria provee una barrera entre sustancias peligrosas y el trabajador. Muchas sustancias presentan más de un tipo de riesgo, algunas pueden ser tóxicas e inflamables al mismo tiempo, tal como es el caso del benceno. Para elegir la mejor protección ante este tipo de riesgos es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) El efecto de toxicidad del compuesto en relación con la exposición
- b) Las posibles vías de entrada al cuerpo
- c) El potencial de la exposición en relación del trabajo a realizar

La resistencia química de la indumentaria deberá ser óptima para evitar la penetración de compuestos peligrosos. La permeación, que no es otra cosa que la difusión de moléculas de la sustancia a través de la barrera protectora, deberá ser un parámetro a tomar en cuenta al momento de elegir el material. El tiempo de permeación es el intervalo transcurrido entre el contacto de la sustancia con la barrera y su detección en la parte interna de la barrera. Otros factores como la degradación del material o la penetración deberán ser considerados con igual importancia.

Los materiales de la ropa para riesgos químicos deberán ser específicos para la sustancia de la cual buscan proteger al usuario. Diversas normativas establecen el tipo de protección que un traje ofrece con un número que indica los riesgos ante los que actúa.

Entre dichas clasificaciones podemos encontrar la división III EN340, aplicable en Europa, y adoptada por diversos fabricantes.

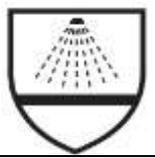
Trajes de protección (clasificación III EN340) 	
<p>Traje tipo 1</p> 	<p>Son herméticos a productos gaseosos, cubren todo el cuerpo, incluyendo guantes, botas y equipo respiratorio. Se subdividen en:</p> <p>1.a) con protección respiratoria dentro del traje 1.b) con el equipo de protección respiratoria fuera del traje 1.c) conectados a una línea de suministro</p>
<p>Traje tipo 2</p> 	<p>Similares a 1.c pero sin costuras estancas. Están contruidos con materiales no transpirables y resistentes a la permeación</p>
<p>Traje tipo 3</p> 	<p>Herméticos, ofrecen protección a líquidos presurizados. Están hechos de materiales no transpirables y resistentes a la permeación</p>
<p>Traje tipo 4</p> 	<p>Herméticos, ofrecen protección a sustancias en forma de spray, están hechos de materiales transpirables o no, pero deben tener resistencia a la permeacion</p>
<p>Traje tipo 5</p> 	<p>Herméticos, ofrecen protección a sustancias en forma de partículas. Están hechos de materiales transpirables, su nivel de protección se mide con base a la penetración de partículas solidas</p>
<p>Traje tipo 6</p> 	<p>Protección limitada contra salpicaduras químicas. Están hechos de materiales transpirables, su resistencia se mide con base a la penetración del liquido</p>

Tabla 46. Ttrajes de protección. Clasificación III EN340



Ilustración 57. Vestimenta de protección laboral.

5.2.3 Protección contra riesgos biológicos

Supone la protección contra agentes patógenos y perjudiciales para la salud humana. EL requerimiento básico de protección es la hermeticidad, inhibiendo así toda vía de entrada al organismo: respiratoria, cutánea, ocular, oral.

5.3 Protección de extremidades

5.3.1 Guantes

Dependiendo el contexto de riesgo, el tipo de guantes a usar determinara en buena medida el nivel de protección para manos y antebrazos del usuario. Son muchos los riesgos que involucran a las manos, riesgos que van desde quemaduras y cortes hasta riesgos por impacto o electricidad.

Son muchos los materiales en que pueden fabricarse los guantes, inhibiendo así cierto tipo de riesgos, y evitando lesiones características de una u otra actividad. Entre los materiales más comunes podemos encontrar:

- a) Cuero o algodón: para evitar lesiones mínimas
- b) Malla metálica: para evitar cortes por punzocortantes
- c) Goma, neopreno, PVC: al trabajar con sustancias químicas
- d) Materiales dieléctricos: al trabajar con electricidad
- e) De tela aluminizada: al trabajar en ambientes de altas temperaturas

Tipos de guantes y riesgo asociado		
		
Material	Riesgo	Lesiones
Caucho, cuero al cromo, caucho sintético	Bajas temperaturas	Quemaduras
Cuero al cromo, tejido aluminizado, nylon, lana de vidrio	Calor	Quemaduras
Cuero al cromo, cloruro de polivinilo, caucho, kevlar	Punción y corte	Corte, abrasión, perforación
Mallas de metal , kevlar, cuero al cromo, caucho	Abrasión	Corte, abrasión
Neopreno, caucho, vinilo,	Riesgos químicos o biológicos	Quemaduras, infección, contaminación.
Caucho, materiales dieléctricos	Riesgos eléctricos	Quemaduras, electrocución

Tabla 47. Guantes.

5.3.2 Calzado

La protección de las extremidades inferiores debe hacerse contra lesiones que puedan generarse del impacto de objetos. La mayoría de los accidentes deriva de la caída de componentes sobre los pies, causando contusiones y fracturas. Además del impacto la protección debe hacerse contra cortadura, quemaduras, sustancias químicas corrosivas, contra penetración de líquidos, conducción de electricidad; así como contra caídas y resbalones. La composición de cada modelo es amplia, sin embargo y de manera general, el calzado de protección se compone de:

- a) Punta o casquillo: es la protección ubicada en la punta del zapato. Construida comúnmente de metal, protege los dedos de caídas e impactos.

- b) Suela: Generalmente de goma o PVC, hecha para evitar caídas y tener buena adherencia al suelo. En algunos casos presenta características aislantes o dieléctricas; así como las pertinentes para la electricidad estática
- c) Caparazón: Generalmente de cuero grueso, resistente al impacto y rasgadura; insoluble al ácido o solventes; aislante eléctrico.

La clasificación del calzado se hará en función de sus requisitos, siendo así que se tiene calzado de tipo: calzado de trabajo, calzado de seguridad, calzado de protección.

- I) Calzado de Trabajo: Es aquel que incorpora elementos que inhiben riesgos que puedan presentarse en el trabajo. No garantiza protección contra impactos de objetos o compresión en la punta.
- II) Calzado de Seguridad: incorpora elementos que inhiben riesgos que puedan presentarse en el trabajo, además de brindar protección contra impacto o compresión en la punta. La protección la ofrece con una energía de impacto de 200J y la compresión con 15kN.
- III) Calzado de protección: incorpora elementos que inhiben riesgos que puedan presentarse en el trabajo, además de brindar protección contra impacto o compresión en la punta. La protección la ofrece con una energía de impacto de 100J y la compresión con 10kN.

Por otro lado, se hace una clasificación en función del material empleado en la construcción del calzado:

- a) Calzado tipo I: Fabricado en cuero y otros materiales, excluidos calzado exclusivos en caucho o polímeros.
- b) Calzado tipo II: Todo de caucho o polimérico.

Dependiendo del riesgo, se utilizara uno u otro calzado. Se tendrá en cuenta el cumplimiento de requerimientos básicos para cada modelo, requerimientos que toman en cuenta parámetros tales como: Resistencia de uniones; protección en puntas; estanqueidad; ergonomía; forro; empeine; lengüeta; suela.

Como requerimientos adicionales se toma en cuenta: Resistencia a la perforación; propiedades eléctricas; resistencia a ambientes hostiles; absorción de energía; penetración y absorción de líquidos; resistencia al calor por contacto; resistencia a hidrocarburos; resistencia al corte.

De lo anterior, así como de la clasificación del calzado, se puede generar la siguiente tabla:

Clasificación 	Categorías		
	Calzado de seguridad (SB)	Calzado de protección (PB)	Calzado de trabajo (OB)
I	SB Solo requisitos básicos	PB Solo requisitos básicos	OB Requisitos básicos más algún requisito adicional
	SI Talón cerrado, antiestático, absorción de energía del tacón	PI Talón cerrado, antiestático, absorción de energía del tacón	OI Talón cerrado, antiestático, absorción de energía del tacón
	S2 SI+ penetración y absorción de agua	P2 PI+ penetración y absorción de agua	O2 OI+ penetración y absorción de agua
	S3 S2+resistencia a la perforación y suela con resaltes	P3 P2+ resistencia a la perforación y suela con resaltes	O3 O2+ resistencia a la perforación y suela con resaltes
II	S4 Antiestático, absorción de energía del tacón	P4 Antiestático, absorción de energía del tacón	O4 Antiestático, absorción de energía del tacón
	S5 Resistencia a la perforación, suela con resaltes	P5 Resistencia a la perforación, suela con resaltes	O5 Resistencia a la perforación, suela con resaltes
Para la clasificación eléctrica: a) Clase 00: Para instalaciones de tensión de 500V C.A o 750 V C.C b) Clase 0: para 1000 V C.A. o 1500 V C.C.			

Tabla 48. Clasificación de calzado de seguridad. NTP 813.INSHT

VI.CAPITULO SEXTO

6. Los Equipos de rescate

Aun después del máximo aseguramiento de las condiciones en el espacio confinado, la ocurrencia de cualquier tipo de evento no deseado, está presente. Por lo anterior es necesario implementar un plan de rescate que salvaguarde la integridad del personal. En dicho plan, uno de los puntos más importantes es el equipo de rescate.

Entre los elementos básicos para un rescate se encuentran.

- I) Soga de seguridad, arnés, trípode, poleas
- II) Linternas de mano, casco, radios de comunicación
- III) Equipo de respiración autónomo
- IV) Ropa de protección y los elementos necesarios en caso de requerirse

Dependiendo del tipo de espacio, así como la naturaleza del rescate, es que se hará uso de ciertos elementos del equipo. Básicamente existen dos maneras de rescate de personal de un espacio confinado: el rescate sin ingreso y el rescate con ingreso.

- I) Rescate sin ingreso: Es la práctica preferente en caso de requerirse un rescate. Esta operación se realiza mediante un equipo de extracción que recupera al personal, sin la necesidad de ingreso de alguien más. En este caso, el sistema de recuperación debe estar listo en cualquier momento.
- II) Rescate con ingreso: Es la práctica de rescate donde personal rescatista tiene que entrar al espacio para poder evacuar al personal dentro. Para el ingreso el riesgo debe ser minimizado para no aumentar el personal afectado. Por otra parte, el personal rescatista deberá estar debidamente entrenado para no crear condiciones de riesgo y aumentar el peligro.

6.1 Sistemas de recuperación

Son dispositivos diseñados para soportar cargas, lo cual los hace aptos para su uso como medio de extracción de personal en espacios confinados. Estos sistemas son ligeros, portátiles, para uso industrial o de rescate. A grandes rasgos se conforman de una estructura triangular con anillos conectores. Los soportes de las piernas de sus tres vértices pueden aumentar o disminuir la altura del sistema en sí, acoplándolo a las necesidades del rescate.

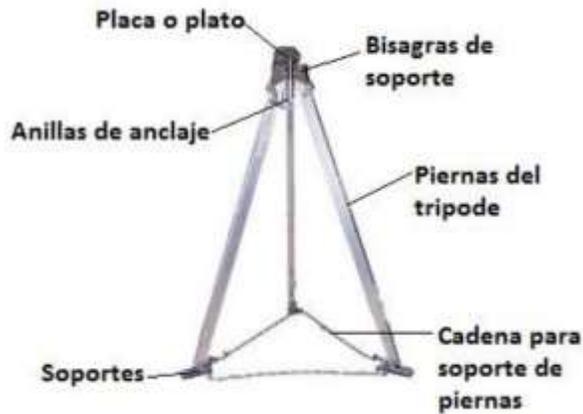


Ilustración 58. Trípode de rescate.

Características del trípode:

- a) Las piernas del trípode deben conectarse al soporte por medio de una cadena que sirva de respaldo, esto en caso de movimientos de tracción o retracción del soporte. Además mantiene la equidistancia entre las piernas del trípode.
- b) De ser necesario habrá de anclarse los soportes, esto derivado de tracciones laterales que puedan derribar el soporte, o afectar su estabilidad.
- c) Los trípodes funcionan según la altura y área de sustentación, por lo cual el ajuste correcto determinara la mejor carga a soportar.

Para el caso de rescate en espacios confinados, los sistemas de extracción son colocados a la entrada del recinto, configurando el trípode, con soportes, poleas, cuerdas, y todo el equipo necesario. Las configuraciones de poleas habrán de hacerse de manera que se tenga la mejor ventaja mecánica en función de la carga a soportar. El sistema de rescate con cuerda se integrara mediante un sistema de anclaje adecuado, en este sistema se incluyen elementos como: cuerdas de seguridad, arnés de seguridad, tipo de anclaje, así como accesorios extras.

Dispositivo de anclaje: Equipo cuya resistencia está garantizada para detener una caída. El conector se hará en algún punto de anclaje. Este elemento es importante, ya que muchos espacios confinados también requieren protección antiácida.

Arnés anticaídas: Es el dispositivo encargado de repartir los esfuerzos de freno o levantamiento sobre el cuerpo.

Conexiones: conecta al usuario al punto de anclaje, además delimitar los esfuerzos de freno debido a su amortiguador.

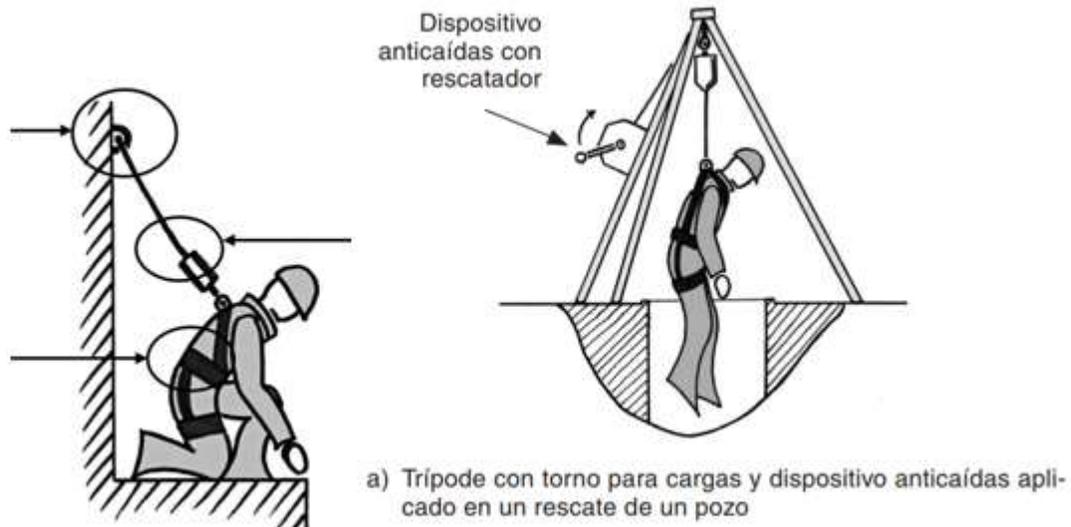


Ilustración 59. Uso de trípode durante un rescate.

Entre las características del sistema podemos encontrar:

- a) Los sistemas funcionan en ambos sentidos, tienen tres componentes principales:
 - I) El sistema de poleas (ventaja mecánica) colocado en en lo anclajes de la placa central del trípode
 - II) La línea de vida que se coloca en los anclajes laterales del trípode
 - III) La línea de vida del rescatador (en caso de ingreso)
- b) Los sistemas se establecen para ciertos límites de carga
- c) Las cuerdas deben estar bien distribuidas para no enredarse

Elementos del sistema:

- I) Arnes: Para caídas, o extracción. Existen diversos tipos de arneses, dependiendo del tipo de anclaje: espalda, homoplatos, etc.
- II) Mosquetones: Son piezas en forma de C, incluyendo una pestaña que complementa el anillo, las pestaña tiene una bisagra que cierra el elemento. Adicionalmente puede haber mosquetones con seguro, similares a los primeros, solo que con un dispositivo que evita aperturas accidentales de la pestaña.
- III) Maillones: Son anillos de metal, poseen un cierre por enroscado de aro. Se diferencian de los mosquetones en la ausencia de bisagras.

- IV) Cabo de anclaje: es aquel componente que permite sujetarse de un punto de anclaje a una línea de vida o a estructuras.
- V) Descensores: Son equipos que permiten descender por una línea a lugares inaccesibles

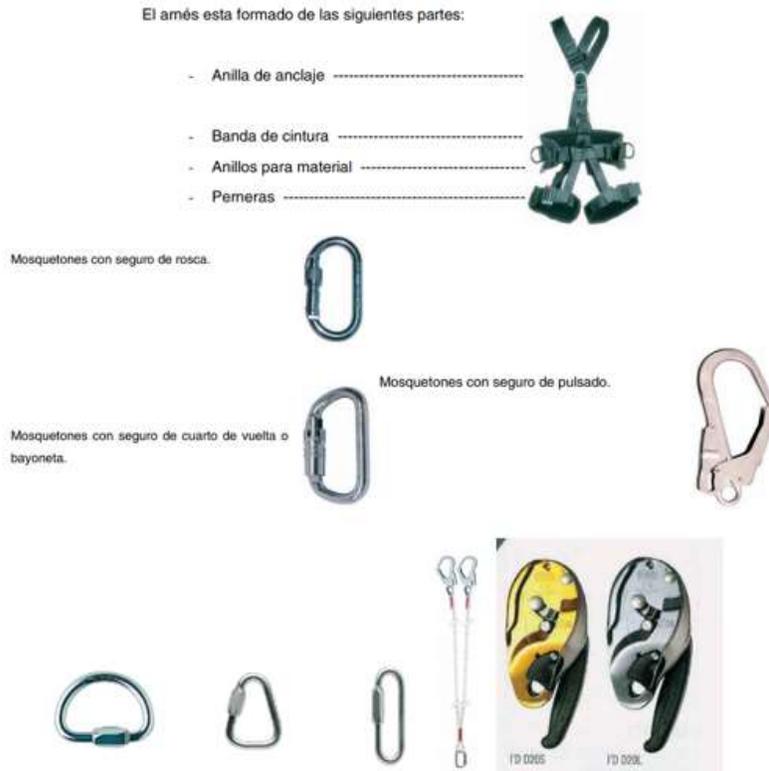


Ilustración 60. Aditamentos del equipo de rescate.

Todo equipo de rescate deberá ser manipulado por personal adiestrado para el rescate. Por ello parte importante dentro del programa de ingreso a espacios confinados recae en la correcta capacitación.

Adicionalmente, y en caso de ingreso, deberá sumarse el EPP necesario para un ingreso a rescate. El tipo de EPP se hará en función del riesgo presente en el ambiente, así como del contexto de rescate.

El equipo de rescate deberá mantener comunicación en todo momento con el personal vigía, a fin de inhibir cualquier nueva anomalía durante el descenso.

VII.CAPITULO SÉPTIMO

7. El procedimiento de entrada a espacios confinados y los permisos para entrar

Montar un procedimiento de trabajo para la entrada a espacios confinados supone un documento que dictamine la secuencia de actividades a seguir para la administración de la integridad del personal involucrado en tareas realizadas en espacios confinados. En dicho procedimiento debe exponerse la información necesaria para administrar eficientemente los espacios confinados; identificando y evaluando los riesgos para el establecimiento de condiciones adecuadas de entrada, así como la respuesta a emergencias. Siendo importante la documentación para fines de inspección, verificación, o evaluación de la conformidad a futuro.

Previo a la entrada deberá diseñarse un plan de trabajo que constituya la secuencia de actividades a realizar para el aseguramiento de la integridad del personal. La decisión de entrada al espacio deberá hacerse inhibiendo la mayor cantidad de riesgos posibles, tomando en cuenta que de ser posible, se realice el trabajo desde el exterior. El procedimiento de entrada, además de incluir todos los controles de ingeniería para la gestión del riesgo, deberá contar con las solicitudes administrativas para que un trabajador pueda ingresar. La normatividad mexicana en la NOM-033-STPS-2015 estipula los requerimientos administrativos para poder realizar trabajos en espacios confinados, refiriendo a documentos de tipo:

- a) Procedimientos de seguridad: Aquí se incluye los puntos mínimos a cubrir para asegurar las practicas seguras en los rubros de: las actividades a desarrollar, el uso de equipos y herramientas, el muestro de atmosferas peligrosas.
- b) Plan de trabajo: Se refiere al lineamiento a seguir para las actividades a desarrollar
- c) Los permisos requeridos: Refiere a la documentación necesaria para entrar al espacio, así como la adicional para actividades que requieran permiso por escrito

Dicha documentación deberá estar dispuesta de modo que sea entendible por todo el personal involucrado, así como de estar en un lugar al alcance de todos. De manera general, puede establecerse la secuencia siguiente para el procedimiento de ingreso a un espacio confinado.



Ilustración 61. Procedimiento de entrada a EC.


<p>Requerimientos mínimos del procedimiento de entrada</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos del espacio confinados • Trabajos a realizar • Medidas de prevención y protección • Registro de evidencia de las medidas implementadas • Medidas preventivas durante la estancia en el espacio • Equipos de trabajo y herramientas a usar • Equipo de protección personal • Medios de vigilancia y comunicación con el exterior • Instrucciones de maniobras dentro del espacio • Registro de la calificación del personal involucrado en las tareas • Medios de rescate • Planificación de respuesta a emergencia • Registro de cumplimiento para evidencia • Documentación requerida para los trabajos

Ilustración 62. Requerimientos mínimos para entrada a EC.

7.1 adquisición de información

Una vez conformado un grupo de personas responsables del desarrollo de las actividades, la adquisición de la mayor cantidad de información sobre el espacio habrá de hacerse en los términos que la normatividad requiera, así como de las adecuaciones para el contexto en que se esté trabajando. Como primer paso se procederá a la identificación del espacio en el centro del trabajo; asimismo se identificara el tipo de espacio y con ello las especificaciones aplicables al mismo. Documentos como la norma 29CFR.1910.146 de la OSHA, proveen un esquema que sirve de guía para la identificación de espacios confinados en los centros de trabajo. Esta guía es una herramienta que permite saber en qué parte del procedimiento debe detenerse el ingreso al no cumplirse con las condiciones de seguridad (inhibición de riesgos, equipos de rescate, personal, etc.); además, dicha guía sirve como ejemplo para la coordinación de un ingreso seguro, tanto para personal de la empresa, como para personal contratista.

Para la identificación de espacios confinados se deberá:

- 1) Realizar un recorrido de inspección por el centro de trabajo, buscando lugares clasificados como EC.
- 2) Identificar dichos lugares en un plano de las instalaciones, rotulando cada espacio con un distintivo.
- 3) Caracterizar el lugar: dimensiones, accesos, salidas, uso, etc.
- 4) Verificar la existencia de sustancias dentro del espacio, esto con el fin de tomar las medidas pertinentes según sea el contexto.
- 5) Realizar la documentación necesaria para evidenciar el análisis del lugar.

La inspección ha de realizarse por personal involucrado y con conocimientos sobre las tareas a realizar: personal de seguridad e higiene, personal de mantenimiento, personal de proyectos, operadores, contratistas.

La emisión de un documento que contenga las características del lugar, puede darse en un formato en el que por medio de preguntas rápidas, se pueda identificar el espacio confinado; una vez identificado, otra serie de preguntas habrá de discernir si el espacio requiere permiso o no; o si es de tipo I o tipo II, según la clasificación de la normativa mexicana.

Nombre de la empresa	Fecha:		
	Elaboró:		
	Departamento:		
FORMATO DE IDENTIFICACIÓN DE ESPACIOS CONFINADOS			
No. De E.C.		Nombre del espacio confinado	
Ubicación			
Fecha:			
Elaboró:			
I. Espacio confinado			
Preguntas	si	no	comentarios
¿El espacio es lo suficientemente grande y está configurado para ser ocupado por una persona en posición de cuerpo entero?			
¿Tiene entradas y salidas limitadas?			
¿Está diseñado para ser utilizado de manera continua?			
*Si alguna respuesta fue si, pasar a la sección II			
II. Espacio confinado/ permiso requerido			
Preguntas	si	no	comentarios
¿Contiene o puede contener atmosferas peligrosas?			
¿Contiene algún material capaz de engullir al personal?			
¿Contiene algún riesgo serio para la salud y/o integridad del personal?			
*Si alguna respuesta fue si, el espacio requiere permiso			

Tabla 49.Formato de identificación de EC.

7.2 análisis de riesgos

El análisis de riesgos, como elemento fundamental en la toma de decisiones, habrá de hacerse en la manera en que se identifique la mayor cantidad de riesgos posible, para posteriormente tomar las medidas para su inhibición y aplicación del procedimiento de trabajo. El método de evaluación habrá de proporcionar certeza sobre la identificación y cuantificación de los riesgos, podrá hacerse una evaluación inicial o periódica, revisándose cada que las condiciones de trabajo sean modificadas.

EL análisis deberá llevar la documentación necesaria, identificando cada parte del proceso y sus componentes. Son diversos los factores a tomar en cuenta para la evaluación del riesgo, desde la configuración del espacio y sus riesgos inherentes, hasta la introducción de riesgos por medio de las actividades, así como los peligros potenciales derivados de los procesos de trabajo. Con la información necesaria, y el nivel de exposición de los trabajadores, se puede conocer la probabilidad de manifestación del peligro, y teniendo en cuenta las probables consecuencias, puede evaluarse la gravedad del riesgo. Dependiendo del tipo de riesgo, una u otra metodología será más conveniente, además de darse el caso que para cierto contexto exista una normatividad o legislación concreta.

El análisis de riesgos comienza con la identificación de los parámetros que representan un riesgo, la lista exhaustiva o no, ya depende del sitio en cuestión. Posteriormente para cada riesgo habrá de hacerse la estimación de la severidad del daño, así como sus consecuencias, esquemáticamente esto puede representarse a través de una matriz de riesgo, esquema con el que se valora cada riesgo en función de sus daños y la probabilidad de que ocurran.

Grado de Clasificación del Riesgo		Consecuencias		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad	Baja	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	Media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	Alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Ilustración 63. Matriz de riesgos.

Para cada nivel de riesgo habrá de tomarse decisiones para la mejora de acciones que inhiban los riesgos, así como las medidas correctoras pertinentes. Un informe de evaluación de riesgos habrá de redactarse como medida de control de las acciones tomadas para un trabajo de riesgo, la estructura del informe es particular de cada análisis de riesgos, aunque si debe llevar una estructura que cubra puntos básicos: puesto de trabajo, factores de riesgo, trabajadores involucrados, valoración de riesgos, metodología empleada, propuestas correctoras, acciones preventivas, etc. Por último, las decisiones del plan de trabajo habrán de implementarse con base en el análisis de riesgo.

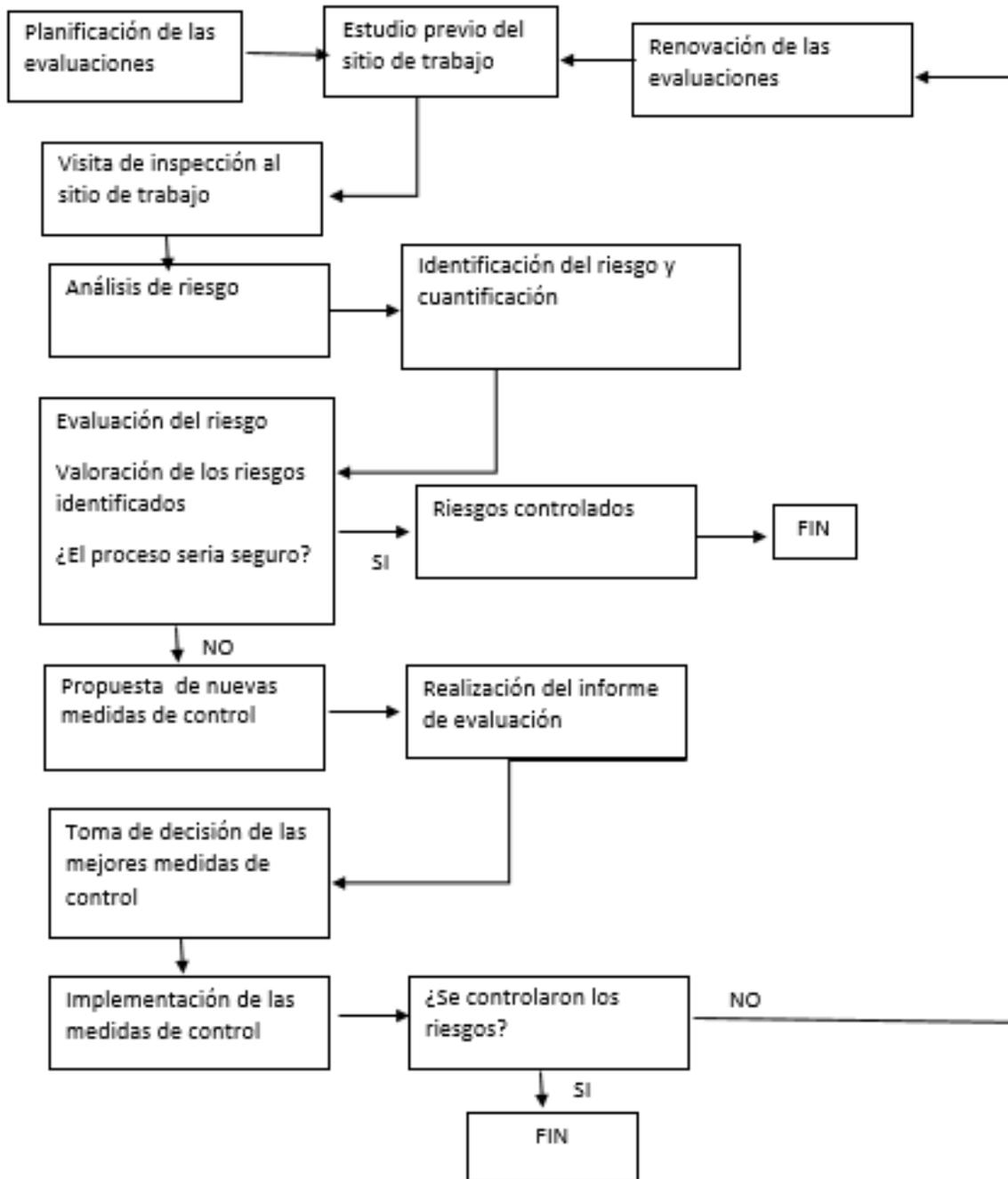


Ilustración 64. Diagrama para análisis de riesgos.

Nombre de la empresa		Fecha:					
		Elaboró:					
		Departamento:					
ANALISIS DE RIESGOS PARA ESPACIOS CONFINADOS							
Tareas a realizar:							
I. Identificación de riesgos							
Fuentes de energía/ riesgos	Riesgos	Riesgos	Riesgos	Comentarios			
	Inherentes	Adyacentes	Introducidos				
Mecánica							
Eléctrica							
Neumática / hidráulica							
Químico							
Ruido > 85 dB							
Condiciones térmicas							
Caída de objetos							
Riesgos biológicos							
otros							
II. Atmosferas peligrosas			III. Ventilación		Si	No	
Oxígeno				Monitoreo antes del ingreso			
LIE				Monitoreo continuo			
CO2				Ventilación			
H2S				Ventilación continua			
Otros				Otros			
IV. EPP y permisos de trabajo							
EPP	Tipo	Rescate	Tipo	Permiso a tramitar			
Equipo de respiración		Arnés completo		tipo	Si	No	comentarios
Protección facial		Línea de vida		Trabajo de altura			
Protección ocular		Arnés de muñecas		Trabajo en caliente			
Guantes		Trípode		Bloqueo de líneas			
Calzado		Sistema de recuperación		Otros			
Overol		SCBA					

Tabla 50. Análisis de riesgos para EC.

7.3 Planificación de las medidas de prevención y atención a emergencias

Aunque la toma de decisiones con base en el análisis de riesgos suponga el aseguramiento del personal, no debe descartarse la ocurrencia de accidentes dentro del espacio confinado, razón por la cual, toda decisión debe estar complementada con un plan de emergencia. La planificación deberá hacerse con todo el personal involucrado, de manera que cada uno sepa la manera de actuar frente a una emergencia. Los planes de emergencia y rescate, además de venir estipulados dentro de la normatividad de trabajos riesgosos, deben ser una de las políticas de seguridad por parte de la empresa.

La organización del plan de rescate habrá de hacerse con los datos disponibles de la clasificación del espacio, así como de las contingencias que puedan generarse. Las maniobras de rescate se harán a manera de disminuir los riesgos inherentes al rescate, siendo dos los tipos de rescate: con ingreso o sin ingreso. Además de la gestión técnica y administrativa del rescate, debe tomarse en cuenta el elemento médico y de primeros auxilios.

7.4 Elaboración y aprobación de la documentación

Una vez terminada la planificación, se procederá a elaborar la documentación necesaria para su ejecución. La documentación necesaria puede variar de un contexto a otro, pero de manera general se requiere:

- a) Procedimientos de seguridad.
- b) Plan de trabajo, plan de emergencias.
- c) Los permisos requeridos:

Es importante tener en orden y forma la documentación necesaria, ya que parte de la evaluación de la conformidad se sirve de inspección documental. Los permisos de trabajo habrán de elaborarse cubriendo las disposiciones mínimas de las NOM-033-STPS-2015, y de ser necesario, adicionar los elementos característicos del tipo de trabajo.

El siguiente formato es un ejemplo de un permiso de trabajo para espacios confinados:

Nombre de la empresa		Fecha					
		Elaboró:					
		Departamento:					
Permiso de entrada a espacios confinados							
Descripción del trabajo:		Fecha:					
		Lugar y tipo de EC:					
		Hora de inicio:					
		Duración:					
Antecedentes:		Condiciones del lugar/ equipo a intervenir					
		Fluido/sustancias					
		Presión:					
		Temperatura:					
Revisión inicial de la atmosfera			Aislamiento y ventilación				
Tiempo:		Bombas o líneas cegadas		N/A	SI	NO	
Oxígeno:%		Desconectadas o bloqueadas		()	()	()	
Explosividad: %LIE		Ventilación natural		()	()	()	
Toxicidad: ppm		Mecánica		()	()	()	
Firma del responsable							
Definición de riesgo interior		N/A	SI	NO	Muestreo atmosférico después del aislamiento y la ventilación		
¿Requiere verificación de toxicidad?		()	()	()	Oxígeno	% >19.5%	
¿Requiere verificación de temperatura?		()	()	()	Explosividad:	% L.I.E. <10%	
¿Puede tornarse en ATEX?		()	()	()	Toxicidad:	ppm <10%	
¿Requiere permisos de trabajo adicionales?		()	()	()	Tiempo:		
¿Requiere equipo especializado?					Firma del muestreador:		
Procedimiento de rescate				¿El personal ha recibido el entrenamiento adecuado?		SI	NO
				¿Está vigente?		()	()
Equipo de protección		N/A		SI	NO		
Detector de gases de lectura directa		()		()	()		
Arnés de seguridad, línea de vida para entrante y vigía		()		()	()		
Equipo de izaje		()		()	()		
Equipo de comunicación		()		()	()		
Equipo de respiración autónomo		()		()	()		
Ropa de protección		()		()	()		
Equipo antiexplosión		()		()	()		
Equipo de protección especial		()		()	()		
Equipo de ventilación forzada		()		()	()		
Equipo contra ruido, vibraciones, radiaciones		()		()	()		
Monitoreo continuo de atmosfera							
%LIE		% Oxígeno		Ppm Toxicidad		Hora	
%LIE		% Oxígeno		Ppm Toxicidad		Hora	

%LIE		% Oxigeno		Ppm Toxicidad		Hora		
%LIE		% Oxigeno		Ppm Toxicidad		Hora		
%LIE		% Oxigeno		Ppm Toxicidad		Hora		
Equipo de monitoreo		Instrumentos usados		Tipo/modelo		Número de serie		
Observaciones:				Firma del responsable				
Verificación previa a la entrada						N/A	SI	NO
¿El equipo fue depresionado y puesto fuera de operación?						()	()	()
¿El equipo fue lavado?						()	()	()
¿Se aislaron las purgas al drenaje y venteo?						()	()	()
¿Se colocaron las señalizaciones necesarias?						()	()	()
¿Se efectuaron todas las pruebas de atmosfera requeridas?						()	()	()
¿Se instaló ventilación forzada?						()	()	()
¿Existe correcta comunicación con el exterior?						()	()	()
¿Se efectúan trabajos que requieran permisos adicionales?						()	()	()
Observaciones:				Firma del responsable				
Número de personas autorizadas:			Responsable de área	Responsable de trabajo	Responsable de seguridad			
Tiempo de permanencia:								
Tipo de espacio confinado:			firma	firma	firma			
Hemos revisado el trabajo autorizado por este permiso así como la información contenida aquí. Las instrucciones escritas y los procedimientos de seguridad han sido recibidos y entendidos								
Responsable del trabajo:								
Persona que autoriza:								
Supervisor:								
Entrante (s):								
Vigía:								
Rescatista:								
Autorizó (responsable del área)								

Tabla 51. Permiso de entrada a espacios confinados.

7.5 Información a trabajadores

Como parte de la normatividad exige a los empleadores el ingreso y participación de empleados capacitados, toda la información del plan de entrada habrá de comunicarse a todo trabajador involucrado. Además de la información proporcionada, el empleador habrá de asegurarse de las condiciones: físicas, mentales y de capacitación que hagan apto al trabajador para realizar los trabajos. Los protocolos de inspección a empleados deberán cubrir aspectos que certifiquen la capacidad del trabajador: condiciones físicas, patologías crónicas, impedimentos psicológicos, estados biológicos incompatibles con las actividades, etc.

La formación de los trabajadores deberá ser suficiente, de manera que sus conocimientos sean compatibles con las actividades, así como con la respuesta a emergencias. La formación de trabajadores de empresa a empresa cambia, aunque de manera general, deben cumplir cuando menos aspectos como: Procedimientos de trabajo, respuestas a emergencias, conocimiento de primeros auxilios, manejo adecuado del equipo y herramienta, técnicas de comunicación, trabajos de riesgo, cumplimiento administrativo de permisos de trabajo, etc.

Además de la información y formación de los trabajadores, la retroalimentación y prácticas simuladas, son de gran ayuda para el buen funcionamiento del plan de trabajo.

Por último, se implementa el plan elaborado y debidamente justificado con la documentación aprobada. Ya con todos los elementos necesarios, se dispone a realizar el ingreso al espacio. En este punto todo control debe estar cumplido, siendo que el aseguramiento del lugar es óptimo, que los roles están debidamente distribuidos, y que la documentación esta lista. Comprobado todo lo anterior, solo queda ejecutar y dar seguimiento al plan, analizando las posibles mejoras y retroalimentaciones.

7.6 Implementación del procedimiento

Como paso previo a la ejecución del trabajo, y por ende al ingreso del trabajador, habrá de implementarse el plan acordado, de manera que el ingreso sea seguro. Una vez aprobados los requerimientos administrativos, el primer paso para el ingreso al sitio es la preparación de las zonas de trabajo. Los procedimientos de preparación tendrán fundamento en las autorizaciones de trabajo, así como en la planificación del mismo.

- 1) Señalización: La preparación del recinto comenzara con la señalización del lugar, haciéndola acorde a los requerimientos de la normatividad. La señalización debe ser dispuesta de manera objetiva y visible, cumpliendo con la función de delimitación del lugar y dejando claro el ingreso prohibido sin autorización.
- 2) Consignación: Refiere al bloqueo de toda fuente de energía: eléctrica, mecánica, eléctrica, cinética, neumática; con la finalidad de evitar problemas el ingreso. La consigna se realiza por medio de un candado, llave de cierre, interruptores, etc. La consigna deberá estar señalada a vista de todos.
- 3) Apertura Controlada: Supone la apertura gradual del recinto como medio de ventilación y acondicionamiento previo al ingreso.
- 4) Limpieza del recinto: Refiere al acondicionamiento de la zona adyacente a la boca del espacio, con la finalidad de anular elementos que pudiesen presentar riesgos a las actividades (principalmente caída de objetos al interior), además de tener el lugar despejado para la instalación de los sistemas de recuperación y rescate
- 5) Monitoreo de la atmosfera: Refiere a la evaluación específica de las condiciones de la atmosfera al ingreso. Las mediciones habrán de hacerse de acuerdo a la normatividad, así como en función de las técnicas estipuladas para monitoreo de atmosfera.
- 6) Control de la atmosfera: refiere a las medidas adoptadas para el control del riesgo atmosférico (inertización, sistemas de ventilación, purga, soplado)
- 7) Implementación de los EPP: Refiere al chequeo y disponibilidad de todo el equipo necesario según el análisis de riesgos. Además del armado de los sistemas de rescate y prevención de caídas, etc.
- 8) Comprobación de equipos: Es la parte de revisión previa a la entrada del correcto funcionamiento de cada elemento a utilizar.
- 9) Entrada: Es el momento en que cualquier parte del cuerpo traspasa el plano de acceso. En este punto todas las medidas de seguridad deben estar funcionando, asegurando que el ingreso es seguro. Adicionalmente, los equipos de emergencias así como los planes de rescate deben estar al pendiente de cualquier eventualidad.

Una vez hecho el ingreso se deberá estar en contante monitoreo y comunicación del personal ingresante, asegurando que las operaciones sean ejecutadas con éxito. Una vez terminadas las tareas, y terminados los procedimientos administrativos, se hará un plan de retroalimentación para la mejora de las practicas futuras.

Conclusiones

Desarrollar este trabajo ha significado un esfuerzo por dimensionar el alcance que las disposiciones normativas tienen en el ámbito laboral. Normar una actividad implica la convergencia de los métodos y procesos a un determinado esquema que facilite la asimilación de prácticas eficaces, mejorando las actividades, así como la competitividad de una industria. Conforme los procesos industriales crecen en orden y complejidad, sus riesgos asociados crecen en la misma proporción, siendo así que será necesario la emisión de normas para los nuevos contextos en que los procesos industriales se desarrollen. Podemos decir que la normatividad seguirá siendo un fenómeno emergente en los años venideros. No muy lejos, la reciente reforma energética en México ha creado instancias normativas para la industria petrolera; pues, siendo consciente del crecimiento en los procesos, el gobierno federal dispuso la creación de entidades como la ASEA, misma que continuamente emite normas que regulen los procesos asociados a la industria petrolera, siguiendo los dictámenes legales y técnicos dispuestos por el marco jurídico mexicano y en especial por la LFMyn. Además de las ventajas industriales y comerciales que las normativas traen consigo, el derecho laboral de los empleados exige una regulación que asegure la integridad de quienes hacen posible que el motor de la industria funcione. El énfasis en la normativa laboral de este trabajo busca resaltar la importancia del conocimiento normativo laboral que los ingenieros, como figura de autoridad y responsabilidad, deben poseer para asegurar el funcionamiento óptimo de los procesos industriales. Este trabajo eligió una norma de reciente creación como muestra de la tendencia creciente de la normativa, además de ser un conocimiento útil para la industria petrolera, misma que se sirve de un gran número de espacios confinados, distribuidos en las partes de: upstream, midstream y downstream. Por último, queda abierta la mejora a este documento, así como a la normativa misma, estaremos al pendiente de lo que suceda con la NOM-033-STPS-2015 durante su primera etapa de revisión, así como a los cambios o mejoras que puedan adicionarse para su mejor funcionamiento.

Conclusiones:

1.- La seguridad, como eje normativo, es un tema que seguirá en crecimiento conforme la industria crezca. Subsanan las lagunas normativas, así como mejorar las condiciones laborales, es un tema en que las empresas deben hacer especial hincapié; incluidos los profesionales que, en mayor o menor medida estén involucrados y puedan aportar soluciones a los riesgos a los que se exponen los trabajadores. En materia de normatividad laboral mexicana, tanto la STPS, como los comités consultivos, y todo grupo de personas involucrados en materia, hacen esfuerzos por desarrollar nuevas normas que cumplan con las directrices de buenas prácticas laborales, así como con los estándares de competitividad; recordemos que la NOM-033-STPS-2015 es una norma joven, creada a partir de la necesidad de una norma mexicana concreta en materia de espacios confinados, razón por la cual podrá ser mejorada en los años venideros.

2.- Los alcances de una correcta gestión de la normatividad representan múltiples beneficios a la cadena productiva; no solo en el hecho de evitar paros o tiempos muertos, sino en la cuestión de aumentar la confiabilidad y seriedad de una empresa, de proporcionar certeza a las personas que invierten parte de su vida en el desarrollo de actividades. Recordemos que el recurso más importante de una empresa no son los bienes materiales, sino el recurso humano.

3.- Servirse del conocimiento técnico adquirido en la formación ingenieril para la aplicación de la normatividad brinda grandes beneficios, tanto para el profesional, como para la competitividad de la industria. Debe notarse que la parte meramente pragmática de la normatividad requiere de sólidos conocimientos del medio: equipos, procesos, técnicas de adquisición e interpretación de datos, toma de decisiones, etc. El ingeniero, como elemento técnico, debe considerar un contexto integral en la operación de procesos; pues, además de los recursos materiales y técnicos, debe considerar la interacción humana, así como los procedimientos de aseguramiento. Lo anterior le brinda herramientas igual de importantes que las habilidades técnicas, siendo que en muchas ocasiones le servirá para evitar problemas legales o jurídicos; recordemos que en muchos permisos, es la firma del ingeniero la que dictamina las tareas a ejecutar.

4.- La comparativa de la normatividad nacional con la de instancias internacionales brinda una oportunidad de mejora en las prácticas laborales. No es de extrañarse que al no tener una normativa nacional concreta, muchas empresas siguen los lineamientos de instancias como la OSHA o el INSHT; o que generen sus propias normativas internas, como el caso de PEMEX y su procedimiento crítico para espacios confinados del año 2012.

5.- Los espacios confinados representan un reto en las industrias que se sirven de ellos para sus fines. Muchos procedimientos son realizados en recintos que fácilmente pueden convertirse en un grave peligro para los trabajadores. Seguir las recomendaciones normativas, así como emitir planes de trabajo eficientes, evitara catástrofes, y mejoraran la eficiencia de los procesos; así como la reducción de costos, recordemos que grandes cantidades de dinero son destinadas al pago de multas por no cumplir con la normatividad establecida, siendo un foco de pérdidas para las empresas, así como un área de oportunidad para los ingenieros.

6.- La opinión y experiencia de un ingeniero es primordial al momento de emitir o revisar una norma, siendo que los elementos técnicos son quienes están en contacto directo con los procesos industriales, además de conocerlos bastante bien como para ubicar los riesgos potenciales y las áreas de oportunidad.

7.- Contemplar la industria desde una perspectiva integral, confiere al ingeniero habilidades que mejoran su formación técnica y generan valor a la empresa donde labore. Son muchos los factores en los cuales una industria fija sus análisis de riesgos para la determinación de un proyecto, y la seguridad industrial no es la excepción.

Bibliografía

1. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el DOF el 1 de Julio de 1992. Última reforma: 14 julio de 1992.
2. NOM-033-STPS-2015, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en espacios confinados. Texto vigente 2015.
3. 29.CFR1910.146, “permit-required confined spaces”
4. Fire Smoke Coalition.2012. Smoke Atmospheric Monitoring: The Comprehensive Guide. Indianapolis, USA.
5. FLIR-Infrared Training Centre. 2009. Gas detection: The Professional Guide.
6. MSA.2007. Gas Detection Handbook, fifth edition. MSA Instrument Division. Pittsburg,USA.
7. Ted Pettit, Herb Linn, 1987, “A Guide to Safety in Confined Spaces”, National Institute for Occupational Safety and Health, .
8. Honeywell.2015. “El libro del gas”
9. MSA.2017. Soluciones en espacios confinados: tratado sobre peligros y equipo de protección personal. MSA México.
10. Dräger. Catálogo de Espacios Confinados. Dräger.
11. Dräger.2014.En el corazón de los sistemas de detección de gases estacionarios.
12. Dräger.2009.Introducción a los Sistemas de Detección de Gases.
13. Ramón Torra Piqué, 2012, “Detección fija de gas y fuego: Métodos, equipos de detección y controladores”, Seguritecnia.
14. Notifier/Honeywell.2011.Notas generales para la calibración, mantenimiento e instalación de los detectores de gas, manual de usuario.

15. Asepeyo. Instrumentos de medición y muestreo. Dirección de Seguridad e Higiene.
16. Pioli Anderson, Nobre Gouveia Jorge Luiz, Riberiro de Vasconcellos Agnaldo, "Equipos portátiles de detección"
17. Health and Safety Executive. 2006. Monitoring Strategies for toxic substances.
18. IAFF. Training for Hazardous Materials, module 6: Detection Devices.
19. OSHA. Air Monitoring.
20. 3M.2014.Prodctuos de protección personal, prendas de protección. España.
21. INSHT.2008.Calzado para protección individual: especificaciones, clasificación y marcado. Notas Técnicas de protección. España.
22. INSHT.2007.Ropa de protección: requisitos generales. Notas Técnicas 769. España.
23. INSHT.2012.Ropa de protección contra productos químicos. Notas Técnicas 929. España.
24. Mario Jaureguiberry, "Elementos de protección personal", Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
25. Herrick Robert F. "protección personal: herramientas y enfoques", Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el trabajo.
26. OSHA.2004.Personal Protective Equipment.
27. 3M. 2015. Guía para la selección de respiradores.
28. Drake Moyano jose Maria, 2005, "Instrumentación Electrónica de comunicaciones, tema I: Introducción a los sistemas de instrumentación", Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicación, Universidad de Cantabria.
29. PEMEX. 2012. PXR-PC-01-2012 Entrada segura a espacios confinados. Pemex Refinación. México.

30. PEMEX. 2008. 400-SCSIPA-PO-17 Procedimiento Operativo para el Trámite y Uso de los Permisos de Trabajo. Pemex Petroquímica. México.
31. PEMEX. Anexo B3 Procedimientos críticos que deben cumplir los contratistas y/o Proveedores dentro de las instalaciones de Pemex Petroquímica. Subdirección de Planeación, gerencia de Estudios y Proyectos, subdirección de ingeniería, complejo petroquímico la Cangrejera. México.
32. Basterretxea Altube Iñigo, 2015 “Trabajos en espacios confinados”, Instituto de Formación Práctica de Riesgos Laborales.