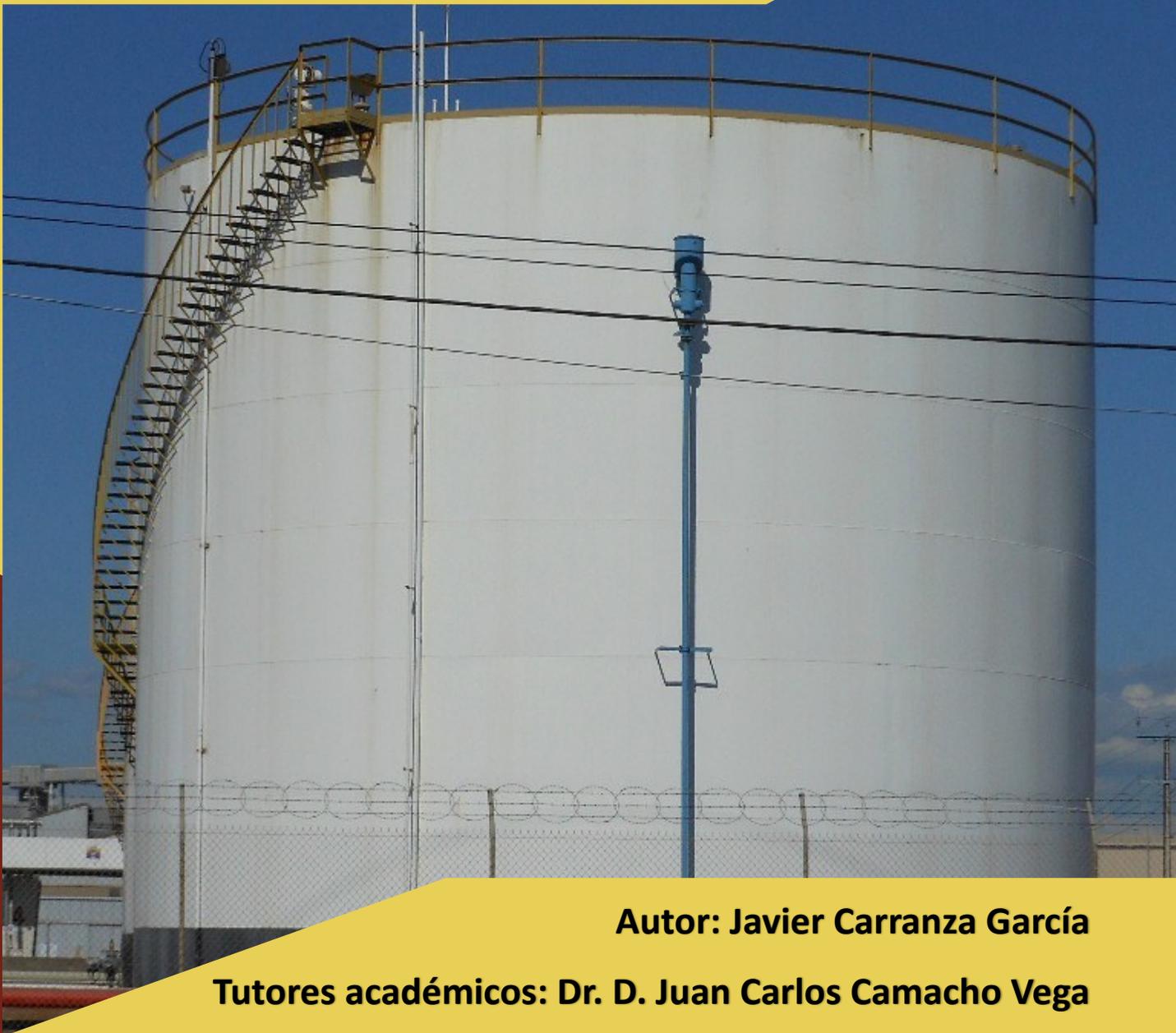


Trabajo Fin de Máster

Master Universitario en Seguridad Integral en Edificación

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España



Autor: Javier Carranza García

Tutores académicos: Dr. D. Juan Carlos Camacho Vega

Dr. D. Rafael Llácer Pantión

Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Edificación - Curso 2021-2022



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD INTEGRAL EN EDIFICACIÓN
CURSO 2021-2022



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Edificación

JAVIER CARRANZA GARCÍA

TUTORES

Dr. D. Juan Carlos Camacho Vega | Dr. D. Rafael Llácer Pantión



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD INTEGRAL DE LA EDIFICACIÓN
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN.
TRABAJO FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2021/2022.**

TÍTULO:

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España.

AUTOR:

D. Javier Carranza Garcia

TUTORES ACADÉMICOS:

Dr. D. Juan Carlos Camacho Vega

Dr. D. Rafael Llácer Pantión

RESUMEN:

En el marco de la prevención de riesgos laborales, las operaciones en recintos clasificados como confinados, presentan una actividad de alto riesgo para los trabajadores. Las estadísticas de accidentes corroboran la problemática que supone efectuar un ingreso en estos emplazamientos.

La finalidad de este trabajo es desarrollar una metodología procedimental, la cual posibilite ejecutar con solvencia las tareas en espacios confinados. Para ello, se tratan los aspectos que los definen y los riesgos inherentes, incidiendo especialmente en la condición atmosférica que presentan. Las medidas preventivas son adoptadas para una óptima gestión de carácter organizativo y técnico, sumada a las emergencias que puedan ocasionarse.

Se analizan las particularidades de la industria petrolífera, dado que conlleva riesgos añadidos y agravados de manera exponencial por la morfología de sus emplazamientos y los vapores de los hidrocarburos almacenados.

La legislación nacional y la bibliografía específica, revisada exhaustivamente en este documento, permite a las empresas erigir una serie de disposiciones técnicas para gestionar estos recintos.

PALABRAS CLAVE:

Espacios confinados, industria petrolífera, medidas preventivas, hidrocarburos, tanques de almacenamiento, riesgos específicos, atmósfera peligrosa.

ABSTRACT:

Within the framework of prevention of occupational hazards, operations in locations classified as confined present a high-risk activity for workers. Accidents statistics reflect the problems related to these locations.

The aim of this work is to develop a procedural methodology for carrying out tasks in confined spaces solvently. For this purpose, this study addresses the generalities that define these sites and the risks inherent in these activities, emphasizing the atmospheric conditions of the enclosure. These measures are implemented for an optimal organizational and technical management, along with the emergencies that may arise.

In addition, the particularities of the oil industry are analysed, which imply exponentially aggravated risk due to their morphology and the hydrocarbon vapors they store.

The national legislation and the specific bibliography, exhaustively reviewed in this document, allow companies to establish a series of technical provisions to manage the distribution of hazardous areas and special work procedures.

KEY WORDS:

Confined space, oil industry, measures, hydrocarbons, storage tanks, specific risk, hazardous atmosphere.

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano, por ser un ejemplo en todas las facetas de la vida.

A mi padre, por el tesón.

A mi madre, por la lucha.

*Gracias por enseñarme, la ayuda constante
y empujarme a explotar mi potencial.*

Este trabajo es vuestro.

A todos mis profesores, por inculcarme esfuerzo y superación.

Y a ti, ntp.

Que levante la mano la guitarra.

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN	1
2. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN	2
2.1. Definición de espacio confinado.....	2
2.2. Clasificación de espacios confinados.....	8
2.3. Normas que regulan los espacios confinados.	12
2.4. Evolución a nivel bibliográfico.	20
3. JUSTIFICACIÓN	23
3.1. Análisis estadístico de siniestralidad en espacios confinados.....	23
3.2. Elección de la temática del trabajo.	27
4. OBJETIVOS DEL TRABAJO	29
5. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	30
6. ESPACIOS CONFINADOS EN LA INDUSTRIA PETROLÍFERA DE ALMACENAMIENTO	32
6.1. Tipología de actividad en el almacenamiento petrolífero.....	32
6.2. Identificación no exhaustiva de espacios confinados en el sector petrolífero.	36
6.3. Condición de trabajo.	40
6.4. Presencia e identificación de contaminantes.....	40
6.5. Atmósfera peligrosa.	44
6.6. Riesgos inherentes a la actividad en espacios confinados.	46
6.7. Medidas preventivas.	51
6.7.1. Medidas preventivas de carácter organizativo.....	51
6.7.2. Medidas preventivas de carácter técnico.....	66
6.7.3. Medidas preventivas de emergencia.....	82
6.8. Procedimiento de trabajo para un espacio confinado en instalación petrolífera.....	86
6.8.1. Autorización de trabajo y su importancia.....	88
7. CASO PRÁCTICO: INGRESO EN UN RECINTO CATALOGADO COMO ESPACIO CONFINADO. ..	90
7.1. Localización del espacio confinado. Preparación del entorno.	91
7.2. Análisis del espacio confinado. Evaluación de riesgos.	92
7.3. Medidas de carácter organizativo	93
7.4. Medidas de carácter técnico	94
7.5. Medidas de emergencia.	95
7.6. Segunda evaluación de riesgos.....	96
7.7. Apertura de la boca de hombre, desgasificación y limpieza	96
7.8. Ingreso en el recinto y realización de operaciones.	97
8. CONCLUSIONES	98
8.1. Conclusión general.	98
8.2. Conclusiones específicas.....	98
9. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ABIERTAS	101
10. FUENTES DE REFERENCIA EMPLEADAS	102

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Favorabilidad del recinto a definirse como confinado, en base a la renovación de aire limpio.....	3
Tabla 2. Determinación de un espacio como confinado, considerando su ocupación y atmósfera	5
Tabla 3. Algoritmo para la identificación de espacios confinados.....	6
Tabla 4. Condiciones para la identificación de espacios confinados.	7
Tabla 5. Valores del CSRI para determinar nivel de riesgo y consecuencias..	8
Tabla 6. Espacios confinados con requerimiento de permiso.	11
Tabla 7. Definiciones recogidas en el artículo 2.....	17
Tabla 8. Definiciones recogidas en el artículo 2.....	18
Tabla 9. Gráfica de documentos que contiene el término “confined space” por año.....	21
Tabla 10. Ejemplo de árbol de causas	25
Tabla 11. Accidentes en espacios confinados fatales entre 2011 y 2018	26
Tabla 12. Relación de 386 accidentes.	27
Tabla 13. Campos del sector petrolífero.	32
Tabla 14. Clases de hidrocarburos.	33
Tabla 15. Definiciones técnicas en el almacenamiento petrolífero	33
Tabla 16. <i>Definiciones de empresa instaladora y reparadora P.P.L.</i>	35
Tabla 17. Relación de espacios confinados en el sector petrolífero	36
Tabla 18. Triple dimensión de la condición de trabajo.	40
Tabla 19. Indicaciones H de la gasolina.....	41
Tabla 20. Indicaciones H del queroseno.	41
Tabla 21. Indicaciones H del benceno.....	42
Tabla 22. Indicaciones H del tolueno.	42
Tabla 23. Indicaciones H del xileno.	42
Tabla 24. Indicaciones H del n-hexano.....	42
Tabla 25. Relación de sustancias químicas involucradas en accidentes	43
Tabla 26. Indicaciones H del metano.	43
Tabla 27. Indicaciones H del ácido sulfhídrico.	43
Tabla 28. Indicaciones H del monóxido de carbono.	44
Tabla 29. Indicaciones H del amoníaco.....	44
Tabla 30. Indicaciones H del cianuro de hidrógeno.	44
Tabla 31. Indicaciones H del dióxido de azufre.....	44
Tabla 32. Definición de emplazamiento peligroso.....	45
Tabla 33. Condiciones de una atmósfera peligrosa.	45
Tabla 34. Parámetros del recinto a considerar en la evaluación del riesgo	45
Tabla 35. Tetraedro del fuego.....	48
Tabla 36. Principales causas.....	48
Tabla 37. Aceptaciones de anoxia y asfixia	49
Tabla 38. Porcentaje de oxígeno y consecuencias en el ser humano	50
Tabla 39. Medidas preventivas organizativas, técnicas y de emergencia..	51
Tabla 40. Fundamentos de información y formación	52

Tabla 41.Requerimientos para formar en la ejecución de tareas en espacios confinados.	52
Tabla 42. Ejemplo de instrucción de trabajo para tareas en espacios confinados	54
Tabla 43. Señalética de advertencia.	55
Tabla 44. Señalética de prohibición.	55
Tabla 45. Señalética de obligación.	55
Tabla 46. Señalética de lucha contra incendios.	56
Tabla 47. Señalética de salvamento o socorro.	56
Tabla 48. Relación de tipos de señales.	57
Tabla 49. Aceptaciones de empresario titular y principal.	60
Tabla 50. Deber de información de las empresas concurrentes.	61
Tabla 51. Comparativa del empresario titular frente a empresario principal.	62
Tabla 52. Definiciones de las distintas figuras legales en una obra de construcción	63
Tabla 53. Diagrama de gestión documental para obras con proyecto.	64
Tabla 54. Diagrama de gestión documental para obras sin proyecto	64
Tabla 55.Obligaciones del promotor, contratista y coordinador de seguridad en salud, tanto en obras con proyecto como sin proyecto.	65
Tabla 56. Principales actuaciones en obras sin proyecto según la fase de obra.	65
Tabla 57.Definiciones relativas al empleo de equipos de trabajo.	66
Tabla 58. Procedimiento para verificar la consignación de equipos.	67
Tabla 59. Tipos de equipos respiratorios aislantes	70
Tabla 60. Clasificación de los equipos de respiración	70
Tabla 61. Clasificación de zonas según la explosividad potencial de la atmósfera.	72
Tabla 62. Valores de porcentaje de LIE que determinan el ingreso.	75
Tabla 63. Valores de porcentaje de oxígeno que determinan el ingreso.	75
Tabla 64. Valores límites de exposición de gasolina y queroseno.	76
Tabla 65. Valores límites de BTX y n-hexano.	77
Tabla 66. Valores límites de sustancias comúnmente presentes en recintos confinados.	77
Tabla 67. Valores de concentración de H ₂ S que determinan el ingreso.	77
Tabla 68. Valores de concentración de CO que determinan el ingreso	78
Tabla 69. Procedimiento para ventilar un espacio confinado	79
Tabla 70. Información de los tipos de ventilación VPP y VPN.	81
Tabla 71. Sistemas de comunicación.	83
Tabla 72. Información estadística acerca de las operaciones de rescate en recintos confinados.	84
Tabla 73.Tipos de rescate.	84
Tabla 74. Procedimiento de trabajo.	87
Tabla 75. Procedimiento técnico de anulación de tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos.	88
Tabla 76. Esquema de actuación en espacios confinados.	90
Tabla 77. Resultados obtenidos de la lista de verificación para identificar un recinto confinado.	91
Tabla 78. Evaluación de riesgos generales en el tanque.	92
Tabla 79. Evaluación de riesgos específicos en el tanque.	92
Tabla 80. Evaluación secundaria de riesgos específicos en el tanque.	96

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen 1 Zanja abierta.....	5
Imagen 2. Foso de engrase.....	9
Imagen 3. Pozo.....	9
Imagen 4. Depósito abierto.....	9
Imagen 5. Cuba.....	9
Imagen 6. Reactor químico	10
Imagen 7. Tanque de almacenamiento.....	10
Imagen 8. Galería de Servicio.....	10
Imagen 9. Arqueta.....	11
Imagen 10. Camión cisterna.....	11
Imagen 11. Silo.....	12
Imagen 12. Recortes de diversos periódicos, que relatan accidentes en espacios confinados..	24
Imagen 13. Tanque donde se produjo el accidente.....	25
Imagen 14. Instalación de almacenamiento en Motril, Granada, España.....	33
Imagen 15. Pantalla flotante de tanque.....	34
Imagen 16. Disposición de tanques en función del hidrocarburo que contiene	35
Imagen 17. Instalación de almacenamiento en San Roque, Cádiz, España.....	36
Imagen 18. Tanque aéreo vertical.....	37
Imagen 19. Exterior, vía de acceso e interior de un tanque enterrado.....	37
Imagen 20. Depósitos aéreos.....	37
Imagen 21. Depósitos enterrado.....	38
Imagen 22. Unidad repostadora	38
Imagen 23. Detalle del interior de una cisterna compartimentada.....	38
Imagen 24. Cisterna compartimentada.....	38
Imagen 25. Arqueta en Instalación Petrolífera de Arahal, Sevilla.....	39
Imagen 26. Zanjas para operar en tuberías.....	39
Imagen 27. Punto de vigilancia del recurso preventivo.....	58
Imagen 28. Cierre de válvula en depósito.....	67
Imagen 29. Visual de cubetos de retención.....	71
Imagen 30. A la izquierda, detector portátil multigas. A la derecha, detector de concentración de oxígeno.....	73
Imagen 31. Ventilación en un recinto confinado.....	80
Imagen 32. Trípode de rescate operativo para ingreso en arqueta.....	85
Imagen 33. Equipo de respiración Bio-S-Cape.....	85
Imagen 34. Ha sido realizada una inspección en las inmediaciones de la pantalla flotante del tanque.....	91
Imagen 35. Interior de un tanque con déficit de iluminación.....	94
Imagen 36. Boca de hombre sita en la pantalla del tanque.....	96
Imagen 37. Boca de hombre.....	96
Imagen 38. Interior de un tanque de almacenamiento.....	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Sección y planta detallada de las distintas variantes de cisterna. A la izquierda, cisterna sin compartimentar. A la derecha, cisterna compartimentada.	39
Ilustración 2. Tetraedro del fuego.....	48
Ilustración 3. Señalética propia para identificar un espacio confinado.....	56
Ilustración 4. Coordinación de actividades empresariales en un centro de trabajo e.....	63
Ilustración 5. Simbología de equipos ATEX.....	68
Ilustración 7. Ventilación por soplado (izquierda) y extracción (derecha)	81
Ilustración 8. Elementos para un rescate vertical.....	86

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación 1. Expresión para cuantificar el CSRI.....	8
---	---

1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Fin de Máster consiste en el análisis, completo y transversal, de los fundamentos técnicos relacionados con los espacios confinados, concretando una investigación de los existentes en instalaciones petrolíferas.

Con frecuencia se conocen casos de intoxicaciones de trabajadores en pozos, interiores de depósitos o silos, que conllevan decesos inesperados y, por supuesto, potencialmente evitables si se tiene una plena comprensión acerca de qué son este tipo de recintos y por qué son peligrosos.

En este documento se explorarán los antecedentes teóricos y conceptuales, en materia de prevención de riesgos laborales, que mejoran las condiciones de trabajo existentes, para operar en este tipo de recintos, ayudando al establecimiento de medidas preventivas frente a los peligros que presentan. Estos peligros, son difíciles de evaluar y gestionar y tienen un impacto directo en los riesgos, ya sea en el momento de acceso a su interior y durante la ejecución de trabajos, de la dificultad para entrar y salir, de la limitación de espacio para realizarlos y del desconocimiento de las condiciones existentes, siendo esta última, la principal amenaza, causante de los accidentes más importantes relacionados con este tipo de entorno de trabajo. Otra de las causas más frecuente de los accidentes y fallecimientos en estos recintos confinados es la condición atmosférica, la cual también será abordada.

Para una ejecución segura, se requiere adoptar precauciones y autorizaciones especiales, debiendo de seguir un procedimiento concreto de trabajo, el cual, si es bueno, puede minimizar gran cantidad de los riesgos que componen los trabajos.

Aun considerando estas particularidades, existen estudios, normativas y otros tipos de documentación relacionada, que nos permiten recabar datos, acerca de las condiciones presentes, facilitando la interpretación al personal interesado y, para los trabajadores de las empresas, alcanzar un nivel de seguridad superior y mitigar los posibles factores de riesgo laboral que existen en estos recintos.

La revisión de esta legislación y demás literatura, aportará un procedimiento estructurado y herramientas útiles para afrontar tareas más seguras.

Así mismo, se realizará un análisis de la reglamentación referente a los recipientes de almacenamiento de hidrocarburos, pertenecientes a la industria petroquímica y en la que se localizan un gran número de recintos confinados y que entrañan peligrosidad añadida, dada la aparición de dichas sustancias y sus vapores.

Para apoyar esta exploración, el trabajo desembocará en un caso práctico, en el que se aplicará lo extraído de los criterios y procedimientos ya existentes, afrontando aspectos tales como la medición de la atmósfera y la coordinación de actividades empresariales. Con este supuesto, los técnicos y lectores podrán esclarecer, tras la lectura de este trabajo, la importancia del estudio de este problema, sumados a la relevancia que supone acometer un ingreso a estos espacios.

El derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo, presente en el artículo 14 de la Ley 31/1995, supone un correlativo deber del empresario con sus empleados. Debe de garantizarse en todos los niveles de la empresa, integrándose en ellas y adaptándose a todo el marco normativo de referencia, el cual regula esta disciplina.

2. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para la elaboración de este trabajo, se ha considerado primordial identificar lo que hay escrito, en referencia al tema en cuestión. Es importante esta búsqueda, dada la existencia de documentación específica de la materia, ya que nos permite acotar los límites de la investigación, conociendo el estado actual del conocimiento sobre el tema.

El panorama de la bibliografía que se presenta denota una amplia extensión, precisando leer una gran cantidad de documentos, como Reales Decretos, Leyes, Notas Técnicas de Prevención, todo ello con sus respectivas guías técnicas. Las guías son instrucciones elaboradas con un carácter no vinculante, empleando criterios para analizar e interpretar la legislación, realizadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Se recoge una serie de correctas definiciones de los espacios confinados y cómo se clasifican en función de su morfología y riesgos potenciales.

En el ámbito nacional, se observa con detenimiento la legislación, como documentación obligatoria a seguir para una adecuada gestión de la prevención. Además, se ha estudiado el enfoque que se otorga a este tipo de trabajos en países concretos.

2.1. Definición de espacio confinado.

Para comenzar, es necesario definir qué se entiende por un espacio confinado.

Se encuentra en el artículo 22 bis. Presencia de Recursos Preventivos del Real Decreto 604/2006, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997 (RSP):

“A estos efectos, se entiende por espacio confinado el recinto con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables o puede haber una atmósfera deficiente en oxígeno, y que no está concebido para su ocupación continuada por los trabajadores.”

Analizando esta buena definición, según la referencia legislativa vigente se refiere como un recinto confinado a todo espacio que presenta las siguientes singularidades:

- Aberturas de entrada y salida limitadas: Deben ser considerados tanto el tamaño, como la dificultad que supone transitar y evacuar el lugar
- Ventilación natural desfavorable. En el caso de que la haya, puede descatalogarse como espacio confinado, aun siendo un espacio peligroso.

A su vez, pueden contener las siguientes características:

- Acumulación de contaminantes tóxicos inflamables
- Deficiencia de oxígeno en la atmósfera
- No ser concebido para ser continuamente ocupado por cualquier trabajador, pudiendo implicar limitaciones en la libertad de movimientos de sus ocupantes.

Esto implica que hablamos de un espacio confinado cuando se incumpla con lo establecido en el Real Decreto 486/1997, el cual define como lugar de trabajo a “...las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo”.

No son lugares de ocupación habitual y continuada para los trabajadores y tampoco garantizarían los niveles de ventilación favorables establecidos en el Real Decreto. Dada la existencia de estos factores y la presencia de los distintos riesgos ambientales que se observan en las características ya definidas, se precisa establecer medidas acordes con la respectiva normativa.

Desglosando estas ideas:

- Limitada no es necesariamente que la entrada sea pequeña. No es el tamaño el único factor. Puede darse una entrada a un espacio confinado de grandes dimensiones. A pesar de ello, al poder encontrarse, por ejemplo, una atmósfera peligrosa, podría no realizarse una evacuación rápida. También puede darse un modo de entrada que no facilita el acceso, como una escalera de mano, pendientes altas.
- La ventilación desfavorable es usual en espacios confinados. No se garantizan los niveles mínimos de ventilación requeridos por el RD 486/1997. Un espacio confinado, por definición, no cumple las directrices de este Decreto.

Se considera favorable, aunque a veces se requiera de una favorabilidad superior, cuando cumpla *“una renovación mínima de 50 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador”*

Desfavorablemente ventilado RECINTO CONFINADO	Favorablemente ventilado RECINTO NO CONFINADO
^	
50 m3/h/trabajador	

Tabla 1. Favorabilidad del recinto a definirse como confinado, en base a la renovación de aire limpio.
Fuente: Altube Basterretxea, 2015.

“La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad, y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40°C.”

(Real Decreto 842/2002)

Siendo capaz de renovar seis veces el volumen del espacio confinado por hora, tomando como referencia supuestos en galerías eléctricas, en el que se opera, se tiene una ventilación natural favorable.

Será preciso ver qué contaminantes han podido generarse con anterioridad al acceso de operarios, además de los trabajos realizados, ya que pueden ser los causantes de la atmosfera peligrosa (por ejemplo, trabajos de soldadura).

Con el fin de acotar más los requerimientos de los espacios para su catalogación, podemos acogernos a la normativa de otros países, sirviendo como soporte las siguientes interpretaciones (OSHA,1998):

“Confined space” means a space that:

- (1) Is large enough and so configured that an employee can bodily enter and perform assigned work; and*
- (2) Has limited or restricted means for entry or exit (for example, tanks, vessels,*

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

*silos, storage bins, hoppers, vaults, and pits are spaces that may have limited means of entry.); and
(3) Is not designed for continuous employee occupancy.”*

La OSHA en su estándar número 1910.146 incluye en su definición que un espacio confinado debe ser lo suficientemente grande para que un trabajador entre a realizar las tareas asignadas. Debe tener limitadas sus salidas y tampoco estar designado para la ocupación de un trabajador de manera continua.

Además, recoge las siguientes complementariedades (OSHA, 1998):

- Atmósfera peligrosa o potencialmente peligrosa
- Material que pueda sumergir a un trabajador
- Paredes que convergen hacia adentro o suelo que, al descender la pendiente, pueda atrapar a un operario
- Contiene otro serio y reconocido peligro para la seguridad y salud.

Esta definición añade el deber del empleador de *“informar a los empleados expuestos de la existencia y localización de tales espacios y sus peligros”*

La existencia de cualquiera de estas condiciones hará que este espacio sea reconocido como *“permit-required confined space”*. Será necesario un permiso, con un procedimiento a seguir.

La definición de espacio confinado del NIOSH recoge a los espacios que contienen una o más de las siguientes características:

1. aberturas limitadas para salir y entrar
2. ventilación natural desfavorable
3. no está diseñado para la ocupación continua de un trabajador.

También, no descarta la existencia de gases tóxicos, falta de oxígeno, o condiciones explosivas en el área confinada. (NIOSH, 1987)

La NTP 30: Permisos de trabajo especiales, define las operaciones que supongan la entrada en este tipo de recipientes como trabajos de carácter especial.

“...en general todos aquellos espacios confinados en los que la atmósfera pueda no ser respirable o convertirse en irrespirable a raíz del propio trabajo, por falta de oxígeno o por contaminación de productos tóxicos.”

(INSST, 1982b)

Añade la nota que los motivos de acceso a espacios confinados son diversos y se caracterizan por la infrecuencia de su entrada, realizada a intervalos irregulares y para trabajos no rutinarios y no relacionados con la producción:

“Son un tipo de lugar de trabajo que por sus características de peligrosidad se consideran una zona de riesgo grave y específico en el que pueden tener lugar accidentes de gran gravedad. El acceso a dichas zonas es esporádico y suele efectuarse para operaciones de corta duración y no planificadas, como, por ejemplo: construcción, limpieza, mantenimiento, inspección o rescate. Esto hace que sea necesario adoptar medidas preventivas específicas...”

(Umivale, 2021)

Puede resultar interesante que la concepción de un espacio confinado sea abierta. Es decir, que en el caso de que pueda entrañar cierta peligrosidad y aun así no tener las siguientes especificaciones una empresa pueda catalogar un espacio como *“confinado”* y tratarlo de tal

modo, realizando los protocolos usuales para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Este tipo de recintos pueden definirse acertadamente como “espacios de evacuación dificultosa” o “lugares de difícil acceso”.

Estos factores arriba mencionados pueden contener un carácter permanente, periódico o accidental. (Berlana Llorente, 2008). Implica así que las condiciones internas de cada lugar de trabajo pueden variar, véase cambios de estructura, de instalaciones o de trabajo o la concurrencia de más o menos trabajadores y, por ende, las condiciones en las que van a trabajar los empleados.

A pesar de la asociación de estas zonas como espacios cerrados, estos pueden también ser abiertos al exterior. Si el acceso al interior es dado por una abertura grande, teniendo esta una ventilación desfavorable, puede darse el tratamiento del recinto como uno confinado. Es preciso estudiar entonces cada caso con detenimiento, para la obtención de un procedimiento de trabajo apto para los trabajadores.



Imagen 1 Zanja abierta. Cedida por empresa del sector.

A la pregunta que la propia web del INSST se formula: “¿Cómo puedo identificar un espacio confinado?”, ofrece las siguientes pautas:

- *No están hechos para ser habitados y por lo tanto para albergar puestos de trabajo fijos.*
- *No tienen fácil acceso y/o salida, ni permiten la entrada y salida de forma rápida y segura de todos sus ocupantes.*
- *Tienen pocas aberturas por lo que el aire suele ser pobre en oxígeno.*
- *Y sobre todo y nunca puede faltar: puede existir o generarse posteriormente, una atmósfera tóxica, inflamable o suboxigenada.”*

(INSST,2022)

Estos supuestos pueden apreciarse en la siguiente tabla:

¿Está concebido para una ocupación continuada?(Cumple RD 486/1997)	¿Puede presentar riesgos atmosféricos?	ESPACIO CONFINADO
SI	SI	NO
SI	NO	NO
NO	SI	SI
NO	NO	NO

Tabla 2. Determinación de un espacio como confinado, considerando su ocupación y atmósfera
Fuente: Altube Basterretxea, 2015.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

También podemos encontrar una metodología para identificar espacios confinados, de un modo cuantitativo. (Botti et al., 2017)

Esta metodología agrupa las características en los siguientes cuatro grupos:

1. Geometría.
2. Configuración interna.
3. Acceso.
4. Entorno atmosférico.

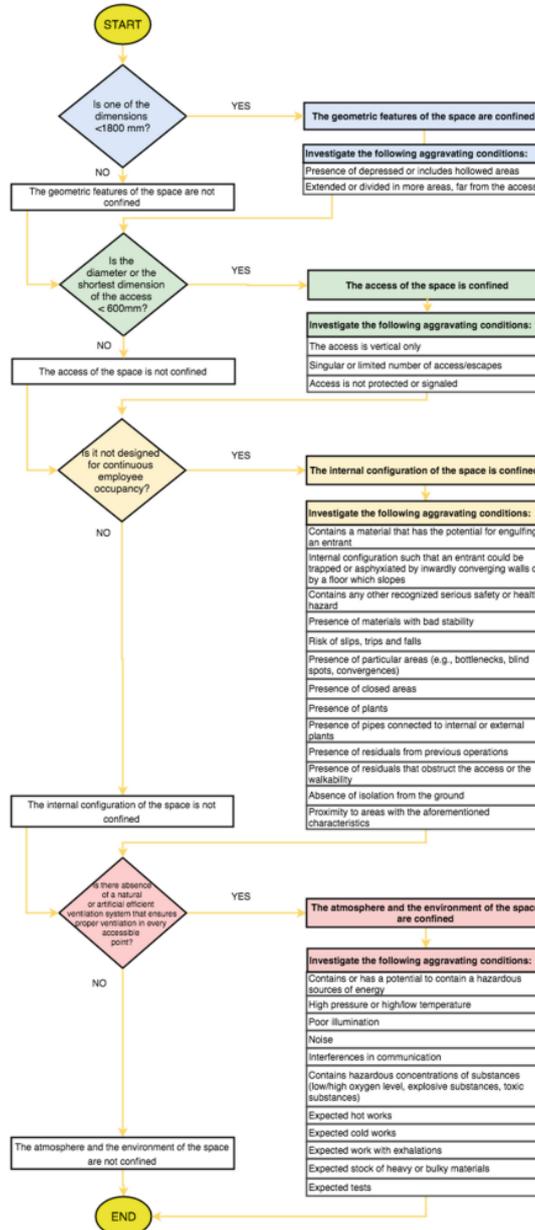


Tabla 3. Algoritmo para la identificación de espacios confinados. Fuente: Botti et al., 2017.

El algoritmo se presenta en un diagrama, que analiza el recinto en base a estas cuatro especificaciones:

En el caso de que encontremos una respuesta afirmativa a alguna de las condiciones que podemos observar, se responderá en una lista de verificación, para, posteriormente, calcular el que se denomina Confined Space Risk Index (CSRI).

Este índice proporciona un número del 0 al 8, siendo 8 el espacio en el que se presentan todos estos agravantes.

IDENTIFICATION OF A CONFINED SPACE		
Review each condition for the suspected confined space of interest, place a tick in the column on the right as appropriate.		
CATEGORY	CONDITION	CONCERN
GEOMETRIC FEATURES	A1. Geometrically limited if at least one of its dimensions <1800 mm	
	A2. Depressed or includes hollowed areas	
	A3. Extended or divided in more areas, far from the access	
ACCESS	B1. Diameter or the shortest dimension of the access < 600mm	
	B2. The access is vertical only	
	B3. Singular or limited number of access/escapes	
	B4. Access is not protected or signaled	
INTERNAL CONFIGURATION	C1. Not designed for continuous employee occupancy	
	C2. Contains a material that has the potential for engulfing an entrant	
	C3. Internal configuration such that an entrant could be trapped or asphyxiated by inwardly converging walls or by a floor which slopes	
	C4. Contains any other recognized serious safety or health hazard	
	C5. Presence of materials with bad stability	
	C6. Risk of slips, trips and falls	
	C7. Presence of particular areas (e.g., bottlenecks, blind spots, convergences)	
	C8. Presence of closed areas	
	C9. Presence of plants	
	C10. Presence of pipes connected to internal or external plants	
	C11. Presence of residuals from previous operations	
	C12. Presence of residuals that obstruct the access or the walkability	
	C13. Absence of isolation from the ground	
	C14. Proximity to areas with the aforementioned characteristics	
ATMOSPHERE AND ENVIRONMENT	D1. Absence of a natural or artificial efficient ventilation system that ensures proper ventilation in every accessible point	
	D2. Contains or has a potential to contain a hazardous sources of energy	
	D3. High pressure or high/low temperature	
	D4. Poor illumination	
	D5. Noise	
	D6. Interferences in communication	
	D7. Contains hazardous concentrations of substances (low/high oxygen level, explosive substances, toxic substances)	
	D8. Expected hot works	
	D9. Expected cold works	
	D10. Expected work with exhalations	
	D11. Expected stock of heavy or bulky materials	
	D12. Expected tests	

Tabla 4. Condiciones para la identificación de espacios confinados. Fuente: Botti et al., 2017.

Cada respuesta afirmativa otorgará un punto a la expresión. Se muestra así la gran relevancia de las cuatro condiciones que comienzan cada categoría:

A1: Geométricamente limitado en alguna de sus dimensiones (inferior a 1,8 metros)

B1: Diámetro de alguna de sus dimensiones en acceso inferior a 600 milímetros

C1: No está diseñado para la presencia continua del trabajador

D1: Ausencia de ventilación natural o artificial eficiente, que asegure una ventilación adecuada en todos los puntos accesibles del recinto.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

La expresión a emplear, para la determinación del valor CSRI es la siguiente:

$$CSRI = A1 \cdot \left[1 + \left(\frac{\sum_{i=A2}^{A3} Ai}{2} \right) \right] + B1 \cdot \left[1 + \left(\frac{\sum_{i=B2}^{B4} Bi}{3} \right) \right] + C1 \cdot \left[1 + \left(\frac{\sum_{i=C2}^{C14} Ci}{13} \right) \right] + D1 \cdot \left[1 + \left(\frac{\sum_{i=D2}^{D12} Di}{11} \right) \right]$$

Ecuación 1. Expresión para cuantificar el CSRI. Fuente: Botti et al., 2017.

Según el valor del CSRI, podemos definir el espacio confinado en estos términos:

Valor CSRI	Nivel de riesgo	Consecuencias
0	No riesgo	No es un espacio confinado, no existen consecuencias
1 < CSRI < 3	Riesgo bajo	Aceptable: No presentan consecuencias significantes.
3 < CSRI < 5	Riesgo medio	Mejorar los factores de riesgo estructurales o adoptar medidas preventivas.
5 < CSRI < 8	Riesgo significativa	Redefinir las tareas y lugar de trabajo, en base a prioridad. Evitar el ingreso si es posible.

Tabla 5. Valores del CSRI para determinar nivel de riesgo y consecuencias. Fuente: Botti et al., 2017.

2.2. Clasificación de espacios confinados.

Para una mejor identificación y organización de los espacios confinados existentes, es aconsejable seguir un protocolo de clasificación de estos, atendiendo a la severidad de los riesgos existentes en su interior, o bien a su morfología o requerimientos de acceso. En este apartado, observamos con detenimiento las distintas metodologías existentes.

El procedimiento que seguir, acorde con las instituciones nacionales, la encontramos en la Guía de Actuación Inspectoral en espacios confinados, la cual realiza esta distinción, desde el punto de vista operativo: Tres supuestos cuya necesidad vendrá determinada por la evaluación de riesgos específica para las actividades.

- **1ª categoría:** requiere autorización de entrada por escrito y un plan de trabajo específico para las labores a realizar cada vez que se entre. Son recintos en los que no se concibe una entrada sin protección respiratoria. En este caso, las medidas de prevención deben ser máximas.
- **2ª categoría:** requiere de la existencia y cumplimiento de un método de trabajo seguro con una autorización, para entrar en este caso sin protección respiratoria.
- **3ª categoría:** De baja peligrosidad, se requiere de la existencia y cumplimiento de un método de trabajo, pero no se necesita autorización de entrada.

Así mismo, la Nota Técnica de Prevención 223, Trabajos en recintos confinados, editada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) distingue, de forma general y en función de su geometría, entre dos familias de espacios confinados:

- **Espacios confinados abiertos por su parte superior y de una profundidad tal que dificulta su ventilación natural.**

(ejemplos que menciona: fosos de engrase de vehículos, pozos, depósitos abiertos y cubas).

Foso de engrase

Cavidades practicadas en la superficie del lugar de trabajo, normalmente rectangulares y alargadas. De profundidad variable, de hasta 2 metros, acorde con la NTP 1060. Se compone del propio foso y unas escaleras de acceso.



Imagen 2. Foso de engrase. Fuente: Tamborero del Pino, 2015.

Pozo

Se entiende como pozo a todo hoyo profundo, aunque esté seco (RAE)



Imagen 3. Pozo, Fuente: Piñero Piolestán, 2021.

Depósitos abiertos

Es el lugar o recipiente donde se deposita algo (RAE). En términos concretos, recipiente cuya capacidad es menor o igual a 150 metros cúbicos. Puede ser aéreo o enterrado y disponer de una o varias bocas de hombre. Por encima de la citada capacidad tendrá la consideración de tanque.



Imagen 4. Depósito abierto. Fuente: Conterol

Cuba

Recipiente que sirve para contener y mantener líquidos.



Imagen 5. Cuba. Fuente: Caldas, 2020

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

- **Cerrados con una pequeña abertura de entrada y salida** (ejemplos que menciona: Reactores, tanques de almacenamiento, sedimentación, salas subterráneas de transformadores, gasómetros, túneles, alcantarillas, galerías de servicios, bodegas de barcos, arquetas subterráneas y cisternas de transporte)

Reactor

Recipiente diseñado para que en su interior se produzcan reacciones químicas o biológicas. (RAE)



Imagen 6. Reactor químico. Fuente: etdinox.com

Tanques de almacenamiento

Al igual que el depósito, en este caso posee una entrada pequeña, normalmente utilizado también como salida del recinto.

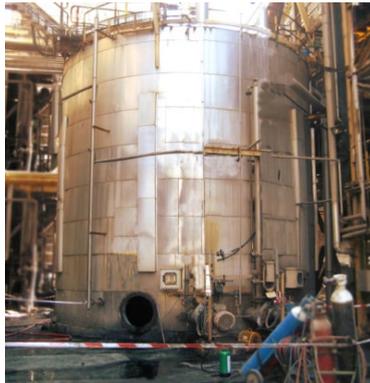


Imagen 7. Tanque de almacenamiento. Fuente: Piñero Piolestan, 2021

Túneles, galerías de servicio

1. Vía subterránea abierta artificialmente para el paso de personas y vehículos.
2. Instalación cubierta y alargada que comunica dos puntos y sirve para distintos fines. (RAE)



Imagen 8. Galería de Servicio. Fuente: Calvo-Peña et al., 2006

Arqueta

En las canalizaciones, recibe y enlaza las cañerías de las que está compuesto. Suelen estar enterradas a cierta profundidad.



Imagen 9. Arqueta. Fuente: Piñero Pioleacán, 2021

Cisterna de transporte

Se utiliza para desplazar líquidos, almacenándolos únicamente durante el propio desplazamiento.



Imagen 10. Camión cisterna. Fuente: tanden.es

El NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) divide estos espacios, acorde con su publicación nº 80160, atendiendo a la potencialidad del riesgo que se presenta:

- **Clase A**, si la vida corre inminente peligrosidad. Refleja como peligros principales a la deficiencia de oxígeno, presencia de atmósfera combustible o a una elevada concentración de sustancias tóxicas.
- **Clase B**, con potencial peligrosidad de lesión no inminente: Bajo la protección con equipos de protección individual y considerando las medidas preventiva oportunas, el riesgo no implica enfermedades o lesiones comprometedoras para la vida.
- **Clase C**, de normal peligrosidad dada las características del recinto: La actividad en el espacio no requiere modificación de procedimientos ni utilización de equipos de protección individual.

Fuente: Adaptado de (NIOSH, 1979)

Otro ejemplo lo realiza la OSHA, según su estándar 29 CFR 190.146. que clasifica estas zonas en dos: las que requieren permiso de entrada y las que no.

Permit-Required Confined Space	Non Permit-Required Confined Space
Si contiene una o más de las características: -Atmósfera peligrosa. -Materiales que puedan atrapar al que ingresa en el espacio. -Configuraciones internas que atrapen o asfixien. -Otro serio peligro para la seguridad y salud. Ejemplos: Pozos, silos y zanjas	Un espacio que no contiene, latente o potencialmente, ningún peligro capaz de causar la muerte o serio daño físico. Ejemplos: Centros de control de motores o techos

Tabla 6.Espacios confinados con requerimiento de permiso . Fuente OSHA, 1998.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Se clasifican en los que deben tener permiso especial de autorización y los que no, dado que puede cumplir las características principales previamente definidas y no ser declarado un espacio con un riesgo no elevado.



Imagen 11. Silo. Fuente: Carballo, 2014.

2.3. Normas que regulan los espacios confinados.

En este apartado, se realiza un seguimiento analítico de las leyes, decretos y notas técnicas de prevención, que el empresario tiene a su disposición, para regular la actividad de sus trabajadores correspondiente al ámbito de investigación.

Leyes y Reales decretos

Comenzando con la **Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales**, se determina que dicha Ley compone un marco coherente y preciso, que regula las responsabilidades con el fin de proteger la salud de los trabajadores, ante los riesgos que se presenten en la actividad laboral.

En su artículo número 15, se muestran los Principios de la acción preventiva. La aplicación de estos principios, sumados a lo siguiente:

“3.- El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.”

(Ley 31/1995)

Será prioridad para el diseño e implementación de los procesos que se relacionen con los trabajos en espacios confinados.

En la **Ley 54/2003**, se realiza una reforma del marco normativo.

En el Artículo 89. Normas técnicas y de seguridad de las instalaciones de la **Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos** encontramos que:

“1. Las instalaciones de producción, regasificación, almacenamiento, transporte y distribución de combustibles gaseosos, instalaciones receptoras de los usuarios, los equipos de consumo, así como los elementos técnicos y

*materiales para las instalaciones de combustibles gaseosos deberán ajustarse a las correspondientes normas técnicas de seguridad y calidad industriales, de conformidad a lo previsto en la **Ley 21/1992, de 16 de julio, de industria**, sin perjuicio de lo previsto en la normativa autonómica correspondiente.*

2. Las reglamentaciones técnicas en la materia tendrán por objeto:

a) Proteger a las personas y la integridad y funcionalidad de los bienes que puedan resultar afectados por las instalaciones.”

(Ley 34/1998)

Con referencia a las disposiciones establecidas en el rango de Reales Decretos, conviene comenzar con el Reglamento de los Servicios de Prevención, el cual realiza una correcta definición de lo que es un espacio confinado en su Art. 22 bis, Apart. B, Pto.4. En estos términos, el **Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de Servicios de Prevención**, es el que define la evaluación de riesgos como el proceso que cuantifica aquellos que no han podido evitarse, informando al empresario de los aspectos a tener en cuenta, como la adopción de medidas para la prevención. Generalmente, se evalúa cada puesto de trabajo, con sus respectivas condiciones y complejidades, además de la exposición a los agentes presentes en cada espacio. Se precisa una revisión periódica de la evaluación en el caso de detectar perjuicios a la salud laboral, mediante las mediciones o investigaciones.

Posteriormente, el empresario tiene el deber de realizar una planificación de la actividad preventiva, considerando los principios de acción preventiva y riesgos específicos.

Este Real Decreto también desarrolla la organización de recursos para estas actividades, introduciendo la figura de los servicios de prevención y del recurso preventivo “*cuando se realicen las siguientes actividades o procesos peligrosos o con riesgos especiales*” y cuya presencia se analizará con detenimiento en esta investigación.

Así mismo, para el establecimiento de medidas y reglamentar los lugares de trabajo, podemos emplear los artículos que quedan recogidos en el **Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo**.

Se recoge la definición de lugar de trabajo como el área del centro de trabajo, edificada o no, en la que los trabajadores deban permanecer o a la que puedan acceder debido a su trabajo.

En su Anexo I: Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo, establece las medidas para controlar el acceso expresamente al personal autorizado, cuando se menoscabe la seguridad enfrentando posibles riesgos de caída o exposición a componentes agresivos

Por otra parte, ha sido de relevancia lo contenido en el Real Decreto que contiene la reglamentación para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores en obras constructivas: **Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Es en el anexo I de este documento donde se establece una relación no exhaustiva de las obras de construcción o de ingeniería civil, que es la siguiente:

- Excavación.
- Movimiento de tierras.
- Construcción.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados.
- Acondicionamiento o instalaciones.
- Transformación.
- Rehabilitación.
- Reparación.
- Desmantelamiento.
- Derribo.
- Mantenimiento.
- Conservación-Trabajos de pintura y de limpieza.
- Saneamiento.

Se entiende por obra de construcción, pública o privada a todas aquellas en las que se efectúen estos trabajos, acorde con el artículo 2.

En el anexo II de este Real Decreto se relaciona también los trabajos que implican riesgos especiales, entre los que encontramos trabajos propios que se llevan a cabo cuando se opera en espacios confinados (véase trabajos con riesgos de sepultamiento, hundimiento, caídas en altura, exposición a agentes químicos/ biológicos, ahogamiento por inmersión y excavación de túneles y pozos).

También incide en que la exposición a estos riesgos particulares debe de tener una concreta vigilancia, adecuación y planificación, con las precauciones, métodos y procedimientos apropiados.

“1. Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura, por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o el entorno del puesto de trabajo.

2. Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.”

(Real Decreto 1627/1997)

Así mismo, se recoge en el Anexo IV. Disposiciones mínimas seguridad y salud obras, la exposición a riesgos particulares y su tratamiento en las obras de construcción:

“b.- En caso de que algunos trabajadores deban penetrar en una zona cuya atmósfera pudiera contener sustancias tóxicas o nocivas, o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, la atmósfera confinada deberá ser controlada y se deberán adoptar medidas adecuadas para prevenir cualquier peligro.

c.- En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá, al menos, quedar bajo vigilancia permanente desde el exterior y deberán tomarse todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.”

(Real Decreto 1627/1997)

Con el fin de identificar las particularidades del almacenamiento de productos petrolíferos, sirve como soporte la legislación que rigen las refinerías de petróleo, los parques

de almacenamiento y su distribución: El **Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas.**

Su estructura se conforma de unas normas generales, seguidos de una serie de Instrucciones Técnicas Complementarias, ITC, para consideraciones más específicas en protección ante la exposición de los productos carburantes y combustibles líquidos, abordando con detenimiento todo lo que involucran los procesos anteriormente mencionados.

Como en este documento no se contemplan ningún tipo de procedimiento a determinar, para el caso particular de los trabajos en espacios confinados que contengan o potencialmente contengan productos petrolíferos líquidos (PPL), se deberá hacer uso de las disposiciones recogidas en el **Real Decreto 1416/2006, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 06 «Procedimiento para dejar fuera de servicio los tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos».**

En él, se recogen dos anexos, el primero fundamentalmente técnico, recogiendo un cuerpo mínimo de garantías en seguridad requeridas para afrontar estos trabajos. Posteriormente, contiene en su segundo anexo, un modelo para certificar la inutilidad de los tanques. Este proceso global queda denominado como <<anulación del tanque>>.

Para la realización de los trabajos en espacios confinados, es preceptivo considerar lo establecido en los Reales Decretos que determinan la exposición de los trabajadores frente a los riesgos que pueden acontecer, dada la morfología del recinto y las sustancias que lo componen. Con detenimiento se analizan las disposiciones que afectan a los trabajadores para poder adoptar medidas de preventivas seguras y fiables, para minimizar o mitigar la posibilidad de siniestros. En tal efecto, se encuentran la siguiente documentación legislativa:

➤ **Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**

En este documento se fijan unos criterios para la realización de trabajos que involucren atmósferas explosivas, entendiéndose como:

“...la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.”

(Real Decreto 681/2003)

➤ **Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas**

Identifica, ya sea como materia prima, producto, subproducto, residuo o producto intermedio a los productos derivados del petróleo como sustancias peligrosas. Además, sustancias frecuentemente halladas en recintos confinados, como lo son el sulfuro de hidrógeno y amoníaco son igualmente catalogados.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Se describen las siguientes definiciones, relevantes al tema en estudio:

“1. Accidente grave: cualquier suceso, como una emisión en forma de fuga o vertido, un incendio o una explosión importantes, que resulte de un proceso no controlado durante el funcionamiento de cualquier establecimiento al que sea de aplicación este real decreto, que suponga un riesgo grave, inmediato o diferido, para la salud humana, los bienes, o el medio ambiente, dentro o fuera del establecimiento y en el que intervengan una o varias sustancias peligrosas.

2. Almacenamiento: la presencia de una cantidad determinada de sustancias peligrosas con fines de almacenamiento, depósito en custodia o reserva.

3. Efecto dominó: la concatenación de efectos que multiplica las consecuencias de un accidente, debido a que los fenómenos peligrosos puedan afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, a otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos próximos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio, explosión o estallido en los mismos, que genere a su vez nuevos fenómenos peligrosos.

4. Establecimiento: la totalidad del emplazamiento bajo el control de un industrial en el que se encuentren sustancias peligrosas en una o varias instalaciones, incluidas las infraestructuras o actividades comunes o conexas; los establecimientos serán de nivel inferior o de nivel superior

(...)13. Instalación: una unidad técnica en el interior de un establecimiento, con independencia de si se encuentra a nivel de suelo o bajo tierra, en la que se producen, utilizan, manipulan o almacenan sustancias peligrosas; incluyendo todos los equipos, estructuras, canalizaciones, maquinaria, herramientas, ramales ferroviarios particulares, dársenas, muelles de carga o descarga para uso de la misma, espigones, depósitos o estructuras similares, estén a flote o no, necesarios para el funcionamiento de esa instalación.”

(Real Decreto 840/2015)

➤ **Real Decreto 485/97, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.**

La señalización se llevará a cabo de acuerdo con estas disposiciones. Estas medidas mínimas servirán de protección a los trabajadores en el lugar de trabajo, estableciendo unos criterios con uniformidad y homogeneidad para informar de los peligros y riesgos que puedan encontrarse previo a realizar su actividad.

El Real Decreto enfatiza en la selección de señales adecuadas y su supervisión, todo ello cuando no existan medidas técnicas u organizativas de protección colectiva eficaces o cuando no se mitigue el riesgo en su totalidad. Al requerir estas instalaciones una autorización especial, el acceso debe de ser señalizado.

➤ **Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.**

Concreta una serie de criterios específicos, para que se realice una correcta evaluación de riesgos de estos agentes, en el caso de que se presenten en las instalaciones y que impliquen el contacto de los mismo con el trabajador, sea cual sea su vía de entrada al organismo.

Se clasifican los agentes en distintos grupos de riesgo, en función de su riesgo infeccioso, la propagación a la colectividad y el tratamiento eficaz.

Esta evaluación, acorde con el artículo 12, derivará en la formación e información específica, bajo instrucciones de seguridad y siendo suficiente y adecuada.

➤ **Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.**

Cada Estado miembro de la Unión Europea debe establecer unos valores límite de exposición profesional frente a los agentes químicos, con la finalidad de evaluar y controlar los riesgos que derivan de la actividad con químicos peligrosos.

El decreto establece en su artículo 2, las siguientes definiciones de interés para el tema en cuestión:

1. Agente químico
Todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.
2. Exposición a un agente químico
Presencia de un agente químico en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador, normalmente por inhalación o por vía dérmica.
5. Agente químico peligroso
Agente químico que puede representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo.
6. Actividad con agentes químicos
Todo trabajo en el que se utilicen agentes químicos, o esté previsto utilizarlos, en cualquier proceso, incluidos la producción, la manipulación, el almacenamiento, el transporte o la evacuación y el tratamiento, o en que se produzcan como resultado de dicho trabajo.
9. Valores límite ambientales
Valores límite de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en la zona de respiración de un trabajador. Distingue entre Valor límite ambiental para exposición diaria (8 horas diarias) y de corta duración (15 minutos).

Tabla 7. Definiciones recogidas en el artículo 2. Fuente: Real Decreto 374/2001.

➤ **Real Decreto 665/97, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.**

En los espacios confinados pueden existir agentes cancerígenos o mutágenos, según la clasificación del **Reglamento (CE) nº 1272/2008**, en especial en la industria petroquímica, como los hidrocarburos aromáticos y alifáticos, que dan lugar a tomar medidas frente a la exposición a estos agentes.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

“Artículo 7. Exposiciones accidentales y exposiciones no regulares

2. En aquellas actividades no regulares, en las que pueda preverse la posibilidad de un incremento significativo de la exposición de los trabajadores, el empresario, una vez agotadas todas las posibilidades de adopción de otras medidas técnicas preventivas para limitar la exposición, deberá adoptar, previa consulta a los trabajadores o sus representantes, las medidas necesarias para:

a) Evitar la exposición permanente del trabajador, reduciendo la duración de esta al tiempo estrictamente necesario.

b) Adoptar medidas complementarias para garantizar la protección de los trabajadores afectados, en particular poniendo a su disposición ropa y equipos de protección adecuados que deberán utilizar mientras dure la exposición.

c) Evitar que personas no autorizadas tengan acceso a las zonas donde se desarrollen estas actividades, bien delimitando y señalizando dichos lugares o bien por otros medios.”

(Real Decreto 665/1997)

Tras este análisis de las disposiciones frente a los riesgos, existen más normativas que entrañan relevancia para el ámbito de investigación.

En estos términos, encontramos el **Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.**

El cometido de este documento es el de servir como garante para que no existan riesgos en la seguridad y salud cuando exista la presencia, o bien sean utilizados, los equipos de trabajos de los que disponen los trabajadores en un centro de trabajo.

Así mismo, este Real Decreto en su artículo 2, define los siguientes términos:

Equipo de trabajo
Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.
Utilización de un equipo de trabajo
Cualquier actividad referida a un equipo de trabajo, tal como la puesta en marcha o la detención, el empleo, el transporte, la reparación, la transformación, el mantenimiento y la conservación, incluida, en particular, la limpieza.
Zona peligrosa
Cualquier zona situada en el interior o alrededor de un equipo de trabajo en la que la presencia de un trabajador expuesto entrañe un riesgo para su seguridad o para su salud.
Trabajador expuesto
Cualquier trabajador que se encuentre total o parcialmente en una zona peligrosa.
Operador del equipo
El trabajador encargado de la utilización de un equipo de trabajo.

Tabla 8. Definiciones recogidas en el artículo 2. Fuente: Real Decreto 1215/1997.

Es obligación del empresario la adecuación de estos equipos de trabajo, bajo las medidas de seguridad necesarias en su instalación y comprobación inicial a cada nuevo montaje, siendo comprobadas periódicamente por personal competente.

Para los trabajos temporales en altura, las disposiciones se verán modificadas por las del **Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre**.

En el **Real Decreto 1076/2021, de 7 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual**, puede obtenerse una relación acerca de los equipos de protección individual adecuados a los trabajos a ejecutar.

Se establece su elección, utilización y mantenimiento, todo ello cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Recoge una lista indicativa y no exhaustiva de actividades y sectores que posiblemente requieran el uso de estos equipos, en función del riesgo y la parte del cuerpo afectada.

En algunos supuestos, existirá la concurrencia de dos o más empresas en un mismo centro de trabajo. Por ello, se precisa establecer unas medidas, como el intercambio recíproco de información y evaluación de riesgos entre las mismas.

Las empresas deben apoyarse en las disposiciones del **Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales**.

Este decreto tratará de coordinar las obligaciones de las distintas partes intervinientes para evitar la problemática y mejorar la siniestralidad laboral causada por este tipo de factores.

Instrucciones no vinculantes y recomendaciones

Respecto a las instrucciones no vinculantes, el técnico puede hacer uso de las Guías Técnicas Orientativas, siendo elaboradas, para el territorio nacional, por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, INSST. Proporcionan apoyo en la interpretación de los criterios estipulados en los citados Reales Decretos.

Por otra parte, se encuentran las Notas Técnicas de Prevención. Esta documentación, comúnmente conocida como NTP, también es realizada, por el propio INSST, bajo la intención de resolver y aportar claridad a las dudas que pueden generarse cotidianamente en las empresas, tras la interpretación de las distintas leyes y normativas. Este carácter práctico las convierte en “indispensable para todo preventivo” y posibilita la consulta de cuestiones concretas a los profesionales de la prevención y demás partes interesadas.

En estos términos, se encuentra la **NTP 223. Trabajos en Recintos Confinados. (INSST)**, el cual describe la materia básica, fundamental para la realización de estas actividades. Este documento se desglosará a lo largo de esta investigación.

Además, puede obtenerse ayuda de los distintos recursos, analizando las necesidades empresariales en materia preventiva y los objetivos a acometer para una correcta gestión de los procedimientos de trabajo. Podemos emplear como soporte estas notas:

- Para el análisis de estos recintos:
 - NTP 1: Estadísticas de accidentabilidad en la empresa.
 - NTP 278: Zanjas: prevención del desprendimiento de tierras.
 - NTP 1060: Fosos de inspección de vehículos: seguridad.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

- Para los procedimientos de trabajo:
 - NTP 30: Permisos de Trabajos Especiales.
 - NTP 559: Sistema de gestión preventiva: procedimiento de control de la información y formación preventiva.
 - NTP 560: Sistema de gestión preventiva: procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo.
 - NTP 562: Sistema de gestión preventiva: autorizaciones de trabajos especiales.
- Frente a los riesgos potencialmente presentes:
 - NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas.
 - NTP 340: Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes.
 - NTP 369: Atmósferas potencialmente explosivas: instalaciones eléctricas
 - NTP 379: Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad.
 - NTP 447: Actuación frente a un accidente con riesgo biológico.
 - NTP 486: Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico.
 - NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos.
 - NTP 630: Riesgo de incendio y explosión atmósferas sobre oxigenadas.
 - NTP 775: Riesgos higiénicos de los trabajadores de estaciones de servicio
- Para la adopción de medidas preventivas:
 - NTP 741: Ventilación general por dilución.
 - NTP 787: Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases.
 - NTP 1117: Consignación de máquinas.
- Para la coordinación de actividades empresariales, son de ayuda las siguientes NTP:
 - NTP 918: Coordinación de actividades empresariales (I).
 - NTP 919: Coordinación de actividades empresariales (II).
 - NTP 1052: Coordinación de actividades empresariales: criterios de eficiencia (I).
 - NTP 1053: Coordinación de actividades empresariales: criterios de eficiencia (II).
 - NTP 1071: Gestión de la seguridad y salud en obras sin proyecto (I): en un centro de trabajo con distinta actividad.

2.4. Evolución a nivel bibliográfico.

A continuación, se aborda un análisis evolutivo de “espacio confinado” como término.

Para esta búsqueda se han empleado herramientas de búsqueda académicas, entre las que se encuentran Dialnet, Scopus, Elsevier y Google Scholar.

Mediante la base de datos de referencia bibliográfica Web Of Science, se identifica cómo se ha hecho uso de esta palabra a lo largo de la historia reciente. Al realizar la búsqueda de las palabras “confined space”, en idioma inglés, entre los documentos y artículos científicos que recogen, encontramos los siguientes resultados gráficos:

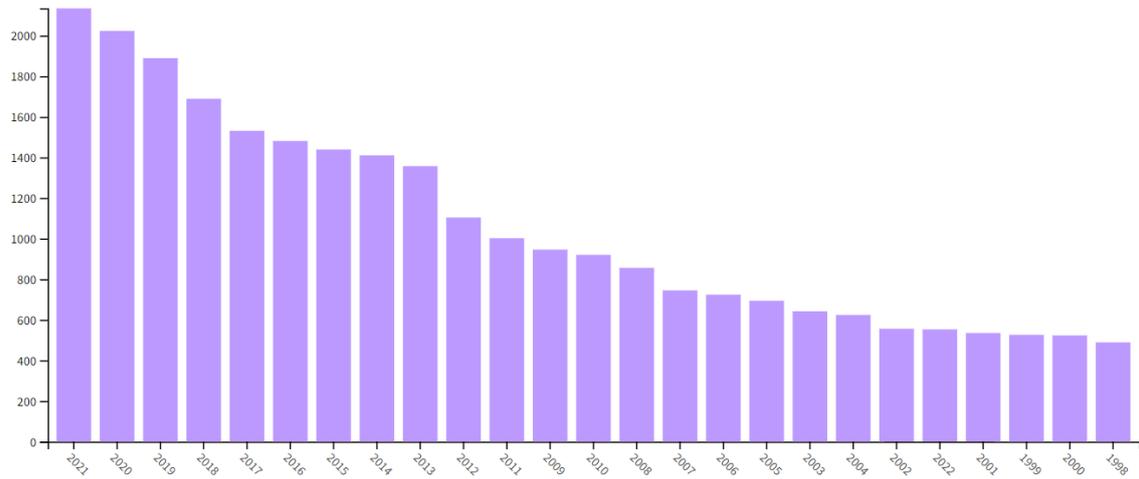


Tabla 9. Gráfica de documentos que contiene el término “confined space” por año. Fuente: Web of Science.

En la gráfica se muestra una relación de los artículos por año, podemos encontrar una notoria y exponencial subida, especialmente en la pasada década, en el número de citas en las que se incluye el término. Este hecho clarifica que cada año se recoge más información, proliferando una inquietud y estudiando la temática con la importancia y desarrollo que requiere.

Los libros divulgativos que han sido de consulta han resultado imprescindibles, dado que exponen la serie de razones por la que es importante este estudio. En líneas generales, estos artículos exponen resultados acerca de las medidas preventivas que son fundamentales para las labores en estos espacios, aportando herramientas para alcanzar una óptima y comprensible estrategia para mejorar la seguridad y salud de los trabajadores. En particular, la mayoría de las medidas investigadas pertenecen a los ámbitos de identificación de los espacios y los gases existentes en el interior con su detección, medición y el monitoreo continuo de sus concentraciones mientras se realizan los trabajos.

En la bibliografía nacional encontramos la guía “*Trabajos en recintos confinados*”, bajo la autoría de Iñigo Altube Basterretxea y editado por el Instituto de Formación Práctica de Riesgos Laborales.

Este documento aglutina gran parte de la información disponible, aportando un amplio enfoque y solucionando las dudas que pueda ocasionar, junto con un desglose de medidas

Trabajos en Recintos Confinados



preventivas precisas con el objetivo de permitir “...a los técnicos de seguridad, adquirir los conocimientos para desarrollar procedimientos adecuados a todas las situaciones posibles y a los trabajadores ser capaces de seguirlos e interpretarlos de manera que su trabajo se realice con el mayor nivel de seguridad posible.”

En él, se encuentra gran cantidad de la teoría: riesgos y sus medidas preventivas, procedimientos, equipos, herramientas y agentes que intervienen, además de cómo afrontar rescates y emergencias.



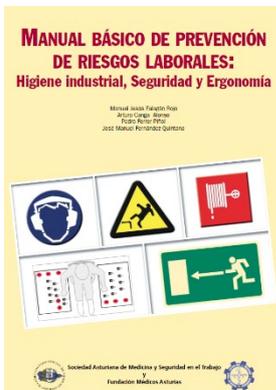
También se encuentra la guía *Identificación y prevención del riesgo en espacios confinados*, elaborada por el INSST.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España



La publicación de este cuestionario propone el tratamiento metodológico de medidas de actuación concretas a los espacios confinados, con alusión a los trabajos requeridos por los técnicos titulados en prevención de riesgos laborales. Se emplea, para el análisis, una serie de preguntas acerca de la descripción del recinto, características de la atmósfera y las tareas a realizar, para guiar mediante una serie de medidas de control cómo afrontar tareas, eliminando o reduciendo los riesgos.

Otro recurso disponible es el ofrecido por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, bajo su Guía de Actuación Inspectoral en Espacios Confinados. Esta guía desglosa la información bajo una sucesión de ítems, abarcando con suficiencia los aspectos técnicos y procedimentales para el caso de ingresar en un recipiente de este tipo. Recoge la legislación aplicable para la posterior consulta del inspector, con el objetivo de detallar la información. Por último, contiene en un anexo un modelo para la elaboración de un permiso de trabajo especial.



El Manual Básico de Prevención de Riesgos Laborales elabora, en base a las modalidades preventivas, criterios e información diversa para así poder efectuar trabajos bajo unas condiciones óptimas, además de un cuestionario para evaluar lo aprendido.

Por último, han sido analizadas las conclusiones que presenta la tesis doctoral Análisis de las condiciones de seguridad en los espacios confinados de las bodegas de elaboración de vino de la región de Murcia (Pérez Sedano, 2017), en lo referente a las medidas de emergencia y su efecto en las empresas en la gestión de la prevención de estas, mostrando evidencias de una errónea implantación de la evaluación de riesgos y protocolos de rescate en las mismas.

3. JUSTIFICACIÓN.

3.1. Análisis estadístico de siniestralidad en espacios confinados.

Dadas las condiciones intrínsecas de estos espacios y las características que involucran, a lo largo de los años se han tomado diversas estadísticas para visualizar la problemática que supone la entrada a zonas de este calibre y las distintas operaciones que se llevan a cabo en las mismas.

En la legislación nacional se refiere al concepto de accidente de trabajo.

“Se entiende por accidente de trabajo toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena.”

(Real Decreto Legislativo 8/2015)

Los accidentes laborales son el resultado de una alteración imprevista que afecte a la integridad física del trabajador, debido a causas que hubieran podido evitarse en muchos casos.

En este apartado se analizan los datos de dichas investigaciones, identificando los factores que potencialmente contribuyen en este tipo de incidentes.

El análisis estadístico de los factores característicos de los accidentes permitirá extraer una información útil con la que establecer dentro de un programa preventivo una serie de acciones concretas para reducir unos determinados tipos de accidentes (INSST, 1982a).

Son numerosos los motivos por los que suceden los accidentes de trabajo. A modo de resumen podemos señalar:

“Aun existiendo un motivo de accidente, no siempre ocurre. La materialización del riesgo responde a la concurrencia simultánea de varios factores de riesgo que, por suerte, no siempre ocurre, lo que conlleva a una creencia de que “no va a pasar nada”:

- *Desconocimiento del riesgo por parte de los trabajadores. En ocasiones puede deberse a una formación en prevención de riesgos laborales inexistente o insuficiente y/o a la temporalidad e inexperiencia en el trabajo.*
- *Exceso de confianza durante el desempeño de las tareas encomendadas.*
- *Improvisación tanto en la planificación de los trabajos como en su realización.*
- *Factores psicosociales como la tensión psíquica y el estrés que pueden disminuir la atención o fomentar las actuaciones rutinarias.*
- *Limitada conciencia personal, social y empresarial de lo que éstos suponen: pérdidas humanas, sociales y económicas.”*

(INSST, 2002)

Se estiman que en torno al sesenta por ciento de estos decesos ocurren mientras se intenta auxiliar a las víctimas (INSST, 2002).

En el ámbito nacional carecemos de estadísticas oficiales de accidentabilidad laboral con peso para poder analizar los que se originan dentro de estos recintos. A pesar de ello, los medios

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

de comunicación del país repetidamente se hacen eco de fallecimientos, intoxicaciones y pérdidas de conocimiento en labores llevadas en cabo en recintos confinados.

A continuación, se muestran distintas noticias que narran la problemática que generan estos espacios, con sus respectivas causas:

ECONOMÍA · ACCIDENTE LABORAL EN NAVARRA

Mueren dos trabajadores en un accidente en la depuradora de Corella

AGENCIAS | REDACCIÓN

Última actualización: 27/07/2018 22:09 (UTC+2)

Ambos han caído a un pozo con agua residual de unos tres metros. La ausencia de oxígeno podría haber provocado el desvanecimiento de las víctimas, de 35 y 54 años, y su posterior ahogamiento.

ACCIDENTE LABORAL

Dos trabajadores mueren durante su jornada tras caer a un pozo en Valladolid

El suceso se desencadenó cuando una de las personas que resultó fallecida, empleada de la empresa, de 58 años, al parecer cayó accidentalmente. El compañero fue ayudar y también murió.

RADIO SEVILLA

Fallecen dos trabajadores intoxicados en una fábrica de piensos en Salteras

El accidente laboral se ha producido poco antes de las diez de la mañana en la planta industrial de Piensos de Salteras, dedicada a la fabricación de piensos animales.

EFE | Sevilla

25/05/2016 11:33

Los dos trabajadores fallecidos ayer en la fábrica de piensos en la localidad de Salteras (Sevilla), murieron por «intoxicación fulminante de gases», según han informado a Efe fuentes de la investigación. Las fuentes han precisado que a falta de realizar otros estudios toxicológicos, las muertes se produjeron por este motivo. Al parecer uno de los trabajadores cayó a un tanque de unos dos metros de profundidad por (según informó el servicio de emergencias 112) una posible rotura del sistema de seguridad.

El otro trabajador que después resultó fallecido se lanzó en su ayuda, y al ser sacados ambos por otros compañeros ya estaban los dos inconscientes y sin pulso. Ambos fueron auxiliados por dos compañeros que también fueron atendidos, uno con pronóstico leve también afectado por gases, y otro por una crisis de ansiedad, y ambos fueron trasladados para recibir atención hospitalaria.

Dos muertos y un herido grave por intoxicación en Puertollano

PUERTOLLANO (CIUDAD REAL) | EFE

Actualizado 24/03/2011 02:13h

Dos trabajadores fallecieron por asfixia en la factoría de Petróleo de Puertollano (Ciudad Real) ayer por la tarde. Según indicó el director de Recursos Humanos de esta fábrica, Fernando... los empleados fallecidos se encontraban haciendo trabajos de mantenimiento en un tanque de drenaje de la planta de aguas ácidas.

SUCESOS

Un trabajador de 24 años queda inconsciente al caer a un pozo en una cooperativa de Cuenca

Accidente laboral en la cooperativa agrícola de Santa María de los Llanos.

25 octubre, 2021 - 13:10

Imagen 12. Recortes de diversos periódicos, que relatan accidentes en espacios confinados. Fuentes: Eitb, 2018; Cadena Ser, 2016; Público, 2019; El español, 2021.

En el ámbito autonómico, se encuentra el compendio de accidentes *Pudo haberse evitado*, que publica los informes de la Junta de Andalucía relativos a su base de accidentes de trabajo. En esta revista, encontramos varios siniestros que se desarrollaron en la ejecución de tareas en espacios confinados. La calificación de este tipo de accidentes es de graves y muy graves, con sanciones altas dado que se cometen imprudencias que implican infracciones de los principios generales de la acción preventiva, tanto por la persona que trabaja en el interior como por las que la auxilian bajo ausencia de medidas de seguridad.

En el número 69, una explosión en un tanque de acero inoxidable almacenador de hidrocarburos acabó con la vida de dos operarios y otro más con lesiones muy graves, que se encontraban realizando tareas de soldadura.

La evaporación y depósitos de gases combustibles en el interior y las paredes causaron una concentración de hidrocarburos que, al combinarse con el aire y aproximarse a un foco de ignición, generó una explosión.



Imagen 13. Tanque donde se produjo el accidente. Fuente: Junta de Andalucía, 2019

Estos informes de accidentes derivan, en este documento, en un árbol de causas, el cual los motivos causantes del daño.

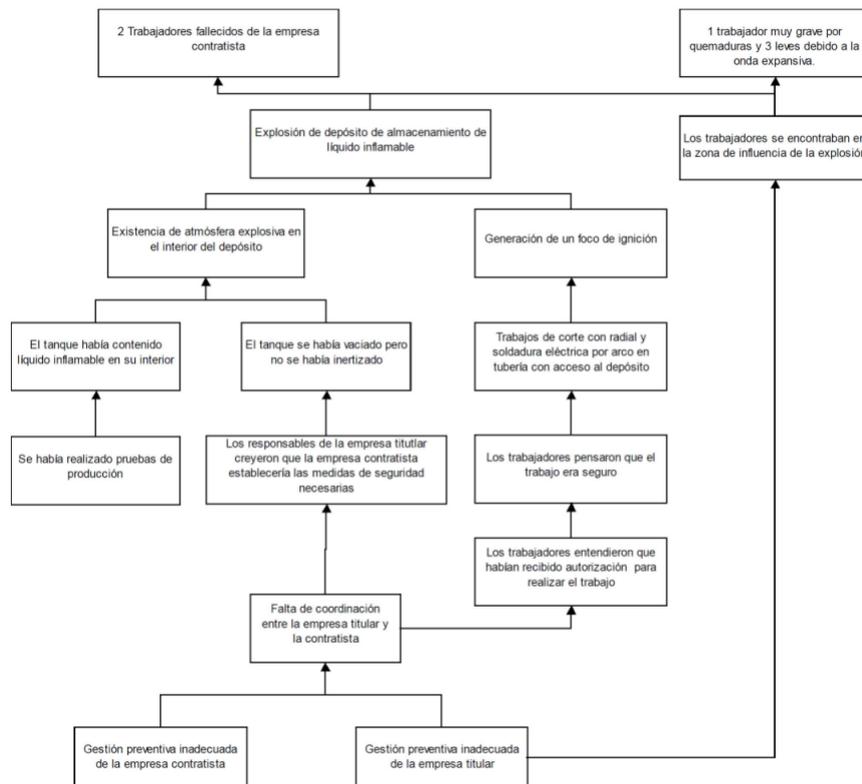


Tabla 10. Ejemplo de árbol de causas. Fuente: Junta de Andalucía, 2019

Si bien es cierto que estas investigaciones muestran las causas potenciales de los accidentes, resulta difícil determinar cuantitativamente la frecuencia de su contribución en los siniestros (Wang & Zhao, 2022). Por ello, en este estudio nos atenemos a investigaciones de otros países.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Según el Census of Fatal Occupational Injuries. CFOI, en el periodo transcurrido entre 2011 y 2018, la cantidad de 1030 trabajadores perdieron su vida en tareas relacionadas con espacios confinados, siguiendo la definición que nos proporciona la OSHA:

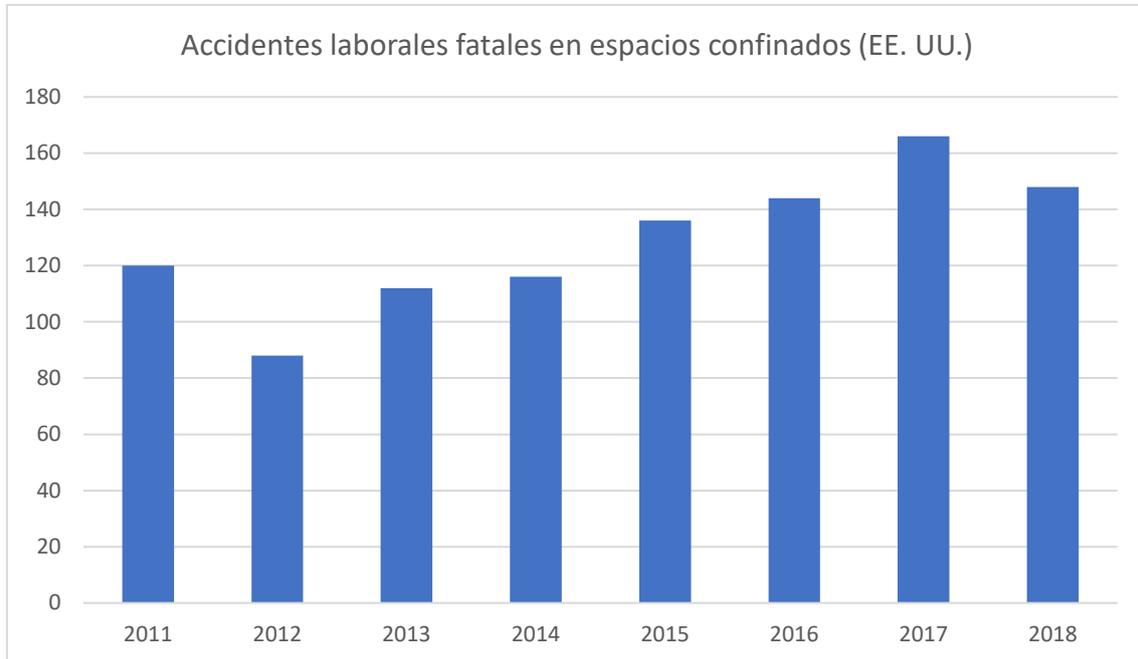


Tabla 11. Accidentes en espacios confinados fatales entre 2011 y 2018. Fuente: U.S. Bureau of Labor Statistics, 2020.

Atendiendo a esta gráfica, los trabajos en espacios confinados suponen una media de 128 decesos anuales en este periodo, en torno a 2 semanales.

Esta última Administración analiza también la causa de estos fallecimientos, poniendo el foco en los peligros físicos, describiendo como la mayor causa de este tipo de accidentes.

Los tres siguientes accidentes son los que suponen casi la mitad de las muertes en este periodo evaluado:

1. Inhalación de sustancias peligrosas y/o deficiencia de oxígeno: 165 muertes
2. Colapso de terreno: 168 muertes
3. Caídas: 165 muertes

Si se analiza la actividad del trabajador, la industria constructiva lidera la tabla. Cabe distinguir que la mayoría de los accidentes se produjeron en tareas de reparación y mantenimiento.

En China, de 61 accidentes ocurridos en 2018 en este tipo de trabajos, 112 personas perdieron la vida. También en 2021, 17 incidentes resultaron en 45 fallecidos y 15 lesiones. Con ello, determinamos que un único siniestro suele involucrar a más de un individuo. De 386 incidentes de los que se conocen los claros causantes, Wang y Zhao muestran un desglose de las causas atribuidas a cada uno:

Tipo de accidente	Total
Explosión	32
Electrocución	5
Caída en altura	4
Fuego	8
Maquinaria	4
Atrapamiento	2
Ahogamiento	4
Asfixia o envenenamiento	263
Quemadura	3

Tabla 12. Relación de 386 accidentes. Fuente: Wang & Zhao, 2022.

Como puede contemplarse, la causa general de los accidentes es la necesidad de entrada a estas zonas de alto riesgo. La medida de control más efectiva será no entrar, dando paso a la evolución de la técnica e incrementando el empleo de tecnologías innovadoras. A pesar de ello, esta idea solo puede acometerse en una cantidad pequeña de espacios, al no poder realizar, por ejemplo, tareas de limpieza y mantenimiento de manera efectiva. Cuando la experiencia asegura la necesidad imperiosa de acceder al interior, es necesario conocer los riesgos para, posteriormente, realizar una evaluación de estos.

3.2. Elección de la temática del trabajo.

Resulta ineludible explicar el por qué, con la ayuda de mis tutores, he elegido este asunto como investigación que finalice mi formación en esta titulación.

En la relación de trabajos de investigación realizados en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Edificación, no han sido hallados alguno que contemplara y analizara la problemática que confrontan el ingreso a estos recintos.

A lo largo de mi experiencia laboral, he podido identificar la prevención de riesgos laborales como necesaria, fundamental en el día a día de la industria, primando siempre la seguridad del trabajador ante todos los riesgos que puedan presentarse en el ámbito laboral. Es por ello, que ingresé en el Máster Universitario en Seguridad Integral en Edificación, con el fin de ampliar mis conocimientos sobre cómo afrontar las tareas que implicaran mejoras en la seguridad y salud de los trabajadores. La impartición de las especialidades y disciplinas preventivas, definidas en el Real Decreto 39/1997, Reglamento de los Servicios de Prevención, han hecho elevar mi formación, para así poder interpretar y desempeñar con claridad documentos como los que se desarrollan en este libro, para una posterior integración de las ideas que recogen, en mi desarrollo profesional.

Durante el transcurso del año académico, identifique unas situaciones complejas, que son necesarias de realizar para un correcto funcionamiento de las instalaciones: Los espacios confinados. El acceso a ellos es esporádico, para tareas usualmente de corta duración y específicas y controladas, siendo preciso conocer con detalle y escrupulosamente el cómo proceder. El trabajador que no encuentre interés en la prevención es probable que desconozca la existencia de estos lugares, además de todo lo que conlleva un ingreso en los mismos.

Además de suscitarme un interés personal, el fundamento de este trabajo no es más que el de adquirir experiencia en este sector, empleando un sofisticado análisis de todo lo que hay escrito, esclareciendo los conceptos para entender la problemática que involucran los

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

trabajos en espacios confinados. Por ello, el propósito es aunar la información, recopilando la que se encuentra dispersa y no reglada, del mismo que ahondar en la materia que reglamenta estas operaciones.

Espero que sirva de ayuda para los técnicos en prevención de riesgos laborales, para implemente un sistema de organización de manera adecuada a la realización de tareas en espacios confinados, o bien de cualquier otra condición, que pueda considerar útil la información que se desglosa en este trabajo de fin de máster.

4. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Atendiendo a lo expuesto, y quedando establecidas las perspectivas del trabajo, se realiza un desglose de los objetivos determinados, para alcanzar el propósito de este estudio.

Este trabajo de investigación está centrado en la exploración y síntesis de los fundamentos que recogen las consideraciones para tareas en espacios confinados, atendiendo a las peculiaridades de razón técnica que presenta la industria del petróleo. El objetivo principal es el de establecer una metodología técnica depurada, en base al conocimiento que aporte el análisis, la cual pueda implementarse para cualquier tarea que involucre un recinto clasificado como confinado.

Este objetivo general puede dividirse en los siguientes objetivos específicos:

- O1. Revisar la normativa de referencia disponible, que rigen los aspectos obligatorios de los trabajos en espacios confinados.
- O2. Identificar qué son y los tipos de espacios confinados, las características que lo componen y cómo se clasifican en la documentación existente.
- O3. Analizar a nivel estadístico qué daño causan y por qué ocurren los accidentes en los recintos confinados.
- O4. Identificar los riesgos presentes en estos espacios y realizar una clasificación los mismos.
- O5. Analizar cómo funciona y se dispone, en términos de seguridad laboral, una instalación de almacenamiento en el sector petrolífero.
- O6. Describir la preparación requerida para adecuar el espacio de trabajo, previo al inicio de las operaciones en el interior.
- O7. Estudiar a qué componentes, por qué y cómo realizar las distintas mediciones para controlar los gases presentes en el interior de un recipiente de almacenamiento petrolífero.
- O8. Realizar un estudio de la importancia en la ventilación de estos espacios, describiendo los tipos y componentes que lo regulan.
- O9. Destacar la importancia de un buen plan de rescate y la necesidad de una adecuada instrucción.

5. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La metodología implementada para el desarrollo de este trabajo de fin de máster ha sido determinada bajo una secuencia de fases, en el transcurso del año académico.

❖ **Fase I: Propuesta**

Para la elaboración de este trabajo de investigación, se identificó la necesidad de, a raíz de los numerosos accidentes y decesos que con frecuencia ocurren cuando se opera en espacios confinados, otorgarle un enfoque exploratorio, que observara cómo reducir la problemática de los distintos procedimientos de trabajo. Esta evidencia mostró que sería un trabajo viable, por lo que se propusieron los primeros esbozos para poder afrontar este trabajo.

❖ **Fase II: Revisión bibliográfica**

Posteriormente, se inició la búsqueda de información general, bajo la premisa de estudiar este tipo de recintos en un entorno industrial, para ampliar así el conocimiento en materia de prevención de riesgos laborales. Toda esta información fue recabada mediante los recursos disponibles en la red, mediante bases de datos bibliográficas, artículos y libros de carácter divulgativo, nacionales e internacionales, en suficiente cantidad, que podrían sentar las bases de un trabajo de fin de máster que refiriese a esta premisa.

❖ **Fase III: Conceptualización del tema a abordar**

La búsqueda documental, desembocó en una serie de conclusiones acerca de la seguridad y salud de los trabajadores, empleo de la maquinaria y tareas de rescate, en base a una investigación formal de la distinta documentación disponible y la normativa aplicable, empleando un esquema conceptual para visualizar cómo afrontar el trabajo en su contenido.

Posteriormente, al definir el problema a investigar, los objetivos de este trabajo fueron acotados, mediante una amplia posibilidad de variables. La investigación implementaría tanto metodologías de carácter cuantitativo, con el uso y análisis de estadísticas y valores, como cualitativo, mediante la observación de la problemática en los distintos modos que puede acometerse un trabajo de estas características.

❖ **Fase IV: Sectorización**

Tras las primeras sesiones de seguimiento con mis tutores, se concretó la idea de abordar un sector específico, que contuviera un número amplio, en cantidad y tipología, de estos recintos. Barajando entre el sector minero y el petrolífero, se optó por estudiar la idiosincrasia propia del segundo.

De nuevo, se realizó un análisis más exhaustivo de todas las disposiciones, obligaciones y demás requerimientos que entrañan la industria del petróleo, los distintos procesos industriales en las que se divide y las sustancias que se ven involucradas.

❖ Fase V: Entrevista con empresa especializada y visita

Con el fin de realizar un análisis profundo, además de lo existente y disponible a cualquier interesado en esta cuestión, se estableció comunicación con una empresa referente en el sector, que abarca el proceso en todas sus fases en territorio nacional. Esta organización ha proporcionado documentación no accesible al público en general, que relaciona el procedimiento para ingresar en los diversos recintos confinados que manipulan, con todas las medidas que implementan a lo largo de la producción.

Posteriormente, se realizó un trabajo de campo, con la finalidad de conocer in situ cómo gestionan las instalaciones y los emplazamientos que contiene.

❖ Fase VI: Desarrollo del trabajo

En base a los conceptos determinados, lo recopilado y la información profesional obtenida, se comienza a seleccionar las ideas, constituyendo el corpus teórico de la investigación.

La bibliografía de consulta ha sido recolectada mediante el programa de gestión de referencias Mendeley, insertando la documentación revisada y citada a medida que se avanzaba en la realización de este trabajo.

Durante estas sesiones presenciales con los tutores, se trataron los aspectos formales del documento, como la maquetación y el cómo redactar los capítulos que se encuentran en él.

❖ Fase VII: Evaluación y revisión. Supuesto práctico.

En esta fase se verifica que se ha realizado satisfactoriamente el análisis sistemático de las hipótesis de partida, mediante la elaboración de un posible escenario, que abarque toda la materia desgranada con anterioridad.

Para la evaluación, se decide, para contrastar lo argumentado, realizar una miscelánea de todos los aspectos que involucran una operación en un espacio confinado, desde la identificación del recinto, su análisis, el establecimiento de medidas preventivas y la desgasificación para, por último, efectuar el ingreso en condiciones de trabajo óptimas.

❖ Fase VIII: Conclusiones

A partir de la evaluación, se confeccionan una serie de conclusiones, enlazando los objetivos que se plantearon en anteriores fases. Con ello, se da por finalizado el trabajo de investigación.

6. ESPACIOS CONFINADOS EN LA INDUSTRIA PETROLÍFERA DE ALMACENAMIENTO

Este capítulo versa sobre los conceptos y definiciones claves del tema específico en cuestión, abordando la revisión de lo contenido en la reglamentación que rige el sector del petróleo, el cual establece unos criterios mínimos para la seguridad de estos emplazamientos.

Además, se desglosan tanto los riesgos que enfrenten los operarios que ingresen en los distintos recipientes que almacenan hidrocarburos, como las medidas preventivas para afrontarlos.

6.1. Tipología de actividad en el almacenamiento petrolífero.

Haciendo uso de las disposiciones que se recogen en el Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas, se procede a identificar:

1. ¿Cuáles son las fases del proceso industrial petrolífero?
2. ¿Qué se almacena?
3. ¿Cómo se almacena?
4. ¿Cuáles son las figuras intervinientes en el proceso?

Dicho sector puede ser dividido en tres campos. El primero es el refinado del crudo de petróleos, posteriormente almacenando los productos que se distribuirán, en la tercera fase, para su empleo.



Tabla 13. Campos del sector petrolífero. Fuente: Real Decreto 2085/1994.

En este trabajo de investigación se desglosarán las especificaciones recogidas en el secundario. Por tanto, están recogidos las instalaciones que se encuentran destinadas a almacenar hidrocarburos a lo largo de esta fase. Dicha fase constituye un “pulmón” entre la producción y transporte (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2009).

Los productos derivados del petróleo con los que se trabajan en estas instalaciones quedan contenidos bajo esta clasificación. Concretamente, al ser los productos de consumo de vehículos de transporte, es más usual en este sector el almacenamiento de los hidrocarburos de clase B y C.

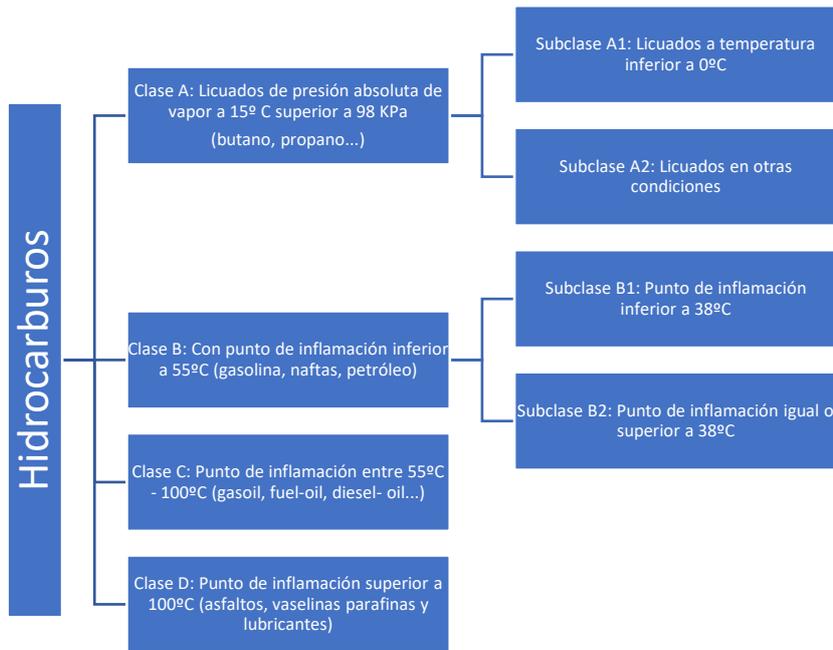


Tabla 14. Clases de hidrocarburos. Fuente: Real Decreto 2085/1994.

Para observar el método de almacenamiento, se encuentra la Instrucción técnica complementaria MI-IP 01 «Refinerías», se recogen las siguientes definiciones:

Área de las instalaciones
Superficie delimitada por la proyección normal sobre el plano horizontal del perímetro de la instalación considerada.
Parque de almacenamiento
Es el conjunto de todo tipo de depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos ubicados en un área que incluye los tanques propiamente dichos y sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y los sistemas de trasiego anejos.
Líneas de explotación
Tuberías de proceso dentro de las unidades, las líneas de trasiego de hidrocarburos fuera de ellas y las de llenado y vaciado de los tanques.

Tabla 15. Definiciones técnicas en el almacenamiento petrolífero. Fuente: Real Decreto 2085/1994.



Imagen 14. Instalación de almacenamiento en Motril, Granada, España. Fuente: Google Earth

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

A efectos de la Instrucción técnica complementaria MI-IP02 «parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos», se considera recipiente a toda cavidad con capacidad de almacenamiento o de retención de fluidos, con la salvedad de: tuberías, bombas, vasos de expansión y válvulas.

El almacenamiento de hidrocarburos líquidos se realizará de forma que queden contenidos en depósitos o tanques. Estos recipientes son fijos, con las limitaciones que por cada caso o producto que almacenen se establezca, los recipientes se podrán instalar:

1. Sobre el nivel del terreno o de superficie (aéreos).
2. Semienterrados.
3. Bajo el nivel del terreno, que pueden estar enterrados o no.

Un ejemplo de estos recipientes son los tanques atmosféricos de eje vertical. Estos tanques, pueden ser de:

1. Techo fijo.
2. Techo flotante, a cielo abierto.
3. Techo fijo con pantalla flotante, denominado interno.

El término “flotante” aludirá al descenso de la cota superior en función de la cantidad de hidrocarburos líquidos que contenga, a través de una membrana que se solidariza. Es empleado para reducir los espacios de aire, manteniendo el techo a la altura máxima del producto, con la finalidad de no generar vapores y , por ende, disminuir la probabilidad de que se cree una atmósfera potencialmente explosiva.



Imagen 15. Pantalla flotante de tanque. Fuente: Emerson, 2018

Todas las áreas de las instalaciones bien sean interiores o exteriores, se deben clasificar en función del riesgo potencial de explosión a causa de la presencia de gases, vapores o nieblas inflamables mezcladas con el aire, estableciendo los grados de peligrosidad y la extensión de los emplazamientos peligrosos.

En general, los tanques de almacenamiento se dispondrán en parques, procurando reunir los que contengan hidrocarburos de la misma clase o subclase (Real Decreto 2085/1994):

- “El almacenamiento de hidrocarburos de la clase A se efectuará en depósitos a presión.
- Los de la clase B, cuya tensión de vapor sea superior a la atmosférica, como máximo en 1 kilogramo/centímetro cuadrado, a la máxima temperatura posible de almacenamiento, se efectuará en tanques a baja presión;
- Los de la clase B (excepto los mencionados anteriormente), y los de las clases C y D, podrá efectuarse en cualquiera de los tipos de tanques atmosféricos.
- Los tanques mayores de 500 metros cúbicos para almacenamiento de petróleo crudo, deberán ser de techo flotante.”



Imagen 16. Disposición de tanques en función del hidrocarburo que contiene. Fuente: Google Earth

Respecto a los agentes que intervienen, corresponde a lo que se denomina *Empresa propietaria o arrendataria*, que es la titular de la instalación, conservarla adecuadamente en funcionamiento, restringiendo su utilización si no se dispone de las suficientes garantías para la seguridad de las personas. Igualmente cuidará de que las inspecciones y revisiones se efectúen en tiempo oportuno, impidiendo su funcionamiento cuando tenga conocimiento de que la instalación no reúne las debidas condiciones de seguridad. Para ello, será realizado un registro documental de las revisiones de conservación e inspecciones periódicas que se realicen en la misma, así como de las deficiencias observadas.

Para definir los responsables de instalar y reparar las instalaciones de P.P.L., se dispone de la Instrucción técnica complementaria MI-IP05 «Instaladores o reparadores y empresas instaladoras o reparadoras de productos petrolíferos líquidos». Esta ITC garantiza también un marco de protección para unas condiciones de trabajo seguras.

Empresa instaladora de P.P.L.	Persona física que realiza y mantiene las instalaciones de productos petrolíferos líquidos (exceptuando, una vez puesta en servicio la instalación, la realización de estas operaciones dentro de recintos confinados).
Empresa reparadora de P.P.L.	Persona física que repara y mantiene el almacenamiento de las instalaciones de P.P.L. (ampliando su campo de actividad a todas las operaciones que sea necesario realizar dentro de recintos confinados).
Instalador de P.P.L.	Persona física o jurídica que realiza, mantiene o desmonta las instalaciones de productos petrolíferos líquidos (excepto la realización de estas operaciones dentro de un recinto confinado).
Reparador de P.P.L.	Persona física o jurídica que repara y mantiene el almacenamiento de las instalaciones de P.P.L. (ampliando su campo de actividad a todas las operaciones que sea necesario realizar dentro de recintos confinados).

Tabla 16. Definiciones de empresa instaladora y reparadora P.P.L. Fuente: Real Decreto 365/2005



Imagen 17. Instalación de almacenamiento en San Roque, Cádiz, España. Fuente: Google Earth

6.2. Identificación no exhaustiva de espacios confinados en el sector petrolífero.

En una instalación petrolífera, acorde con las diversas definiciones de espacio confinado, que se han recogido en el Estado de la Cuestión y encajando con los condicionantes y criterios, puede estimarse una recopilación de parte de los recintos que pueden ser catalogados bajo esta denominación.

Tras el análisis previo, un recipiente de estas características podrá contener, generalmente, las respectivas características especiales:

- Accesibilidad limitada.
- No estar diseñado para ser ocupado permanentemente.
- Dimensión que genera una posición incómoda para realizar los trabajos.
- Presencia de una atmósfera peligrosa, con especial atención si es potencialmente explosiva.
- Deficiencias en la iluminación y la ventilación.
- Dificultad de entrada con equipos de respiración.
- Dificultad de sacar a una persona inconsciente en posición doblada.

Habida cuenta de estas limitaciones, la siguiente tabla recoge una relación de los recipientes y zonas que son ejemplos meridianos de espacio confinado en un emplazamiento petrolífero.

Tanques	Aéreos	Vertical
		Horizontal
	Enterrados	
Depósitos	Aéreos	Vertical
		Horizontal
	Enterrados	
Cisternas	Compartimentadas	
	Sin compartimentar	
Unidades repostadoras UU.RR.		
Arqueta, fosos, balsas	Enterrada (por debajo de cota cero)	
	Por encima de cota cero	
Zanja o excavación a cielo abierto	A partir de 1,5 metros de profundidad	

Tabla 17. Relación de espacios confinados en el sector petrolífero. Elaboración propia.

Tanques aéreos y enterrados



Imagen 18. Tanque aéreo vertical. Fuente: Grupo Cobra, 2022

Es el recipiente estático que más encontramos cuando se habla de preservar los productos derivados del petróleo. Disponen de elementos para controlar la temperatura interior y el nivel de líquido. El material más empleado para su construcción es el acero al carbono.

Los tanques enterrados son empleados en los servicios militares, para la protección ante amenazas externas.



Imagen 19. Exterior, vía de acceso e interior de un tanque enterrado. Fuente: Cedidas por empresa del sector

Deposito aéreo

Forma parte del proceso de producción del producto petrolífero, conservando los distintos aditivos que mejoran la calidad y rendimiento, en concreto protección frente a corrosión y oxidación.



Imagen 20. Depósitos aéreos. Fuente: Cedidas por empresa del sector

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Depósito enterrado

Se emplean para devoluciones de producto y almacenamiento temporal. Así mismo, sirve para, mediante unos densímetros, clasificar los líquidos cuando se encuentran en su interfase (miscelánea de gasolina y gasóleo).



Imagen 21. Depósitos enterrados. Fuente: Cedidas por empresa del sector

Unidad repostadora, UU.RR.

Acorde con la Orden TMA/692/2020, de 15 de julio, por la que se aprueban normas técnicas aplicables al suministro de combustible a aeronaves de aviación civil, una unidad repostadora será “vehículo de suministro, autopropulsado o remolcado, diseñado y utilizado para transportar combustible para las aeronaves, capaz de realizar la puesta a bordo y extracción, en su caso, del combustible de la aeronave por medio de un sistema de bombeo”.



Imagen 22. Unidad repostadora. Fuente: Iturri

Cisterna compartimentada

Al producirse oleajes y arietes, la cisterna se divide mediante mamparos los cuales, además de prevenir la generación de estos fenómenos, permiten contener dentro del recipiente más de un tipo de sustancia. Cada compartimento tendrá su boca de carga y descarga.



Imagen 23. Detalle del interior de una cisterna compartimentada. Fuente: Cedidas por empresa del sector



Imagen 24. Cisterna compartimentada. Fuente: Elaboración propia

En una Cisterna sin compartimentar únicamente podrá ser almacenado un tipo de producto, dada la ausencia de estas barreras de contención

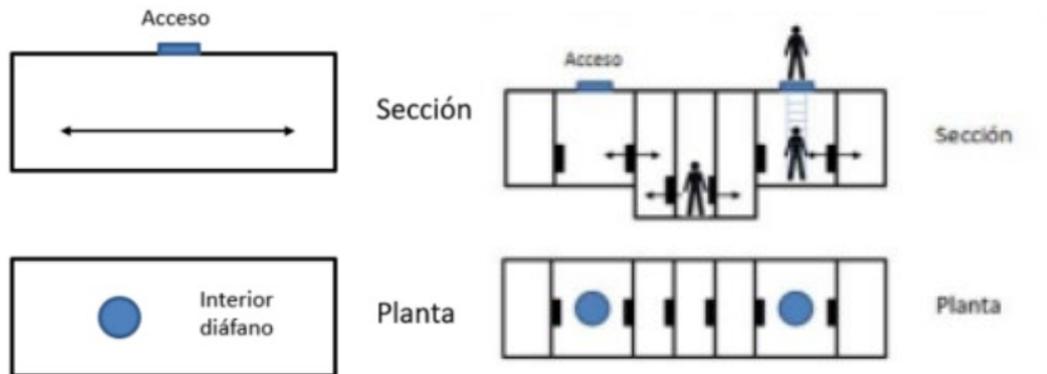


Ilustración 1. Sección y planta detallada de las distintas variantes de cisterna. A la izquierda, cisterna sin compartimentar. A la derecha, cisterna compartimentada. Elaboración Propia.

Arqueta

Son los espacios encargados del seccionamiento, en el que quedan accesible los elementos que contengan (válvulas de seccionamiento, sondas de temperatura, transmisores de presión). Se encargan, por tanto, de establecer comunicación entre las canalizaciones que confluyen.



Imagen 25. Arqueta en Instalación Petrolífera de Arahal, Sevilla. Fuente: Cedidas por empresa del sector

Zanja

Son excavaciones largas y angostas realizada en el terreno (INSST, 1991). Para reparaciones de tuberías o instalación de nuevos elementos, empleando un trazado nuevo o ya existente.



Imagen 26. Zanjas para operar en tuberías. Elaboración propia.

6.3. Condición de trabajo.

Para definir este importante concepto, es de ayuda la Ley 31/1995, la cual en su artículo 4 declara que la condición de trabajo es “cualquier característica de este que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud del trabajador”.

Esto incluye características generales de los locales, instalaciones, equipos y productos relacionados con el trabajo, la presencia de agentes físicos, químicos y biológicos y su naturaleza, procedimientos con influencia en los riesgos y el resto de las características organizativas que agraven los mismos durante la exposición del trabajador.

El INSST define la condición de trabajo como el conjunto de variables que definen la realización de una tarea concreta y el entorno en que esta se realiza, en cuanto que estas variables determinan la salud del operario en la triple dimensión:



Tabla 18. Triple dimensión de la condición de trabajo. Fuente: Fernández García, 2008.

En esta situación, teniendo en cuenta las características de los espacios confinados, tanto la adecuación ambiental como la ejecución de tareas pueden verse afectadas, limitándose, o incluso imposibilitándose.

A continuación, se realiza un análisis de qué condicionantes afectan al trabajo cuando están involucrados espacios de este calibre. Comenzando por estudiar los contaminantes que se encuentran en ellos, el resultado será el de definir de modo conciso el concepto de atmósfera peligrosa para el trabajador.

6.4. Presencia e identificación de contaminantes.

Se identifican los contaminantes tóxicos que se encuentran o potencialmente pueden encontrarse en el interior de un recipiente de almacenamiento petrolífero .

El petróleo se entiende como una mezcla variable de hidrocarburos, sustancias molecularmente compuestas de átomos de carbono e hidrógeno. Dos de los principales combustibles son la gasolina y el queroseno.

La gasolina se define como “la fracción líquida liviana de hidrocarburos, incolora, muy volátil y fácilmente inflamable.” (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2009)

Considerando la revisión de la American Conference Governmental Industrial Hygienists, ACGIH, en la que son evaluados las características toxicológicas de la gasolina, se expone que (INSST, 2007):

- El riesgo intrínseco de la gasolina para la salud humana es alto A causa de su alta volatilidad, la gasolina presente un riesgo intrínseco ante la salud del trabajador. La vía de entrada al organismo de mayor importancia es la inhalatoria, seguido de la vía dérmica.
- Si se encuentra en elevada concentración, esta sustancia actúa bajo un efecto anestésico e irritante de las mucosas generando cefaleas, visión borrosa y náuseas.
- Se clasifica a la gasolina como un cancerígeno de categoría A3 (de carcinogenicidad sospecha en animales).

Por otra parte, la International Agency for Research on Cancer (IARC) clasifica a la gasolina como una sustancia cancerígena, en la categoría 2B (posible carcinógeno para los humanos) al no existir una evidencia de carcinogenicidad en humanos y limitada en animales.

Indicaciones de peligro H de la gasolina

304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
340	Puede provocar defectos genéticos.
350	Puede provocar cáncer.

Tabla 19. Indicaciones H de la gasolina. Fuente: INSST, 2022.

El queroseno, kerosene, es el combustible empleado en la aviación. Fue el principal combustible para la iluminación de lámparas.

Al igual que la gasolina, también se almacena y distribuye del mismo modo.

Indicaciones de peligro H del queroseno

226	Líquidos y vapores inflamables.
304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
315	Provoca irritación cutánea.
336	Puede provocar somnolencia o vértigo.
411	Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Tabla 20. Indicaciones H del queroseno. Fuente: Mercuria Energy Trading, 2015.

En este sector, también se precisa conocer la concentración en aire de vapores de hidrocarburos, al ser potencialmente tóxicos.

Para comenzar, se identifica al conjunto de benceno, tolueno y xileno. Dicho conjunto se denomina BTX, correspondiendo a los hidrocarburos aromáticos. Este tipo de hidrocarburos contienen un núcleo bencénico, cuyo nombre se debe al olor, fuerte y desagradable.

Su proporción dentro de la gasolina es variable, con dependencia del método de producción. Por ello, la determinación de estos componentes se realiza por separado, dependiendo su toxicidad principalmente de su contenido en hidrocarburos aromáticos BTX.

El benceno es incoloro, muy inflamable, es un líquido volátil con un olor aromático. Si se inhala en pequeñas cantidades en un período de tiempo, el trabajador puede experimentar un envenenamiento crónico. Un primer signo es la excitación, seguido de adormecimiento,

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

malestar, vómitos, temblores, alucinaciones, delirio e inconsciencia. Se sabe que es un carcinógeno para el hombre, clasificado bajo la categoría 1, en base a la existencia de pruebas en humanos. Su toxicidad en la exposición hace que sea desarrollada en la NTP 486: "Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico". El tolueno es incoloro, líquido inflamable con fuerte olor aromático. Produce fatiga, irritación, confusión mental, excitación, náuseas, dolor de cabeza y malestar. En exposiciones crónicas a tolueno han sido detectados efectos tóxicos, que involucran el sistema nervioso central y el renal (INSST, 2007). El xileno es una mezcla solvente que se asemeja al benceno en muchas propiedades físicas y químicas.

Indicaciones de peligro H del benceno

225	Líquido y vapores muy inflamables.
304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
315	Provoca irritación cutánea.
319	Provoca irritación ocular grave.
340	Puede provocar defectos genéticos.
350	Puede provocar cáncer.
372	Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Tabla 21. Indicaciones H del benceno. Fuente: INSST, 2022.

Indicaciones de peligro H del tolueno

225	Líquido y vapores muy inflamables.
304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
315	Provoca irritación cutánea.
336	Puede provocar somnolencia o vértigo.
361d	Se sospecha que daña al feto.
373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Tabla 22. Indicaciones H del tolueno. Fuente: INSST, 2022.

Indicaciones de peligro H del xileno

226	Líquido y vapores inflamables.
312	Nocivo en contacto con la piel.
315	Provoca irritación cutánea.
332	Nocivo en caso de inhalación.

Tabla 23. Indicaciones H del xileno. Fuente: INSST, 2022.

Por otra parte, el n-hexano es una sustancia que es evaluada con carácter especial, siendo un hidrocarburo alifático.

La concentración de este hidrocarburo es inferior a un 2 por ciento (INSST, 2007), por lo que el aporte toxicológico es menor.

Indicaciones de peligro H del n-hexano

225	Líquido y vapores muy inflamables.
304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
315	Provoca irritación cutánea.
336	Puede provocar somnolencia o vértigo.
361f	Se sospecha que perjudica la fertilidad.
373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
411	Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Tabla 24. Indicaciones H del n-hexano. Fuente: INSST, 2022.

Como las sustancias más frecuentes que pueden hallarse en los espacios confinados de manera genérica, se encuentra un listado de accidentabilidad. Se identifica al ácido sulfhídrico como la sustancia, con gran diferencia, que suele estar presente en los accidentes.

Chemical Substance	Number	Percentage
ammonia	3	9.68%
benzotriazole	1	3.23%
sodium benzoate	1	3.23%
nitrogen	2	6.45%
oxynitride	1	3.23%
carbon dioxide	2	6.45%
methane	4	12.90%
phosphine	1	3.23%
hydrogen sulfide	12	38.71%
sulfide	1	3.23%
sulfuric acid	1	3.23%
thiophene	1	3.23%
sodium nitrite	1	3.23%
carbon monoxide	3	9.68%
sewer gas	2	6.45%

Note: Accident may be caused by multiple chemical substance, so the total number may exceed 31.

Tabla 25. Relación de sustancias químicas involucradas en accidentes.
Fuente: Wang & Zhao, 2022.

También encontramos al monóxido de carbono, amoníaco, cianuro de hidrogeno y dióxido de azufre.

Aquí, se precisan unas aclaraciones acerca de la potencialidad tóxica de estas sustancias: El metano es el hidrocarburo alifático, con saturación, que compone principalmente el gas

Indicaciones de peligro H del metano

220	Gas extremadamente inflamable.
-----	--------------------------------

Tabla 26. Indicaciones H del metano. Fuente: INSST, 2022.

El ácido sulfhídrico es un gas tóxico, extremadamente inflamable, incoloro, De aroma a huevo podrido y con dulzor, este olor permite que sea fácil de percibir, aun cuando se muestra en bajas concentraciones. Se presenta con mayor densidad que el aire, ardiendo bajo una llama azul pálida. Es explosivo en altas concentraciones, además de mortal en caso de inhalación. La intoxicación repentina por este gas potencialmente dejará inconsciente al trabajador, pudiendo provocarle un paro respiratorio. Al ser un envenenamiento paulatino, se muestran náuseas, malestar estomacal, irritación ocular, tos, vómitos, dolor de cabeza y ampollas en los labios.

Indicaciones de peligro H del ácido sulfhídrico

220	Gas extremadamente inflamable.
330	Mortal en caso de inhalación.
400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Tabla 27. Indicaciones H del ácido sulfhídrico. Fuente: INSST, 2022.

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, siendo generado por la combustión de combustibles frecuentes cuando se presenta un proceso incompleto o déficit de aire. Llamado el "asesino silencioso", el envenenamiento con CO puede acontecer de modo repentino.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Indicaciones de peligro H del monóxido de carbono

220	Gas extremadamente inflamable.
331	Tóxico en caso de inhalación.
360D	Puede dañar al feto.
372	Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Tabla 28. Indicaciones H del monóxido de carbono. Fuente: INSST, 2022.

El amoníaco, NH₃, presentando fuerte irritabilidad, puede producir un fallecimiento por espasmo bronquial. En menor concentración, no producen una irritación severa. Explosivo cuando se produzca una llama en las proximidades si los contenidos de un tanque o sistema de refrigeración son descargados en una llama abierta.

Indicaciones de peligro H del amoníaco

221	Gas inflamable.
314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
331	Tóxico en caso de inhalación.
400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Tabla 29. Indicaciones H del amoníaco. Fuente: INSST, 2022.

El cianuro de hidrogeno, CN, es considerado como veneno y puede interferir con el sistema respiratorio, provocando asfixia química. A la vez es Irritante para los ojos y la piel.

Indicaciones de peligro H del cianuro de hidrógeno

224	Líquido y vapores extremadamente inflamables.
330	Mortal en caso de inhalación.
400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Tabla 30. Indicaciones H del cianuro de hidrógeno. Fuente: INSST, 2022.

Otra sustancia considerable para evaluar es el dióxido de azufre, SO₂, para la que el Límite de Exposición Profesional indica los siguientes peligros. Los combustibles contienen un alto porcentaje de azufre, por lo que el nivel de dióxido de azufre es alto.

Indicaciones de peligro H del dióxido de azufre

314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
331	Tóxico en caso de inhalación.

Tabla 31. Indicaciones H del dióxido de azufre. Fuente: INSST, 2022.

6.5. Atmósfera peligrosa.

Tras haber estudiado los distintos contaminantes que potencialmente pueden presentarse, puede identificarse que los más recurrentes afectan a las condiciones atmosféricas, generando lo que conocemos como "atmósfera peligrosa". Definimos este concepto mediante la búsqueda de información, relacionada con este aspecto. En la Instrucción técnica complementaria MI-IP 01 «Refinerías», se recoge la siguiente definición:

Emplazamiento peligroso
Espacio en el que una atmósfera explosiva está o puede estar presumiblemente presente en una cuantía tal como para requerir precauciones especiales en: <ul style="list-style-type: none">• Diseño• Construcción• Instalación• Utilización de materiales

Tabla 32. Definición de emplazamiento peligroso. Fuente: Real Decreto 2085/1994.

Así mismo, la OSHA define una atmósfera peligrosa como la que expone a trabajadores al riesgo de muerte, incapacitación, inhabilitación de autorrescate, lesión o enfermedad aguda bajo una de las siguientes causas:

Atmósfera Peligrosa

Gas inflamable, vapores o neblina que excedan el 10 por ciento de su límite inferior de inflamabilidad (LFL)

Partículas combustibles en el aire que igualen o superen su límite inferior de inflamabilidad (LFL). Estas partículas deben permitir la visión a una distancia mínima de 1.52 metros.

Concentración de cualquier sustancia que genere los riesgos anteriormente descritos y que pueda resultar en una exposición excesiva de su límite de exposición permitido.

Concentración de oxígeno en la atmósfera entre un mínimo de 19,5 y un máximo de 23,5 por ciento.

Cualquier condición atmosférica que suponga un riesgo inmediato a la seguridad y salud.

Tabla 33. Condiciones de una atmósfera peligrosa. Fuente: OSHA, 1998.

Para poder denominar una atmósfera como peligrosa, se deberá evaluar correctamente todo aquel riesgo potencial que puede habitar en el interior del espacio donde se ejecuten los trabajos. Esta evaluación se podrá realizar acorde con estos parámetros del recinto:

• El modo de construcción.
• El emplazamiento del recinto.
• Los elementos que contenga.
• El trabajo que ejecutar.
• Trabajos exteriores que puedan afectar a las condiciones interiores.

Tabla 34. Parámetros del recinto a considerar en la evaluación del riesgo. Fuente: Altube Basterretxea, 2015.

Se determina así que, en un espacio confinado, pueden presentarse cuatro condiciones de atmósfera peligrosa, las cuales agravan considerablemente el riesgo de trabajar en el interior:

- Atmósferas con déficit de oxígeno, también llamadas suboxigenadas
- Atmósferas enriquecidas con oxígeno, también llamadas sobreoxigenadas
- Atmósferas que presentan gases combustibles
- Atmósferas con gases tóxicos

Estos cuatro supuestos se observarán, más adelante, en el apartado de riesgos específicos.

6.6. Riesgos inherentes a la actividad en espacios confinados.

Uno de los trascendentales puntos a abordar con prelación a ingreso en un espacio confinado será la identificación de los riesgos presentes. Como parte de asegurar la seguridad y salud del lugar de trabajo, el empresario debe razonar el motivo causante del daño y si este peligro precisa tomar medidas razonables para prevenir situaciones de riesgo.

A lo largo de este apartado, se observa con detenimiento lo que esto conlleva, además de la gravedad que potencialmente presentan.

Los riesgos que se presentan en los espacios confinados proceden de los escenarios existentes, ya sea en el momento de acceso a su interior y durante la ejecución de la tarea, de la dificultad para entrar y salir, de la limitación de espacio para realizar el trabajo y, como hemos analizado con anterioridad, del desconocimiento de las condiciones existentes, siendo la principal causa de los accidentes más importantes relacionados con este tipo de entorno de trabajo.

Para el desglose de estos riesgos, nos sirve de referencia la NTP 223: Trabajo en espacios confinados, la cual refleja que este tipo de espacios presentan múltiples riesgos frente a la salud de los trabajadores.

Es de importancia incidir en que esta gravedad es debida a la amplificación de riesgos. Se añaden los ocasionados por la estrechez, incomodidad de posturas de trabajo, limitada iluminación, como los que genera la transmisión de vibraciones, siendo superiores al que un mismo equipo crea en un espacio abierto.

El carácter moderado del riesgo debe revertirse, aliviando este grado con las medidas preventivas, que lleven este riesgo a tolerable.

Además, los condicionantes que analizaremos pueden estar *per se* en el interior del recinto, o bien haber sido generados por los trabajos realizados con antelación.

Para una correcta identificación de los riesgos que existen, podemos considerar los siguientes aspectos:

- La tarea
- El ambiente de trabajo
- Herramientas y materiales de trabajo
- La idoneidad de los que van a realizar las tareas
- Planificación de rescate ante emergencias

(Health and Safety Executive, 2013)

Así pues, se procede a identificarlos, no exhaustivamente y para no acotar la existencia de más factores peligrosos. Para ello, serán clasificados en dos grupos: Riesgos generales y riesgos específicos.

Riesgos generales

En la presente relación se tratan los riesgos de índole general que comportan las actividades necesarias para trabajar en espacios confinados. Son riesgos que se encuentran potencialmente presentes en la mayoría de las acciones desarrolladas y pertenecen al entorno del establecimiento, al margen de la peligrosidad de la atmósfera interior:

- Riesgos de carácter mecánico: Atrapamientos, choques y golpes, ya sea por chapas o elementos salientes, dimensiones en la boca de entrada reducidas y obstáculos en el interior.

- Riesgo de electrocución por contacto con partes en tensión, herramientas defectuosas o partes metálicas, que accidentalmente pueden estar en tensión.
- Riesgo de caídas a distintos y mismo nivel: Por superficies resbaladizas, tropiezos, difícil accesibilidad
- Riesgo de caída de objetos al interior mientras se está trabajando.
- Riesgos ergonómicos, como los derivados de posturas no apropiadas o sobreesfuerzos
- Riesgos derivados del entorno físico: Al ser tan agresivo, puede generar calor, ruido, vibraciones o iluminación deficiente.
- Riesgo de proyección de partículas, en el caso de utilizar máquinas o herramientas de pintura.
- Riesgo de fatiga, causado por el ambiente
- Riesgos derivados de una comunicación deficiente
- Riesgo de carácter biológico: Presencia de seres vivos

Riesgos específicos

Este segundo grupo recoge los riesgos ocasionados por las condiciones especiales de este tipo de recintos, de acuerdo con la definición de espacio confinado, originados por una atmósfera potencialmente peligrosa, que puede dar lugar a deficiencia o una elevada concentración de oxígeno, incendio o explosión e intoxicación.

Los riesgos principales asociados a arquetas, tanques de productos petrolíferos (ligeros y pesados), depósitos aéreos o enterrados, cisternas, UU.RR. y todo aquel recinto que se catalogue como confinado, tienen por causa la posible presencia de estas atmósferas:

1. Atmósferas que presentan gases combustibles

En el almacenamiento de productos petrolíferos, se antoja extremadamente fácil originarlas, dada las características de la atmósfera y la presencia y acumulación de sustancias de carácter combustible e inflamable.

Esta primera condición del entorno puede generar derrames, explosiones e incendios.

Una atmósfera explosiva puede originarse por diversas causas, como restos de líquidos inflamables en el espacio confinado, como consecuencia de operaciones realizadas anteriormente o fugas de producto.

La instrucción técnica MIBT 026 del REBT concreta que una atmósfera explosiva es la “Mezcla con aire de gases, vapores, nieblas, polvos o fibras inflamables, en condiciones atmosféricas, en las que después de la ignición, la combustión se propaga.”

Todo ello, mediante la mezcla no consumida. (Ministerio de Industria y Energía, 1988)

Pueden presentarse tres niveles en este tipo de atmósferas (Ontaneda Montaña, 2020):

a) Nivel pobre: no hay suficiente gas combustible en el aire como para arder.

b) Nivel rico: tiene mucho gas y no suficiente aire.

c) Nivel explosivo: tiene una combinación de gas y aire que forma una mezcla explosiva que en contacto con una fuente de calor lo suficientemente intensa, puede ocasionar una explosión.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

En las situaciones que requieran trabajos en espacios confinados, pueden darse estos tres niveles.

A efectos de seguridad, en cuanto a incendio y explosión, se considera que un espacio confinado es muy peligroso cuando exista una concentración de sustancia inflamable por encima del 25 ó 20% del Límite Inferior de Explosividad, denominados factor 4 o 5 de seguridad, dada la posibilidad de que se produzcan incrementos de la concentración de vapores por razones diversas. (Turmo Sierra, 1995)

Para el estudio de este riesgo, servirá de soporte lo que conocemos como el tetraedro del fuego: El combustible, el comburente, la reacción en cadena y el calor



Ilustración 2. Tetraedro del fuego.
Fuente: panelnaranja.wordpress.com.

Combustible	Sustancia que experimenta la combustión y puede arder. Pueden presentarse como gas, polvo o líquido pulverizado.
Comburente	Sustancia que provoca o favorece la combustión. No sólo es el oxígeno, que, aun siendo el más frecuente, puede ser sustituible por peróxidos orgánicos, sales de oxácidos, cloro, ozono, halógenos ácidos, óxidos pesados metálicos y demás compuestos que tengan la capacidad de generar la combustión.
Reacción en cadena	Es el factor fundamental. En la combustión, se libera el calor. El calor se transfiere al combustible y se retroalimenta para así continuar dicha combustión.
Calor	Energía de activación para el proceso de combustión. Se manifiesta como llama, chispa, arco eléctrico o mediante una temperatura excesiva.

Tabla 35. Tetraedro del fuego. Fuente: Adaptado de Cejalvo Lapeña, 1995.

Un proceso de combustión en el interior de un recinto precisará de la presencia de estos cuatro elementos.

El motivo por el cual puede producirse una explosión y un incendio es la existencia de un foco de ignición, el cual es el causante de suministrar la energía inicial de activación (calor inicial). Este fenómeno provoca que, en presencia del combustible, este último se vaporice, combinándose con el aire, el cual actuará como comburente catalizador de esta reacción.

El vapor se inflamará, generando lo que conocemos como llama y, por ende, más calor, retroalimentando la reacción.

Los causantes pueden ser de índole diversa:

Eléctrico	Cortocircuitos, arcos eléctricos, cargas estáticas, descargas.
Térmico	Radiación solar, procesos exotérmicos, combustiones, superficies calientes.
Químico	Reacciones exotérmicas, sustancias reactivas y auto oxidables.
Mecánico	Fricción, chispas, golpeo, utilización de herramientas que no sean tipo ATEX.

Tabla 36. Principales causas. Fuente: Altube Basterretxea, 2015.

2. Atmósferas que presentan déficit de oxígeno. Atmósferas suboxigenadas.

La deficiencia de oxígeno puede ocurrir en una reacción espontánea entre el suelo y paredes del espacio y el oxígeno en la atmósfera, produciendo dióxido de carbono, que desplaza el oxígeno.

El aire que típicamente es respirado en condiciones normales, contiene aproximadamente un 21 % en concentración de oxígeno. Si en un espacio confinado, este porcentaje está por debajo de 20,5 % de su atmósfera total, se determina que la atmósfera presenta un déficit en oxígeno, causando problemas de asfixia, que aumentan progresivamente al reducirse dicho porcentaje.

Se destaca que las señales son difíciles de detectar y muestran poca fiabilidad (Altube Basterretxea, 2015).

Si no se tiene un buen adiestramiento, será complicado detectar el peligro, pudiendo debilitar el organismo, para una salida del recinto que puede no llevarse a cabo.

Bajo esta premisa, se instará a no permitir el acceso a ningún trabajador, sin lo que conocemos como equipo respirador autónomo. De todos modos, será requerida una monitorización interna.

En este condicionante, se precisa la definición de dos términos como la anoxia y asfixia:

Anoxia
Falta casi total de oxígeno en la sangre o en tejidos corporales.
Asfixia
Suspensión o dificultad en la respiración. La alteración de las funciones vitales

Tabla 37. Acepciones de anoxia y asfixia. Fuente: RAE.

Es decir, la anoxia es la causa y la asfixia la consecuencia.

A continuación, observaremos cómo puede producirse este riesgo.

El descenso en los niveles de esta sustancia por debajo de lo que se conoce como “típico”, puede identificarse con frecuencia por estas dos causas:

- Al consumir el oxígeno disponible en el espacio confinado, al existir procesos que, sin intervención del operario, consumen esta sustancia. Aquí se encuentra, por ejemplo, las fermentaciones u oxidaciones. Así mismo, puede deberse a la actuación del trabajador en el interior del recinto, como en tareas de soldadura, utilización de diversos equipos electrónicos, iluminación o la propia respiración.
- La otra gran posibilidad es el desplazamiento del oxígeno, mediante gases que se disipan por algún tipo de fenómeno (véase una mayor densidad de este gas ante el oxígeno). Esto lo encontramos cuando se realiza una limpieza con gases nobles con un nivel elevado de los mismos, sin ventilación, al remover lodos y demás deposiciones de sustancias, que pueden obstruir conductos que entrañen peligro.

3. Atmósferas enriquecidas con oxígeno. Atmósferas sobreoxigenadas.

Si el contenido de oxígeno es superior al 23 por ciento, o los agentes inflamables y explosivos rebasan el porcentaje de un 10 por ciento con respecto a su LII.

Así mismo, se considera un entorno peligroso cuando este supera 25 por ciento del LII, generándose una atmósfera de carácter “inmediatamente peligroso para la vida”

La situación en la que una concentración en oxígeno supere el 23,5% será declarada como sobre oxigenada. También se expone el trabajador al riesgo, al posibilitar la creación de una atmósfera comburente. Por otro lado, se debe considerar también que el riesgo de incendio

y explosión se ve incrementado por una atmósfera más rica en oxígeno de lo normal.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

% O ₂	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	CONSECUENCIAS
> 23	Indefinido	Atmósfera sobreoxigenada. Riesgo de explosión/incendio. PELIGRO. Este peligro corresponderá a la posibilidad de crear una atmósfera comburente
21	Indefinido	Concentración normal.
20,5	No definido	Concentración mínima para entrar sin equipos con suministro de aire.
19,5	No definido	Límite respirable sin afectar al proceso respiratorio.
18	No definido	Descoordinación muscular, aumento ritmos respiratorio y cardíaco.
17	No definido	Peligro de pérdida de conocimiento, sin signos precursores. PELIGRO PARA LA VIDA.
16-12	Segundos a minutos	Disnea, taquicardia, vértigo, cefalea, visión borrosa, vómito, cianosis, fatiga, desmayo.
10-6	Segundos a minutos	Conmoción, cianosis intensiva, respiración rápida superficial, pérdida de conocimiento, coma y muerte rápida (6 –8 minutos).
0	Segundos a minutos	Inconsciencia en 2 inhalaciones. Muerte en minutos.

Tabla 38. Porcentaje de oxígeno y consecuencias en el ser humano. Fuente: Adaptado de Altube Basterretxea, 2015.

4. Atmósferas que presentan gases tóxicos.

El cuarto riesgo específico identificable es la intoxicación, mediante la inhalación, contacto cutáneo o ingestión de sustancias nocivas. Por ello, conviene definir los cuatro tipos de intoxicación que pueden acontecer, por las vías dérmica, digestiva y respiratoria, esta última la más frecuente, ya sea como polvos en suspensión, vapores o gases y que requiere la utilización de equipos de protección individual (Departamento de Medicina Legal y Toxicología, 2022):

- Intoxicación aguda: Debida a exposiciones de corta duración, con absorción rápida del tóxico. Obedecen a una dosis única o a dosis múltiples absorbidas en un período de tiempo breve que normalmente se fija en un máximo de 24 horas. Pueden ser más o menos graves
- Intoxicación subaguda: Llamada también subcrónica, suele ser debida a exposiciones frecuentes o repetidas en un período de varios días o semanas antes de que aparezcan los síntomas. El tiempo máximo considerado en este tipo de toxicidad es de 90 días.
- Intoxicación crónica: Es aquella que aparece en un plazo más o menos largo por absorciones repetidas. "Se debe a una exposición repetida al tóxico durante mucho tiempo, con absorción de dosis incluso mínimas, casi inapreciables. Puede ocurrir por acumulación de dosis (Absorción > Eliminación) y por efectos aditivos (sumación de efectos).
- Intoxicación retardada: Es aquella que aparece a mayor o menor plazo tras una única exposición. Algunos tóxicos tras una dosis única y, después de haber desaparecido del organismo, provocan efectos tóxicos (más o menos graves) tras una fase de latencia más o menos prolongada.

6.7. Medidas preventivas.

El acceso a los espacios confinados, considerando los riesgos que han sido evaluados, requiere a las empresas la adopción de una serie de medidas preventivas. Serán tomadas a lo largo de toda la operación, previo al ingreso, durante el mismo y posteriormente para finalizar los trabajos. Además, al ser estos ingresos de carácter esporádico, las medidas deben ser específicas y concretas.

En este apartado, se desglosarán estas medidas, en base a lo que proporciona la Guía técnica del Real Decreto 486/1997, la cual clasifica, mediante un esquema de actuación para operar en un espacio confinado, la adopción de medidas preventivas, dividiéndolas en tres grupos: Organizativas, técnicas o de emergencia.



Tabla 39. Medidas preventivas organizativas, técnicas y de emergencia. Fuente: INSST, 2015.

6.7.1. Medidas preventivas de carácter organizativo

Las medidas organizativas derivan en la consecución de una gestión óptima, en términos de tiempo efectivo, conocimiento del riesgo, de la coordinación y la ubicación, de los trabajos que se realizan.

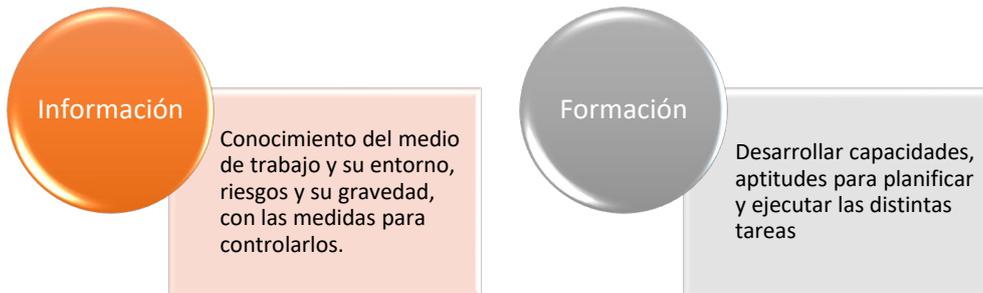
6.7.1.1. Información, formación e instrucción.

El personal que ejecute los trabajos deberá encontrarse plenamente capacitado en su actuación frente a los posibles riesgos que puedan encontrarse en el interior del recinto.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Siguiendo las obligaciones estipuladas en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en los artículos número 18 y 19, que determinan una correcta información y formación, por y para el cumplimiento de la planificación preventiva.

Como condición previa para poder iniciar los trabajos, el personal de las empresas, también de las contratistas y subcontratistas, habrá sido informado y formado sobre los riesgos identificados en la instalación, tanto por razón de las operaciones que en ella se realizan como por las características de los productos que se almacenan y manipulan, así como sobre las medidas planificadas para la prevención de tales riesgos.



Es por ello, que se precisa establecer una acción formativa en materia de prevención de

Tabla 40. Fundamentos de información y formación Fuente: Bestratén Bellovi & Marrón Vidal, 2000a.

riesgos laborales, para los trabajadores de las empresas, que vayan a participar en una obra en un Centro de Trabajo.

Como parte de ella, la Nota Técnica de Prevención 223 sugiere tratar algunos de los siguientes puntos, como parte de una formación completa, para así acercar al personal seleccionado un mayor conocimiento del riesgo, antes de afrontar los trabajos:

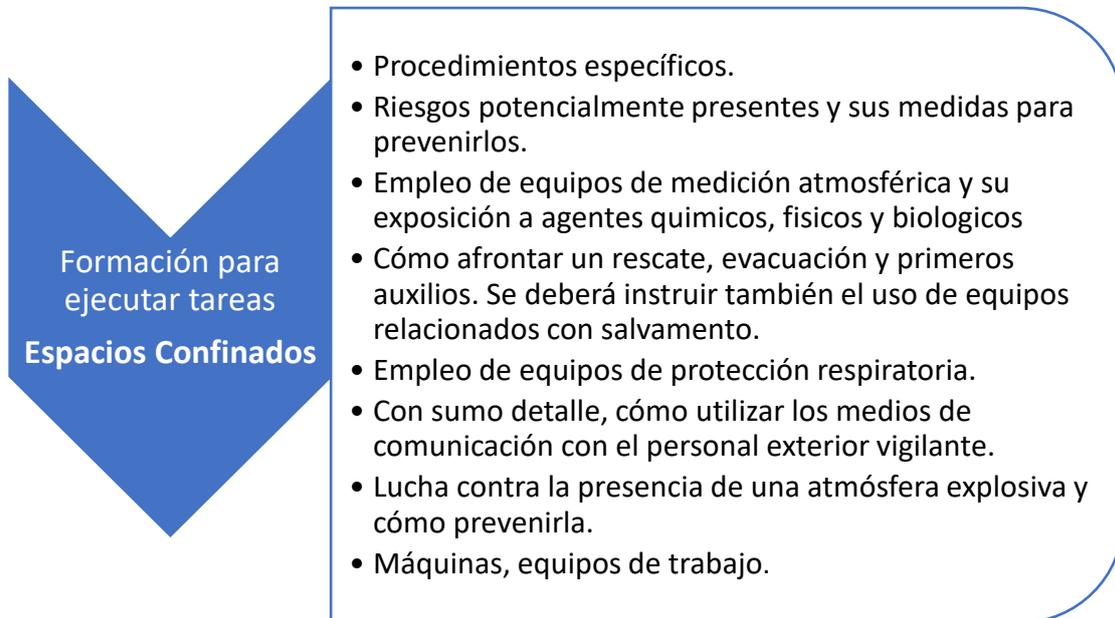


Tabla 41. Requerimientos para formar en la ejecución de tareas en espacios confinados. Fuente: Adaptado de González Villegas & Turmo Sierra, 1998.

Esta formación teórica deberá ser complementado con una parte práctica, en las que se generen situaciones de riesgo potencial, aportando conocimiento al trabajador acerca de cómo

proceder, por si ocurren a la hora de encontrarse en el interior del recinto o durante de la vigilancia de las tareas.

Al ser un recinto confinado, esta gravedad y especificad de la zona se multiplican exponencialmente al cambio constante y desconocido de las condiciones interiores. Se generan peligros y procedimientos nuevos cada vez que se ingresa o manipula, por lo que la formación deberá renovarse en tanto se modifiquen.

En términos de informar acerca de los agentes químicos que se encuentren, el Real Decreto 374/2001 establece el deber al empresario de:

- Facilitar resultados de la evaluación de riesgos, especialmente cuando se produzcan modificaciones en la condición de trabajo.
- Informar de todos los agentes químicos que se encuentren en el recinto.
- Informar y formar de las medidas preventivas para su protección.
- Disponer de la documentación pertinente acerca de estas sustancias.

Así mismo, el Real Decreto 681/2003 en su Anexo II incluye que debe ser proporcionada formación e información con suficiencia y adecuación sobre protección en caso de explosiones.

Es necesario recordar que este tipo de formación debe de ir más allá. Al encontrarse con tareas específicas, tiene que instruirse al trabajador al nivel que exige estas operaciones, incidiendo en los puntos de especial peligrosidad.

La instrucción se compone del establecimiento de las fases presentes en la tarea, considerando todos los puntos clave en materia de seguridad a seguir.

En la Nota Técnica de Prevención 560: Sistema de gestión preventiva: procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo, encontramos un esquema de actuación, ante la necesidad de instruir a los trabajadores para afrontar un trabajo en un recinto confinado.

“Se elaborarán instrucciones de trabajo escritas de aquellas tareas que se consideren críticas, bien sea debido a su complejidad y dificultad, o bien debido a que la mala ejecución u omisión de dicha tarea pueda repercutir significativamente en la calidad o seguridad del proceso. “

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

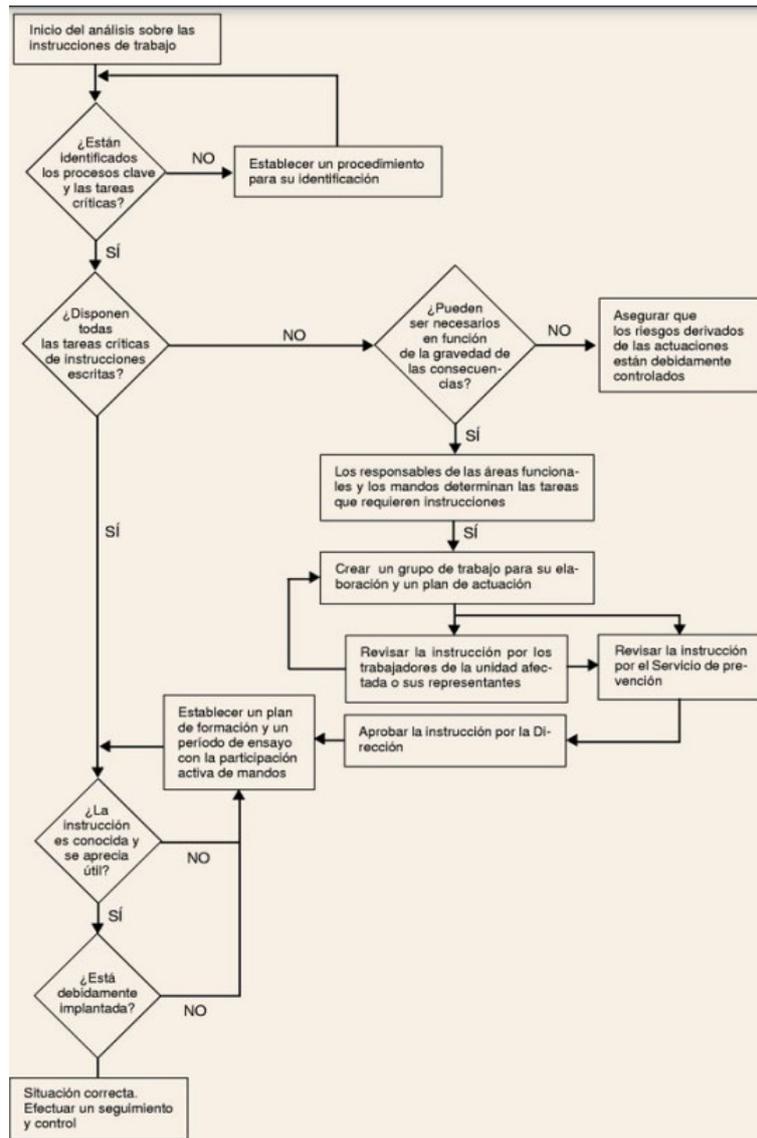


Tabla 42. Ejemplo de instrucción de trabajo para tareas en espacios confinados

6.7.1.2. Señalización y control de acceso al recinto confinado.

Dados los riesgos que se presentan, lo primordial será implementar una medida como la señalización de los peligros que los causan. Con ello, se complementan las acciones preventivas que estipula la normativa, haciendo uso de las disposiciones recogidas en el Real Decreto 485/1997, para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Deben identificarse todos los recintos confinados, en todos sus posibles accesos, evitando así que el personal que se encuentre en la instalación pueda entrar por desconocimiento. Para ello, se emplea un conjunto de elementos visuales, sonoros y sensitivos que tiene como fin advertir o recomendar acciones a las personas.

La señalética típica de espacios confinados es diversa, debido a la multiplicidad de riesgos que se encuentran. Uno de los motivos de señalización, es el de efectuar el acotamiento de la zona peligrosa, con el fin de delimitarla, para restringir el ingreso. Se establecen, además, los objetivos de llamar la atención de los trabajadores ante una situación de riesgo grave o situaciones de emergencia, enfatizando en la identificación de la ubicación de los distintos medios de evacuación, protección y emergencias.

Además de la anterior mencionada, encontramos señalización empleada para que el personal identifique los riesgos que contienen.

Todo ello, mediante la imposición de criterios como “una buena iluminación, accesibilidad y visibilidad”(INSST, 2009) , además de una apropiada posición y altura, de los distintos paneles que deban incluirse, en función del recinto. Dichos paneles, incluyen pictogramas, que pueden subdividirse en:

➤ Señalización de advertencia, en negro con fondo amarillo (salvo la señal de materias nocivas e irritante, en fondo naranja), que alerten de los riesgos y hagan extremar la precaución del trabajador.



Tabla 43. Señalética de advertencia. Fuente: INSST, 2009.

➤ Señalización de prohibición, redonda y en negro sobre blanco, con borde y banda roja, que muestren lo que terminantemente no puede realizarse, bajo ningún concepto.



Tabla 44. Señalética de prohibición. Fuente: INSST, 2009.

➤ Señalización de obligación, en blanco sobre fondo azul, que informan de técnicas de prevención, ayudando también al control de situaciones peligrosas.



Tabla 45. Señalética de obligación. Fuente: INSST, 2009.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

- Señalización de lucha contra incendios, Con forma rectangular cuadrada, en blanco sobre fondo rojo.



Tabla 46. Señalética de lucha contra incendios. Fuente: INSST, 2009..

- Señalización de salvamento o socorro, rectangular o cuadrada y blanca sobre fondo verde.

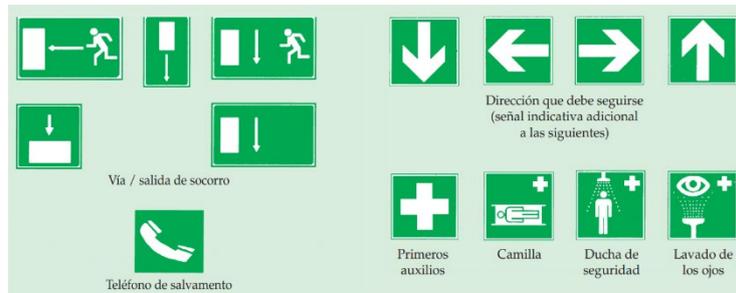


Tabla 47. Señalética de salvamento o socorro. Fuente: INSST, 2009..

En la señalización de espacios confinados, se encuentra un pictograma clasificado como “señal emergente”. Esto implica que, a pesar de estar ampliamente implementado, no ha sido reglada, estableciéndose a título orientativo, con el fin de identificar que el personal se encuentra ante un espacio confinado.



Espacios Confinados

Ilustración 3. Señalética propia para identificar un espacio confinado. Fuente: INSST, 2009.

Cabe destacar que, al igual que se menciona la señalética, en forma de paneles visuales, pueden emplearse otros medios, como las superficies luminosas, acústicas, la propia comunicación verbal o mediante una codificación gestual.

Dicho esto, a modo de resumen, se desarrolla la siguiente tabla:

Señalización en el lugar de trabajo
Señales en forma de panel (Advertencia, prohibición, obligación, lucha contra incendios, salvamento o socorro)
Señales luminosas
Señales acústicas
Comunicaciones verbales
Señales gestuales

Tabla 48. Relación de tipos de señales. Fuente: INSST, 2009.

Tras haber abordado delimitar los recintos confinados, se determina la peligrosidad de la zona en la que se opera, precisando la inclusión de un sistema de acceso controlado, el cual impida a los trabajadores ajenos y no autorizados adentrarse en el entorno del recinto.

La guía técnica del Real Decreto 486/1997, recomienda la disponibilidad actualizada de un registro, el cual refleje todos los trabajadores que se encuentren aptos para realizar trabajos en espacios confinados recogiendo, a su vez, una relación de estos apartados:

- ✓ Fecha de la formación.
- ✓ Entidad o persona que impartió el curso.
- ✓ Contenido.
- ✓ Firma del empresario.

(INSST, 2015)

Sólo serán estas personas cualificadas, las que podrán realizar un acceso al recinto que se catalogue como confinado.

6.7.1.3. La figura del recurso preventivo.

Para analizar las piezas fundamentales de trabajos en recintos confinados, es preciso incidir en la figura del recurso preventivo. Dicha figura viene unida a la naturaleza de la actividad que desarrolla la empresa y a los riesgos que derivan de dichas actividades, porque en este caso se estima un notable agravamiento de riesgos, por la peligrosidad del proceso.

A pesar de que no se menciona en la Nota técnica de prevención específica de espacios confinados, esta figura aparece en la legislación nacional para regularizar su cumplimiento.

Su primera aparición es en la reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, la Ley 54/2003 del 12 de diciembre. Es por ello que, en el centro de trabajo es un deber la presencia del recurso preventivo, cuya designación obligatoria viene dada por las empresas que realicen las operaciones, en los siguientes supuestos: (Real Decreto 39/1997, art.22 bis)

“a) Cuando los riesgos pueden verse agravados o modificados en el desarrollo del proceso o la actividad, por la concurrencia de operaciones diversas que se desarrollan sucesiva o simultáneamente y hacen preciso el control de la correcta aplicación de los métodos de trabajo.

b) Actividades o procesos reglamentariamente considerados como peligrosos o con riesgos especiales.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

c) Cuando la necesidad de dicha presencia sea requerida por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.”

Una relación de las obligaciones de este interviniente es:

1. Actuar como se establece su rol en la legislación vigente, como representación de la empresa contratista.
2. Recoger, aplicar y vigilar el cumplimiento de lo estipulado en el Plan de Seguridad y Salud (PSS) de la obra o en el documento que en su defecto existiese, sumado a las normas de seguridad y las exigencias de los trabajos.
3. Vigilar también el empleo de los medios necesarios de protección individual y colectiva. Para ello, su presencia será requerida en todo lo que duren los trabajos y próximos a la situación por la que se le requiere en el emplazamiento.
4. Asegurar que todo el personal involucrado conozca el procedimiento para acometer los trabajos Gestionar con la debida antelación, la formalización de la autorización de entrada.
5. En el momento en el que identifique un incumplimiento de las actividades preventivas, es su deber informar al empresario.

Resumiendo, la finalidad de un recurso preventivo será la de garantizar el estricto cumplimiento de los métodos de trabajo y el control del riesgo.

Si nos preguntamos quién tiene la facultad de poder ejercer como recurso preventivo, puede ser realizado mediante trabajadores que se designen en la empresa, bien concertando un servicio de prevención ajeno o el mismo servicio propio de la empresa. Todo ello quedando documentado en un acta de designación, que en el caso de tareas específicas como las que estamos estudiando, deberá contener una descripción concreta de la obra que se está realizando, encontrándose firmada por la persona designada, admitiendo su cualificación y conocimiento determinados de los trabajos a ejecutar.

Añadir también, que podrán ser elegidos únicamente aquellos que reúnan los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en las actividades o procesos a desarrollar, que cuenten con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones del Nivel Básico (50 horas) tal y como se establece en el artículo 32.bis de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales o 60 horas para el Nivel Básico de Prevención en la construcción, con formación complementaria y añadida en los riesgos específicos de que se traten.

Si se requiere, puede emplearse más de una unidad de recursos preventivos, de modo que sea suficiente al concurrir múltiples actividades. Considerando esta simultaneidad, el objetivo es que sean suficientes en número.

Para no limitar estas indicaciones y finalizar este punto, es importante resaltar que no es incompatible que el recurso preventivo, apoye en las labores de ejecución de las tareas a realizar, siempre que la labor de vigilancia no se vea menoscabada.



Imagen 27. Punto de vigilancia del recurso preventivo. Elaboración propia.

Así mismo, un trabajador de una empresa subcontratista podrá ejercer la función de Recurso Preventivo en representación de su empresa contratista.

6.7.1.4. La coordinación de actividades empresariales en una instalación petrolífera.

Según el Compendio de los 50 primeros Pudo Haberse Evitado, que ofrece la Junta de Andalucía y que analiza accidentes acaecidos en la comunidad andaluza, de este número de siniestros, en una decena, uno de cada cinco accidentes, podemos observar deficiencias claras en el sistema de coordinación de actividad empresarial. Podemos evidenciar, por tanto, que es de relevante importancia una adecuación óptima de la gestión de la CAE, con el fin de reducir este tipo de accidentes.

Este tipo de gestión se atenderá al marco normativo específico, que fijará las obligaciones y su cumplimiento por parte de las figuras que definen y consideran, con el mero fin de la aplicación con coherencia y responsabilidad de los principios de la acción preventiva, sumando al control de las interacciones en las actividades con riesgos graves o muy graves que se lleven a cabo.

En el caso de este documento, en la industria es cotidiano la aparición de figuras como las empresas contratistas y subcontratistas, que generan diversidad de unidades contratantes. Esta “elevada subcontratación” (INSST, 2015) y el tener la necesidad de abordar tareas específicas (como las que se llevan a cabo en los espacios confinados), cada vez está más extendido que las empresas depositen la confianza en otras para la elaboración de los trabajos.

En el sector en estudio, puede ocurrir que un contratista, figura que veremos con mayor detenimiento ahora, esté realizando un trabajo en caliente y al mismo tiempo otro contratista, sin ninguna relación con el anterior, proceda a la apertura de la boca de hombre de un tanque de gasolina con riesgo de que los vapores que salgan del mismo puedan desplazarse a la zona de trabajo del primero, poniendo a su personal en peligro.

Con esta descentralización de la actividad productiva, emerge la problemática de la concurrencia entre trabajadores. Por tanto, será un deber para los mismos encontrar métodos de cooperación, evitando fallas en el desarrollo de las operaciones. Esta problemática queda reflejada como un deber en el artículo 24 de la Ley 31/1995, todo ello cuando confluyan dos o más empresas diferentes en un mismo centro de trabajo. Este concepto era muy general, generando muchas confusiones a la hora de establecer los medios de coordinación. Se incide en que es necesario fijar una tutela específica y adicional, de tal forma que no sustituyan a las obligaciones empresariales existentes en la actividad. (Igartua Miró, 2020).

Con el fin de hacer cumplir las normas de prevención, todas las partes vinculadas al proceso industrial deben de conocer y responsabilizarse en la coordinación de la actividad empresarial. Dicho esto, encontramos más información en el Real Decreto 171/2004, Reglamento de coordinación de actividades empresariales y de ahora en adelante RCA, que desarrolla con mayor profundidad el anterior artículo 24 referente a la coordinación de actividades empresariales, estableciendo los diferentes supuestos, quienes son los intervinientes y las responsabilidades de cada uno de ellos.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Para comenzar, podemos definir las figuras intervinientes, según la normativa que se aplica a nivel estatal y que permiten llevar a cabo una buena coordinación entre las partes, bajo normas mínimas que protejan a los trabajadores en su seguridad y salud:

“Centro de trabajo: Cualquier área, edificada o no, en la que los trabajadores deban permanecer o a la que deban acceder por razón de su trabajo.”

(Real Decreto 171/2004)

Es decir, el centro de trabajo es el conjunto de zonas, normalmente delimitadas, en que se hallan instalaciones, equipos, almacenaje y en el que se pretenden realizar determinados trabajos. Algunos centros de trabajo tienen a su cargo instalaciones o centros de trabajo interconectados que se encuentran fuera de las zonas cercadas mencionadas con anterioridad.

Empresario titular	La persona que tiene la capacidad de poner a disposición y gestionar el centro de trabajo
Empresario principal	El empresario que contrata o subcontrata con otros la realización de obras o servicios correspondientes a la propia actividad de aquel y que se desarrollan en su propio centro de trabajo.

Tabla 49. Acepciones de empresario titular y principal. Fuente: Real Decreto 171/2004.

Dadas estas definiciones, puede determinarse que:

1. Compartir un centro de trabajo resulta en la creación de una comunidad de riesgos.
2. El empresario titular tendrá el deber de velar por el correcto cumplimiento en la gestión del centro de trabajo, de elaborar y establecer métodos de información y dar instrucciones a los empresarios que concurran en el propio centro, presentando los posibles riesgos en el centro y las medidas de protección, prevención y emergencia.
3. El empresario principal le competirá contratar y subcontratar, además de vigilar que cumplen con la normativa establecida. Las empresas que contrate deberán de documentar la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva, la formación e información de sus trabajadores y la adecuación de sus medios de coordinación.

Los objetivos por los que se establecen los medios de coordinación son (Real Decreto 171/2004):

I. “La aplicación coherente y responsable de los principios de la acción preventiva establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, por las empresas concurrentes en el centro de trabajo.

II. La aplicación correcta de los métodos de trabajo por las empresas concurrentes en el centro de trabajo.

III. El control de las interacciones de las diferentes actividades desarrolladas en el centro de trabajo, en particular cuando puedan generar riesgos calificados como graves o muy graves o cuando se desarrollen en el centro de trabajo actividades incompatibles entre sí por su incidencia en la seguridad y la salud de los trabajadores.

IV. La adecuación entre los riesgos existentes en el centro de trabajo que puedan afectar a los trabajadores de las empresas concurrentes y las medidas aplicadas para su prevención.”

Una buena definición del término *Empresas concurrentes* es el extraído en la Nota técnica de prevención 918:

“Con independencia del que tenga la titularidad del centro de trabajo, tendrán esta denominación todos los empresarios cuyos trabajadores coinciden en él.”

(INSST, 2011)

De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales, en caso de concurrencia, antes del inicio de las actividades las empresas contratistas o subcontratistas o ambas, deberán informarse recíprocamente sobre los riesgos específicos de los trabajos que van a realizar en la obra. Cada empresa contratista y subcontratista, deberá informar a sus propios trabajadores de los riesgos derivados de la concurrencia de actividades con otras empresas. Debe así establecer una reciprocidad en la información de los riesgos junto con el resto de empresas, a través de una información real, actualizada y suficiente, por escrito al tratarse de tareas con riesgos graves o muy graves.

Los riesgos evaluados serán actualizados, en función de lo que se valore conjuntamente, al cohabitar riesgos de distintas empresas.

DEBER DE INFORMACIÓN DE LAS EMPRESAS CONCURRENTES (art. 4.2 y 4.3 RD 171/2004)		
CONTENIDO	MOMENTO	FORMA
Todos los riesgos de su actividad que puedan afectar a las otras empresas, particularmente los que puedan verse agravados o modificados por circunstancias derivadas de la concurrencia de actividades.	Antes del inicio de las actividades. Cuando se produzca un cambio relevante en las actividades concurrentes.	Obligatoriamente por escrito cuando se trate de riesgos graves o muy graves.
Accidentes.	Cuando proceda y de forma inmediata.	---
Emergencias.		

Tabla 50. Deber de información de las empresas concurrentes. Fuente: Iranzo García & Piqué Ardanuy, 2011.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

FIGURA	FUNCION	OBLIGACIONES
Empresario Titular	Gestionar el centro de trabajo	Informar Instruir, si aporta trabajadores
Empresario Principal	Contratar o subcontratar con otras empresas la realización de obras o servicios	Cooperar Informar Instruir Vigilar

Tabla 51. Comparativa del empresario titular frente a empresario principal. Fuente: Adaptado de Iranzo García & Piqué Ardanuy, 2011.

Respecto a los medios de coordinación, encontramos una relación no exhaustiva de los mismos en el artículo 11 del RCA. Para gestionar estos medios de coordinación, se consideran la peligrosidad de la actividad, su duración y el número de personas involucradas en el centro de trabajo.

Para el caso de obras de construcción, hay que considerar lo presente en el Real Decreto 1627/1997, en el que encontramos las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Este documento es de obligado cumplimiento, aun cuando sean obras sin proyecto.

Destacan las siguientes figuras, definidas en su artículo 2.

FIGURA	DEFINICIÓN
Promotor	Cualquier persona física o jurídica por cuenta de la cual se realice una obra.
Proyectista	El autor o autores, por encargo del promotor, de la totalidad o parte del proyecto de obra.
Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la elaboración del proyecto de obra	El técnico competente designado por el promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de obra.
Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra	Técnico competente integrado en la dirección facultativa, designado por el promotor para llevar a cabo y asumir las tareas que se mencionan en el artículo 9.
Dirección facultativa	Técnico o técnicos competentes designados por el promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.
Contratista	La persona física o jurídica que asume contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales, propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato. persona física o jurídica cuya actividad industrial le permite contratar con la empresa principal la ejecución de trabajos como obras, mantenimiento, montajes, etc., y que se encuentre homologado para dicha actividad si ésta lo requiere. Su responsabilidad como Contratista alcanzará tanto al personal y medios de su titularidad como a los que presten sus servicios bajo la modalidad de Subcontratistas o Autónomos, siendo además responsable subsidiario de los posibles daños a terceros que estos pudieran causar.

Subcontratista	La persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.
Trabajador autónomo	La persona física distinta del contratista y del subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo, y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra

Tabla 52. Definiciones de las distintas figuras legales en una obra de construcción . Fuente: Real Decreto 1627/1997.

El cumplir del deber de información, por parte del promotor, se lleva a cabo mediante el Estudio de seguridad y salud o el Estudio básico. El contratista, por su parte, deberá entregar el llamado Plan de seguridad y salud. Estos documentos constituirán el soporte de comunicación a utilizar entre las distintas empresas. En su defecto, si fuese necesario, se confeccionará un documento específico que contenga toda la información necesaria para apercebir a las posibles empresas afectadas de los riesgos y las medidas preventivas adoptadas. De igual forma, cada empresa contratista y subcontratista deberá informar a sus propios trabajadores por escrito de los riesgos derivados de la concurrencia de actividades en el Centro de Trabajo, así como de los medios de coordinación establecidos. En cambio, el deber de instrucción, se dará por cumplido con las indicaciones del coordinador de seguridad y salud en ejecución de la obra (o en su defecto, por la dirección facultativa), asignado por el propio promotor.

Frecuentemente, las obras de construcción sin proyecto se realizan en centros de trabajo que tienen una actividad, las cuales continúan en funcionamiento durante la realización de los trabajos. En esos casos, a la hora de planificar los trabajos, se ha de prever una doble coordinación: coordinación de las actividades dentro de la propia obra conforme a lo indicado en el RD 1627/1997 y coordinación entre las actividades de la obra en sí y las actividades que se realizan en el centro de trabajo conforme al RD 171/2004. (INSST, 2016)

En estos términos, en el centro de trabajo, gestionado por el empresario titular, aplica el RCA, en el que el empresario presenta la evaluación de riesgos pertinentes, que están presentes en la actividad.

En cada espacio que se vaya a modificar, entra en juego las disposiciones del RD 1627/1997, referentes a las obras de construcción. Si existe más de un contratista también debería considerarse el RCA para gestionar la concurrencia de los distintos trabajos.

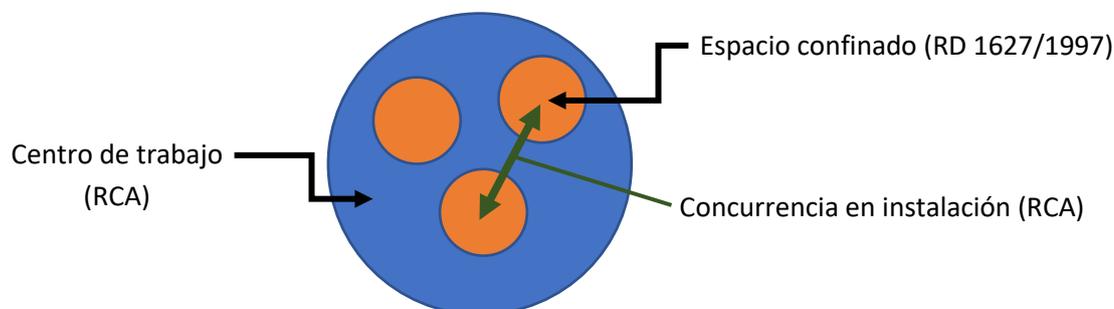


Ilustración 4. Coordinación de actividades empresariales en un centro de trabajo.

	Obras con proyecto	Obras sin proyecto
Promotor	Designar a un coordinador de seguridad y salud: En fase de proyecto cuando en la redacción del proyecto intervenga más de un proyectista y en fase de ejecución cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa o una empresa y un trabajador autónomo. Designar a un técnico competente que elabore un ESS/EBSS conforme al proyecto de la obra. Cuando exista un coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución, le corresponde a éste elaborar o hacer que se elabore bajo su responsabilidad dicho documento.	Tiene la obligación de facilitar información sobre emplazamiento y concurrencia del centro de trabajo,
Contratista/ Subcontratista	Aplicar PAP del art. 15 de la LPRL Cumplir lo establecido en el PSS, las medidas preventivas y el resto de normativa Informar e instruir a los trabajadores Atender indicaciones del CSS	Todas salvo las que incluyen el PSS
Coordinador de Seguridad y Salud	Coordinar la aplicación PAP, las actividades en obra y la aplicación correcta de métodos de trabajo Aprobar el PSS del contratista Organizar la CAE Restringir acceso a obra	Todas salvo las que incluyen el PSS. En cambio, deberá supervisar el Documento de gestión preventiva

Tabla 55. Obligaciones del promotor, contratista y coordinador de seguridad en salud, tanto en obras con proyecto como sin proyecto. Fuente: Elaboración propia.

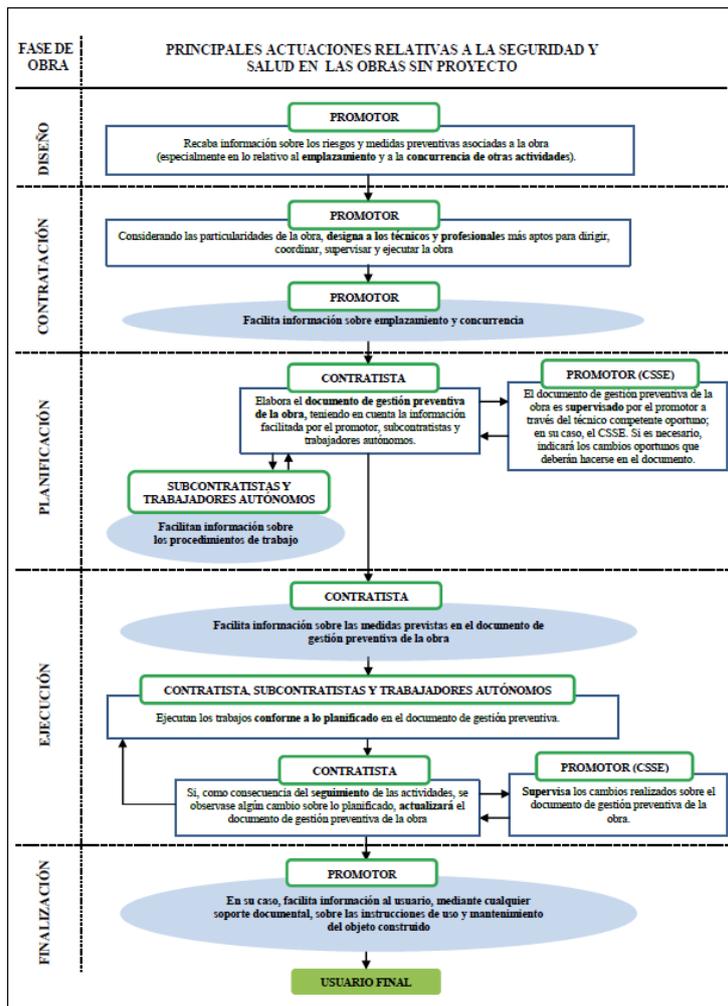


Tabla 56. Principales actuaciones en obras sin proyecto según la fase de obra. Fuente: INSST, 2016b.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

6.7.2. Medidas preventivas de carácter técnico.

Por otra parte, las medidas técnicas son requeridas para la adaptación de las complicadas características del puesto de trabajo al operario, surtiéndolo de una colección de equipos de trabajo y protección, individual y colectiva, adecuada ventilación y control de la atmósfera del interior, además de proteger al exterior de lo que acontezca en dicho interior y viceversa.

6.7.2.1. Elección de equipos de trabajo.

Para abordar este apartado y atendiendo a las correctas definiciones recogidas en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, se realiza un análisis de los equipos empleados para operar en recintos confinados.

Equipo de trabajo
Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.
Utilización de un equipo de trabajo
Cualquier actividad referida a un equipo de trabajo, tal como la puesta en marcha o la detención, el empleo, el transporte, la reparación, la transformación, el mantenimiento y la conservación, incluida, en particular, la limpieza.
Zona peligrosa
Cualquier zona situada en el interior o alrededor de un equipo de trabajo en la que la presencia de un trabajador expuesto entrañe un riesgo para su seguridad o para su salud.
Trabajador expuesto
Cualquier trabajador que se encuentre total o parcialmente en una zona peligrosa.
Operador del equipo
El trabajador encargado de la utilización de un equipo de trabajo.

Tabla 57. Definiciones relativas al empleo de equipos de trabajo. Fuente: Real Decreto 1215/1997.

Por otra parte, el Real Decreto en análisis establece que, al momento de seleccionar un equipo de trabajo el empresario debe considerar los siguientes aspectos:

- a) Las condiciones y especificaciones del trabajo a realizar.
- b) Los riesgos para los trabajadores en la instalación y, especialmente, en los puestos de trabajo a desempeñar, así como los riesgos que puedan derivarse del uso de los mencionados o que puedan agravarse por estos.

En este sentido, se puede introducir el término de consignación de equipos de trabajo.

La consignación de equipos consiste en actuar sobre un equipo de trabajo. Esta tarea se emplea para evitar daños a un trabajador que tenga que intervenir en el equipo o daños a equipos asociados o en otros elementos de la instalación, como consecuencia de la existencia de energía remanente en el equipo y su posible liberación incontrolada con una puesta en marcha intempestiva.



Imagen 28. Cierre de válvula en depósito. Fuente: INSST, 2018.

Para ello, se realizan las siguientes operaciones:

1. Separación de todas las fuentes de energía (eléctrica, neumática, hidráulica, mecánica, térmica, etc.).
2. Bloqueo para garantizar que, hasta que no se autorice, no pueda ponerse en marcha.
3. Señalización para conocimiento de todos los trabajadores.
4. Disipación o retención mediante confinamiento de cualquier energía acumulada que pueda dar lugar a un peligro.
5. Verificación de la efectividad de las acciones realizadas.

Estos mecanismos de accionamiento deberán estar situados fuera de las zonas peligrosas.

Con el fin de comprobar y registrar el cumplimiento de estas operaciones, puede observarse en la NTP 1117: consignación de máquinas una lista de verificación.

PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN (Ejemplo)		
Corte de la energía		
Los seccionadores y/o los interruptores, ¿se encuentran en la posición de apertura (0)?	SÍ	NO
¿Se ha comprobado que los órganos de accionamiento correspondientes NO ponen en marcha los elementos de la máquina?	SÍ	NO
¿Se han retirado las clavijas de sus bases? (Si procede)	SÍ	NO
Las válvulas de corte, ¿están en la posición de cierre? (Si procede)	SÍ	NO
¿Se ha realizado el etiquetado de los elementos de corte? (Si procede)	SÍ	NO
Bloqueo de los dispositivos de corte		
Los dispositivos desbloqueo (candados, cerraduras, envoltentes con llave), ¿impiden completamente el accionamiento de los dispositivos de corte?	SÍ	NO
Ausencia, disipación, confinamiento, retención de energías		
¿Se han detenido por completo los elementos móviles de la máquina? (Comprobación visual).	SÍ	NO
¿Ausencia de tensión eléctrica? (Comprobación, por ejemplo, mediante un voltímetro).	SÍ	NO
¿Ausencia de presión acumulada o residual? (Comprobación, por ejemplo mediante indicadores de presión, manómetros, etc.).	SÍ	NO
¿Se ha comprobado la ausencia de partes con temperaturas extremas? (Comprobación por el método más adecuado).	SÍ	NO
¿Se ha confinado o retenido las energías almacenadas o residuales?, (acumuladores, resortes, masas que pueden desplomarse por la acción de la gravedad...).	SÍ	NO

Tabla 58. Procedimiento para verificar la consignación de equipos. Fuente: INSST, 2018.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

Así mismo, el operador del equipo deben poder comprobar desde el accionamiento principal, que no haya nadie en el emplazamiento peligroso.

“Si esto no fuera posible, la puesta en marcha deberá ir siempre precedida automáticamente de un sistema de alerta, tal como una señal de advertencia acústica o visual.”

(Real Decreto 1215/1997)

En el caso que atañe, cualquier equipo que presente un riesgo por emisión de polvo, gases o vapores debe contener los dispositivos para captarlos o extraerlos con adecuación, siempre próximo a la fuente que produzca la emisión.

Se establecerá, principalmente, la desclasificación integral del área, eliminando el peligro de explosión. Pero en algunos casos, no será posible la erradicación completa de una atmósfera explosiva. En el caso de que persista dentro del emplazamiento un riesgo de atmósfera potencialmente explosiva, se encuentran los equipos ATEX, identificados por el



Ilustración 5. Simbología de equipos ATEX. Fuente: Altube Basterretxea, 2015.

símbolo Ex inscrito de un hexágono, que son equipos diseñados para no suponer una fuente de ignición durante su uso. Los equipos de trabajo a emplear en una entrada a un recinto confinado, según la clasificación ATEX, pertenecerán al Grupo II – Equipos de trabajo en superficie.

En determinados supuestos, por ejemplo, un tanque aéreo desgasificado, con ausencia de operaciones en el entorno del tanque, fondos del tanque sin presencia de producto o vapores y cualquier otra variable pertinente, se podrá utilizar equipos sin protección ATEX siempre que esté debidamente justificado y argumentado en la evaluación de riesgos y autorizado en el permiso de trabajo.

También se marcará con un código IP para protección contra sólidos y líquidos. El primer dígito de este símbolo indicará el grado de protección contra la entrada de sustancias sólidas (polvo) en el dispositivo. El segundo es importante si existe el riesgo de mojar el dispositivo en espacios reducidos y se refiere al grado de protección contra la entrada de líquidos. (Altube Basterretxea, 2015)

Si está previsto el uso de energía eléctrica en el trabajo que se pretende ejecutar, se utilizará tensión de seguridad, para iluminación portátil, o alimentación portátil para equipos. Las fuentes de energía se instalarán fuera del recinto, tanque, cisterna, etc., alejados y se pondrá especial cuidado en que los cables de alimentación de los equipos que trabajan en el interior y demás elementos involucrados no puedan obstaculizarse ni interferirse.

6.7.2.2. Elección de equipos de protección individual.

Bajo la definición de “todo aquel equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin (Real Decreto 773/1997), en esta investigación se realizará una síntesis de los distintos equipos de protección individual que se precisan para trabajar en el interior de un recinto catalogado como confinado.

Ante la presencia de riesgos de tipo físico, químico y biológico que han sido definidos, es de gran importancia seleccionar el equipo adecuado, que no añada riesgos complementarios interfiriendo en el proceso productivo, añadiendo complejidad a los trabajos. También, que haga gozar al operario de buena comodidad y adaptabilidad hacia los trabajos que desempeñe.

Previo a utilizar los equipos de protección individual y según lo estipulado en la normativa aplicable:

- Cada trabajador debe recibir información y capacitación sobre los equipos que se le proporcionan y cuándo debe utilizarlos, lo cual será impartido por personal cualificado.
- Los trabajadores no deben alterar el estado o características originales del EPI, ya que éste puede perder su eficacia protectora.
- Los empleados deben revisarlos antes de cada uso. Si se encuentra un defecto, el equipo debe desecharse y el operador debe solicitar inmediatamente un reemplazo.

Antes de proceder a los equipos encargados de prevenir el riesgo de las condiciones atmosféricas y de altura, es preciso desarrollar una relación de los que tienen el cometido de proteger la cabeza, ojos, oídos y extremidades:

- El vestuario, antiestático e ignífugo, como buzos desechables si existe un potencial contacto con los productos petrolíferos.
- Guantes de protección en función del riesgo (mecánico o contacto con producto, en cuyo caso serán de cloruro de polivinilo o de material impermeable y resistente a los hidrocarburos).
- Protección ocular ante el impacto de elementos y/o salpicadura.
- Calzado de seguridad antiestático, de material impermeable y resistente a los hidrocarburos
- Casco protector de cabeza, con barbuquejo.

Los EPI's de Categoría III, como pueden ser los equipos de protección respiratoria, y los encargados de proteger ante las caídas en altura que se analizan a continuación, deben ser revisados periódicamente por personal cualificado. Los Equipos de protección individual deben llevar marcado CE y estar certificado con las normas UNE-EN que le apliquen.

Equipar a los trabajadores con elementos de protección respiratoria, observando los contaminantes que potencialmente habitan, Sumado a las condiciones cambiantes, en un recipiente en el que se precisa ingresar, será una tarea cotidiana.

Se efectúa así un análisis de los distintos equipos que nos ofrece la técnica actual, clasificándose en dos principales grupos:

- **Equipos filtrantes:** Como su propio nombre indica, el sistema empleará un filtro, que retiene las sustancias contaminantes, en moderada cantidad, purificando el oxígeno que

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

consume el trabajador. Bajo el claro inconveniente de que, en caso de déficit en la concentración de oxígeno, no será eficiente su utilización. Este equipo estará compuesto de una mascarilla y un filtro adecuado a los gases y polvos en suspensión que se encuentren en el espacio confinado, que retenga las sustancias contaminantes.

- **Equipos respiratorios aislantes:** El aire respirado por el operario será suministrado por un sistema independiente, evitando así la problemática de una posible reducción en el porcentaje de oxígeno en el recipiente.

Esta clase comprende dos variedades, según la autonomía del sistema.

Los equipos de respiración autónoma, de ahora en adelante ERA, conllevando que el operario porte la fuente de respiración y los equipos de respiración semiautónoma, ERSA.

Se ha realizado la siguiente tabla, para una mejor comprensión de estos dos equipos.

TIPO DE RESPIRACIÓN	
ERSA	ERA
Fuente fija, a través de manguera	Portada por el operario
Más ligero	Mejor desplazamiento
Empleo	
Bocas de hombre próximas	Bocas de hombre lejanas
Alta demanda energética	Baja demanda energética
Posiciones ergonómicas desfavorables	Trabajos sin dificultad en espacio

Tabla 59. Tipos de equipos respiratorios aislantes. Fuente: Elaboración propia.

Además de la comprensión de los equipos de respiración aislantes, el Cuestionario de Espacios Confinados nos otorga, en base a unos criterios mínimos, una tabla completa, para seleccionar el equipo de protección adecuado, considerando las condiciones del recinto en el que va a operarse.

		Autónomos	Semiautónomos	Filtros
Característica de la atmósfera	<i>Nivel de O₂</i>	Inferior al 17%	Inferior al 17%	Superior al 17%
	<i>Concentración contaminante</i>	Elevada	Elevada	Moderada
	<i>Existencia filtro específico</i>	No	No	Sí
	<i>Composición atmósfera</i>	Generalment desconocida	Generalmente desconocida	Conocida
	<i>Efectos tóxicos agudos</i>	A bajas concentraciones	A bajas concentraciones	No
Características de la actividad	<i>Necesidad de desplazamientos</i>	Generalmente elevada	Baja	-
	<i>Proximidad al acceso</i>	Generalmente alejado	Sí	-
	<i>Esfuerzo físico</i>	Bajo	Generalmente elevado	-
	<i>Postura de trabajo</i>	No forzadas	Generalmente forzada	-
	<i>Duración</i>	Limitada por la capacidad de la botella	Generalmente alta	Limitado por la capacidad del filtro

Tabla 60. Clasificación de los equipos de respiración. Fuente: Berlana Llorente, 2008.

En referencia a la prevención al riesgo de caídas en altura, encontramos diversidad de dispositivos, que hacen soporte tanto al descenso y ascenso de personas, además de poder descender a la zona de operación a las cargas, herramientas y máquinas a emplear.

Todo ello, satisfaciendo las disposiciones del Real Decreto 2177/2004, el cual incluye que los equipos de protección individual, no deberán sustituir a las medidas de protección colectiva. Los equipos anticaidas tienen que estar adaptados a la naturaleza del trabajo, a todo lo imprevisible que pueda acontecer y permitiendo la libre circulación a lo largo de la zona de trabajo.

Cabe distinguir entre el ingreso vertical y el horizontal:

- El vertical puede efectuarse mediante lo que se denomina trípode de acceso. También, se halla la posibilidad de utilizar brazos rescatadores, cuando las condiciones morfológicas del recipiente así lo estimen.
- Para el ingreso horizontal se emplean elementos como los polipastos, anclados a un punto ubicado en las proximidades de la entrada al recinto.

El personal que penetre en el recinto debe quedar asegurado, mediante un arnés de seguridad y una cuerda desde el exterior del mismo

6.7.2.3. *Aislamiento exterior. Control de las fuentes de ignición*

En este apartado se aborda cómo, mediante la Instrucción técnica complementaria MI-IP 01 «Refinerías», incluida en el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas, se dispone un aislamiento del exterior, como medida de prevención ante derrames de hidrocarburos. Para ello, encontramos regulado lo que se conocen como “cubetos de retención”.

La habilitación de este terreno, contenidos en las proximidades de cada depósito y tanque, previene la combinación de hidrocarburos de distinta clase o subclase u otros elementos que se encuentren en las áreas colindantes de la instalación.

Mediante el artículo 21, este Reglamento especifica la obligatoriedad de este cubeto. La capacidad de estos será el máximo volumen que el recipiente que protege puede llegar a contener. Se refleja, también, la necesidad de una pendiente, que haga aislar cualquier sustancia vertida, frente a la exposición cercana a otros recipientes, a la vez que disponer de muretes de suficiente envergadura para retenerlos ante una posible salida de la instalación.

Dichos muros serán:

1. Construidos con material no combustible
2. Resistentes a la presión de los hidrocarburos con potencial derrame.
3. Con esquina reforzada



Imagen 29. Visual de cubetos de retención. Tomada desde Google Earth.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

En lo referente al control de las fuentes de ignición, antes de comenzar cualquier actividad que pueda provocar la emisión de vapores, deben suspenderse todos los trabajos en las proximidades. Puede venir de instalaciones colindantes a la que se realicen los trabajos, capaces de generar fuentes de ignición (el volumen de los vapores y las condiciones atmosféricas, determinarán la amplitud de la zona).

No deberá hacerse ningún trabajo si la dirección del viento puede arrastrar los vapores hacia zonas peligrosas.

Aquí, conviene recordar que a partir del momento en que se abre la boca de hombre, es cuando se presenta una situación de riesgo, especialmente en los tanques de gasolina, debido a la salida de vapores, que crean una zona de atmósfera explosiva, cuya extensión dependerá de las condiciones atmosféricas y deberá ser tenida muy en cuenta con relación a los trabajos o actividades que puedan estar desarrollándose en otro lugar próximo; dicha situación no termina hasta que el tanque ha sido desgasificado.

Para un control efectivo, podemos emplear las disposiciones que se recogen en el Real Decreto 681/2003 el cual establece, según la frecuencia con que se puedan producir atmósferas explosivas y su duración, la siguiente clasificación de zonas:

ZONA 0 •Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva está presente de modo permanente, o por un periodo de tiempo prolongado, o con frecuencia.	ZONA 1 •Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva.	ZONA 2 •Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva o en la que, en caso de formarse dicha atmósfera, sólo permanece durante breves periodos de tiempo.
ZONA 20 •Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de forma permanente, o por un periodo de tiempo prolongado, o con frecuencia.	ZONA 21 •Área de trabajo en la que es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una atmósfera explosiva ne forma de nube de polvo combustible en el aire	ZONA 22 •Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante un breve periodo de tiempo.

Tabla 61. Clasificación de zonas según la explosividad potencial de la atmósfera. Fuente: Real Decreto 681/2003.

6.7.2.4. Evaluación de las condiciones atmosféricas en el interior del recinto.

Una medición efectiva puede realizarse en las inmediaciones del recinto o en una zona segura. A pesar de ello, si no se consigue alcanzar el espacio en su totalidad, puede ingresarse

de manera paulatina hasta llegar a todos los puntos susceptibles de ser medidos, requiriendo de los equipos de protección respiratoria correspondientes.

Antes de tomar las lecturas, debe comprobarse que el instrumento de medida está en perfectas condiciones de trabajo y correctamente calibrado. Es por ello importante acogerse a las recomendaciones del fabricante, para la comprobación y calibración del instrumento. También, las mediciones deben efectuarse de forma continuada mientras se realice el trabajo, en previsión de posibles variaciones de la atmósfera interior.

Los medidores serán de dos tipos (Berlana Llorente, 2008):

Medidores de atmósfera

Detectores continuos

Indican el valor continuo en el tiempo de la actividad.

A emplear cuando las condiciones se modifiquen sensiblemente, conllevando un riesgo grave.

Prestaciones superiores (pueden detectar varios contaminantes de manera simultánea).

Detectores puntuales

Indican el valor en el momento en el que se efectúa la medición.

Para conocer el estado previo al ingreso en el recinto.

Tubos colorimétricos, detectan un espectro de compuestos variado.



Imagen 30. A la izquierda, detector portátil multigas. A la derecha, detector de concentración de oxígeno, Fuente: Dräger Safety Hispania – www.draeger.es

El control de las condiciones atmosféricas en el interior de un recinto confinado puede subdividirse en tres tipos, en función de los riesgos específicos que han sido mencionados anteriormente.

Evaluación ante el riesgo de explosión

El Real Decreto 681/2003 recoge una serie de obligaciones generales para la seguridad de los trabajadores ante atmósferas explosivas, correspondiendo al empresario la

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

obligatoriedad de adecuar el ambiente de trabajo, bajo medios técnicos apropiados y mediante la supervisión del entorno, considerando lo recogido en la evaluación de riesgos.

En estos términos, es necesario definir un límite estipulado para cuantificar la explosividad de una sustancia combustible, pudiendo ser un gas, vapor o polvo. Aquí, entra en juego lo que conocemos como Límite inferior de explosividad, L.I.E., o bien el Límite superior de explosividad, L.S.E, expresados en porcentajes de volumen.

Entre estas dos concentraciones, se encuentra el rango de inflamabilidad, produciéndose una explosión, en el caso de que se presente un foco de ignición.



Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- En la NTP 223: Trabajos en espacios confinados se refleja la peligrosidad de la atmósfera en tanto que la concentración de una sustancia inflamable se sitúe por encima del 25% del LIE.
- También se considera que al superar el 5% del LIE, el monitoreo del estado del interior deberá ser continuado.
- En ninguna circunstancia se puede entrar en un espacio confinado hasta que su atmósfera se encuentre por debajo del 20% del Límite Inferior de Explosividad (L. I. E.)
- Se podrá entrar en el recinto utilizando equipo autónomo o semiautónomo de respiración de presión positiva, cuando la atmósfera sea mayor o igual al 10% y menor al 20% del L.I.E.
- Cuando la atmósfera esté por encima del 0% L.I.E. y menor del 10% del L.I.E., se deberá utilizar máscara buco-nasal o facial con su correspondiente filtro químico.
- A efectos de explosividad, se podrá trabajar si la medición resultante está por debajo del 10% L.I.E., respetando los umbrales y uso de equipos de protección indicados para la toxicidad en párrafos anteriores.
- Además, el explosímetro indicará, mediante alarma acústica, cuando el nivel de las sustancias inflamables o explosivas se sitúe en el 10 por ciento y, posteriormente, cuando alcance el 20-25 por ciento del LIE, considerándose un espacio muy peligroso para la ejecución de tareas.

En cambio, el INRS, Institut National de Recherche et de Sécurité, francés sugiere que, si se obtiene una medición superior al 10 por ciento del LIE, toda intervención deberá detenerse, procediendo al saneamiento o a la inertización del espacio (INRS, 2015)

0% LIE	10% LIE	20% LIE
	Máscara con filtro	Entrada con ERA/ERSA
		Prohibido ingreso

Tabla 62. Valores de porcentaje de LIE que determinan el ingreso.

Evaluación de la concentración de oxígeno

Así mismo, es primordial verificar el estado de la atmósfera interior para asegurar que es respirable y el nivel de oxígeno suficiente. Para ello, se hará uso de un equipo de medición portátil de lectura directa, destinado al efecto.

- En el caso de que la concentración de oxígeno fuera inferior al 20,5 por ciento, el ingreso debe llevarse a cabo con equipos de respiración, autónoma o semiautónoma
- La concentración de esta sustancia no debe ser inferior al 20,5 en porcentaje. Si no es factible mantener este nivel con aporte de aire fresco, deberá realizarse el ingreso con los equipos de respiración seleccionados.
- Tampoco debe ser superior al 25% para no incrementar el riesgo de incendio y explosión. En el caso de alcanzarse un 23,5% de oxígeno, deberá abandonarse el espacio confinado, ventilar y eliminar la fuente de suministro de oxígeno.

% OXÍGENO	
20,5%	23,5%
Entrada con ERA/ERSA	Prohibido ingreso

Tabla 63. Valores de porcentaje de oxígeno que determinan el ingreso.

Evaluación ante el riesgo de intoxicación

En este caso, se emplean medidores específicos, que cuantifiquen la cantidad de concentraciones de los previsible gases y sustancias tóxicas presentes en el recinto, en función del tipo y condiciones del espacio. (INSST, 1998). A tal efecto, se dispone en la actualidad de tubos colorimétricos, "...vial que contiene una preparación química que reacciona con la sustancia a medir cambiando de color. La mayoría de los tubos están graduados, de tal manera que la longitud de la mancha indica la concentración de la medida, facilitando la interpretación de los resultados." (Berlana Llorente, 2008)

Para efectuar las mediciones en otro dispositivo, se dispondrán de los Valores límite ambientales. Son aquellos valores que pueden ser tomados como referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire. Representan concentraciones para las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos para su salud. Es necesario conocer los valores límite ambientales de estas sustancias, pues pueden presentar concentraciones en aire por encima de estos valores conllevando el riesgo de intoxicación y derivando en enfermedades para los trabajadores.

Los valores de referencia en España, se distinguen en dos tipos (Berlana Llorente, 2008):

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

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

el caso de que se desee exacerbar el nivel de protección, al ser un límite de carácter más restrictivo que el de larga duración.

La clave está en si los límites de exposición laboral (VLA-EC y VLA-ED) son superados por la concentración en el aire de las sustancias tóxicas.

Sin embargo, es necesario controlar las desviaciones por encima del VLA-ED, aun cuando este valor se encuentre dentro de los límites recomendados. En estos casos se aplican los límites de desviación. Estos límites de desviación (LD) se han establecido mediante consideraciones de carácter estadístico, a través del estudio de la variabilidad observada en gran número de mediciones, para determinar las exposiciones de corta duración en los procesos industriales reales.

“Las exposiciones de corta duración pueden ser superiores a 3 veces el valor VLA-ED® durante 15 minutos como máximo en no más de 4 ocasiones en una jornada de trabajo de 8 horas y con un intervalo mínimo de una hora entre dos exposiciones pico sucesivas. En ningún caso debe superarse 5 veces el valor del VLA-ED®. Además, el VLA-ED® de 8 horas no debe excederse durante la jornada de trabajo.”

(INSST, 2021)

Si se mantienen las desviaciones de la exposición dentro de los límites establecidos, se considerará que la exposición está controlada; en caso contrario, será necesario implantar medidas correctoras para mejorar el control.

Los límites de exposición que se muestran a continuación se encuentran también incluidos en el documento “Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2022”, editado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

Cuando no existan valores límite ambientales en España, se pueden utilizar de referencia los establecidos por organismos internacionales reconocidos, como los TLV-TWA (Valores Límite Umbral: concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de 8 horas y 40 horas semanales) de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Los datos de la gasolina han sido obtenidos de la NTP 775, “Riesgos Higiénicos de los trabajadores de estaciones de servicio” Los valores límites ambientales propuestos por diferentes países y organismos para la exposición por inhalación a la gasolina se describen en la tabla siguiente, siendo importante destacar la ausencia de unanimidad al respecto.

SUSTANCIA	Nº CAS	Nº CE	VLA- ED	TLV-TWA
GASOLINA	86290-81-5	289-220-8	300 ppm	0.5 ppm 1.60 mg/m ³
QUEROSENO	8008-20-6	232-366-4	200 mg/m ³	200 mg/m ³

Tabla 64. Valores límites de exposición de gasolina y queroseno. Fuente:

El umbral olfativo (U.O.) de una sustancia química dada se define como el valor de la concentración de esa sustancia para el cual el 50% de las personas sometidas al estudio (las cuales no son ni mucho ni poco sensibles a diferentes sustancias olorosas de referencia y están exentas de patología que afecte a la olfacción, entre otros criterios de selección) perciben su olor. (INSST, 1993)

El IPVS (o IDHL) es la concentración “inmediatamente peligrosa para la vida o la salud”: Concentración máxima bajo la cual una persona puede escapar dentro de un periodo máximo de 30 minutos (Ludwig et al., 1994).

SUSTANCIA	Nº CAS	Nº CE	VLA- ED	VLA- EC	TLV-TWA	U.O. (ppm)	IPVS (ppm)
BENCENO	71-43-2	200-753-7	1ppm 3,25mg/m ³	-	0.5 ppm 1.60mg/m ³	12	3000
TOLUENO	108-88-3	203-625-9	50ppm 191mg/m ³	100ppm 384mg/m ³	50 ppm 191 mg/m ³	2,9	2000
XILENO	1330-20-7	215-535-7	50ppm 221mg/m ³	100ppm 442mg/m ³	100 ppm 442 mg/m ³	1,1	1000
N- HEXANO	110-54-3	203-777-6	20ppm 72mg/m ³	-	50 ppm 176 mg/m ³	130	5000

Tabla 65. Valores límites de BTX y n-hexano. Fuente: INSST, 1993.

SUSTANCIA	Nº CAS	Nº CE	VLA- ED	VLA- EC	TLV-TWA (ppm)	U.O. (ppm)	IPVS (ppm)
H2S	7783-06-4	231-977-3	5ppm 7mg/m ³	10ppm 14mg/m ³	10	0,0081	300
CO	630-08-0	211-128-3	20ppm 23mg/m ³	100ppm 117mg/m ³	25	100000	1500
NH3	7664-41-7	231-635-3	20ppm 14mg/m ³	50ppm 36mg/m ³	25	5,2	500
CN	74-90-8	200-821-6	0,9ppm 1mg/m ³	4,5ppm 5mg/m ³	10	0,58	--
SO2	7446-09-5	231-195-2	0,5ppm 1,32mg/m ³	1ppm 2,64mg/m ³	2	1,1	100

Tabla 66. Valores límites de sustancias comúnmente presentes en recintos confinados. Fuente: INSST, 1993.

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Si la medida está comprendida entre 5 y 50 ppm, se utilizará máscara facial equipada con filtro respiratorio combinado para gases. Este filtro no debe utilizarse durante un tiempo mayor de 30 minutos, debiéndose sustituir a partir de ese tiempo.

- Si la medida está por encima de 50 ppm, se utilizará equipo autónomo de respiración dado el riesgo de saturación rápida de los filtros existentes.

- En caso de que la concentración alcanzara las 100 ppm, un tercio del valor IDLH o IPVS, se deben abandonar los trabajos hasta que sea reducida, en prevención de que el equipo ERA/ERSA pudiera fallar.

Sólo si la concentración de H2S está por debajo de 5 ppm, se podrá trabajar sin necesidad de equipos de protección individual

CONCENTRACIÓN H2S		
5 ppm	50 ppm	100 ppm
Máscara con filtro	Entrada con ERA/ERSA	Prohibido ingreso

Tabla 67. Valores de concentración de H2S que determinan el ingreso. Elaboración propia.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

- Está prohibida la entrada en el espacio confinado mientras que la concentración de CO no sea inferior a las 100 ppm.
- Se deberá usar protección respiratoria (ERA/ERSA) en caso de que se alcance o sobrepase las 20 ppm.
- Se podrá entrar al espacio confinado sin protección respiratoria cuando la concentración de CO sea inferior a 20 ppm.

CONCENTRACIÓN CO		
20 ppm	100 ppm	
	Entrada con ERA/ERSA	Prohibido ingreso

Tabla 68. Valores de concentración de CO que determinan el ingreso. Elaboración propia.

6.7.2.5. Ventilación y desgasificación.

Se encuentran distintos sistemas de ventilación que desgasifican y adaptan el recinto para poder operar. A pesar de ello, se encuentra una documentación en escasa cantidad y profundidad, que relacione de un modo más exhaustivo las especificaciones de aireación y que guíe a los técnicos para realizar trabajos eficientes. Se analizan los avances en este aspecto, que posibilitan una ventilación efectiva y rápida para acometer los trabajos.

Para comenzar, se incluye una síntesis de lo referente a ventilación en la legislación nacional vigente. La investigación precedente acerca de cómo definir un espacio confinado, sugiere que uno de los aspectos a considerar es la ventilación, que tiene el propósito de sustituir el aire contaminado por un aire respirable por el operario, adecuando la atmósfera interior a las características humanas. En términos concretos, se requiere llevar la concentración de vapores inflamables en el aire hasta un valor inferior al intervalo de explosividad, reduciendo la peligrosidad de las condiciones en el interior, aportando una óptima cantidad de aire y reduciendo la temperatura interior para evitar el posible estrés térmico.

El Reglamento de Instalaciones Petrolíferas en su Artículo 26. Ventilación de locales, indica que los lugares que presenten o puedan presentar contaminantes gaseosos, deben de estar provistos de un sistema que controle la atmosfera, sumado a asegurar una correcta ventilación, para “mantener las concentraciones en aire por debajo de los niveles máximos permitidos por la legislación vigente”.

En lo que afecta a la seguridad de los propios trabajadores, se establece la obligación de acondicionar las zonas en las que efectúen sus trabajos:

“Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, estos deberán de disponer de aire limpio en cantidad suficiente

En caso de que se utilice una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento”

(Real Decreto 1627/1997)

Así mismo, en la ITC MI-IP02, encontramos la referencia concreta a los tanques que estamos estudiando. Analizando esta instrucción en su artículo 2, obtenemos las siguientes especificaciones:

- El diámetro interior de la tubería de ventilación será mínimo de 25 milímetros, si la capacidad del recinto no supera los 3.000 litros, o en caso de exceder esta cantidad, será de 40 milímetros.
- Se recalca que la vía de escape deberá estar alejada de locales y viviendas vecinos, tampoco entrando en contacto con otro tipo de fuente y protegiendo la extracción de gases eficazmente,
- Se calculará para que no provoque sobrepresión en el depósito o tanque, debiendo incluir una rejilla cortafuegos, la cual será visible.

La NTP 223: Trabajos en recintos confinados, le dedica un apartado breve, en el que menciona a la ventilación como una medida preventiva fundamental para la adecuación del espacio. Además, incluye unos términos (caudal, extracción o dilución), que se observan con detenimiento a continuación.

Por último, la NTP 340: riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes, indica el cómo proceder para ventilar de un modo óptimo un espacio.



Tabla 69. Procedimiento para ventilar un espacio confinado. Fuente: INSST, 1994.

Al usar la ventilación forzada para disipar y anular una atmósfera tóxica, hay que considerar el caudal de aire más adecuado y una planificación de cómo suministrarlo, en base a la morfología del recinto en el que se opera, además de los contaminantes existentes y sus niveles medidos. La cantidad de aire a introducir será el triple en masa de la existente, como mínimo, no en casos de elevada densidad, al mostrarse ineficiente, empleando una cantidad multiplicada por diez. Incidir en qué se introducirá aire, no oxígeno, además de intentar situar la boca de entrada en el fondo del recinto, para un barrido completo en toda su ubicación.

El muestreo se realizará mediante sonda desde el exterior del recinto, o bien accediendo a el mismo con equipos de respiración autónoma. En recintos confinados con ventilación deficiente, evaluar la concentración de, por ejemplo, anhídrido carbónico es crucial para la seguridad laboral.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

En el caso de no satisfacer los límites requeridos, se realizará el procedimiento de ventilación de nuevo. Puede deberse a una purga parcial, dada la generación de bolsas de aire.



Imagen 31. Ventilación en un recinto confinado. Elaboración propia.

Para tanques o depósitos de almacenamiento, una vez vacío de producto su atmósfera contiene vapores de hidrocarburos y en el fondo, probablemente, se han acumulado lodos que al ser removidos pueden generar gases. Los riesgos que se derivan de ello deben reducirse al máximo; para ello hay que ventilar bien el tanque antes de efectuar cualquier operación en él. Los lodos tienen que considerarse como residuos peligrosos.

En el caso de cisternas y UU.RR., una vez vacía la cisterna y las canalizaciones de salida de producto, su atmósfera también puede contener vapores de hidrocarburos.

Los ventiladores destinados a expulsar los vapores inflamables deberán estar certificados "ATEX".

Antes de acometer los trabajos, se deberá purgar el recinto para adecuar las condiciones internas de modo favorable para el ingreso. Además, se seguirá ventilando para una constante renovación.

En la ventilación natural existe el riesgo de trasladar los vapores de hidrocarburos a una fuente de ignición, ya que será imprevisible su dirección. También, el caudal será difícil de controlar, o podrá ser insuficiente.

Por tanto, puede llegarse a considerar que, en instalaciones de almacenamiento petrolífero, es desaconsejable favorecer la ventilación natural para la aireación de un recipiente, debido a la proximidad de otros contaminantes y las características de las sustancias que conviven.

Las operaciones durante la realización de los trabajos y una vez se ha ingresado al espacio, pueden hacer que se manifiesten algunas sustancias con potencialidad de ser tóxicas. Puede renovarse el aire mediante extracción localizada, si hablamos de fuentes puntuales de contaminación. También puede emplearse lo que llamamos ventilación por dilución, para las fuentes no puntuales.

Por ello, desde esta investigación, se aconsejará usar cualquiera de estos métodos que vamos a estudiar, con sus respectivas ventajas e inconvenientes, en función del trabajo que se esté realizando, como consecuencia de trabajos de soldadura o pintura, por ejemplo.

- Ventilación por presión positiva: Incorporar aire no contaminado dentro, con sustancias en niveles aceptables
- Ventilación por presión negativa: consiste en la extracción de aire para renovar por uno nuevo, especialmente se empleará cuando las sustancias se encuentran en cantidades importantes, o cuando el gas es más pesado que el aire, como por ejemplo el ácido sulfúrico muy presente en el sector que estamos estudiando.

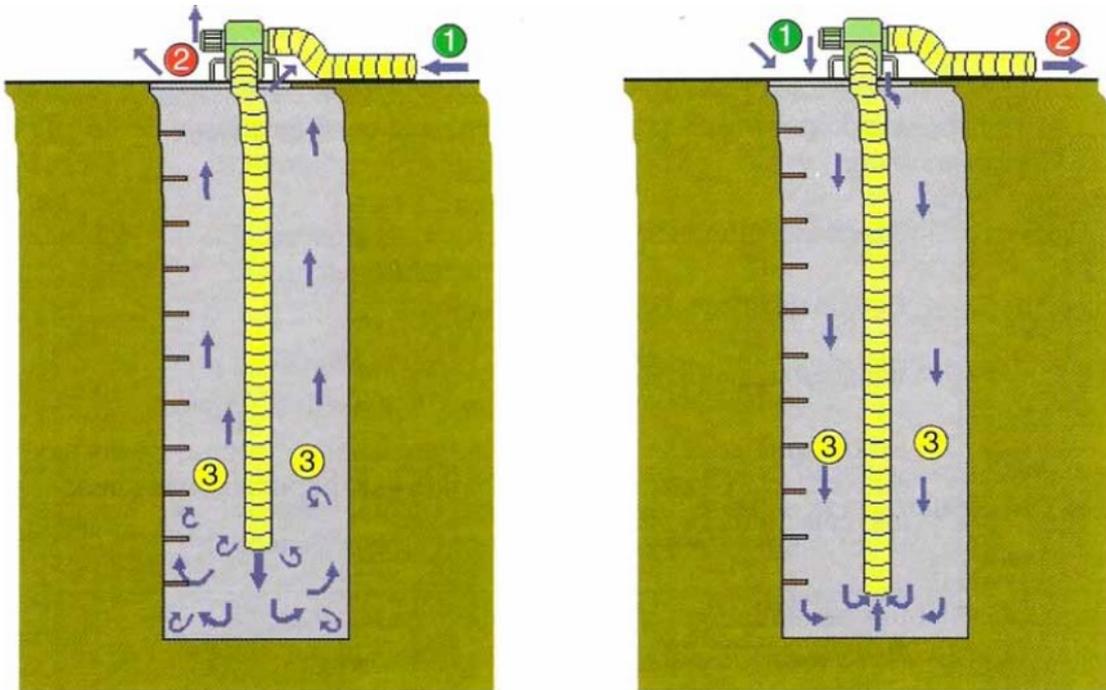


Ilustración 6. Ventilación por soplado (izquierda) y extracción (derecha). Fuente: IFPRL, 2002.

En líneas generales, la técnica de dilución puede presentar, en este caso de estudio, una menor eficacia que la de extracción localizada, dado que la industria petrolífera y sus tareas habituales, exigen caudales de aire más importantes.

En la siguiente tabla, se muestra una síntesis de estos métodos:

Ventilación por presión positiva VPP	Ventilación por presión negativa VPN
Dilución	Aspiración, extracción
Por compensación del aire, desplazamiento	Baja presión, que hace introducir aire por las entradas
Afecta a una zona más amplia	Para gases con densidad superior
Gases similares al aire, toxicidad baja	Para fugas, fuentes puntuales de gas peligroso. Actúa directamente sobre el foco emisor.
En concentración baja y constante	En trabajos que generen contaminantes
Presenta menor eficacia	Acumulación = Generación + Eliminación
A veces, es la única posibilidad (suboxigenación)	

Tabla 70. Información de los tipos de ventilación VPP y VPN. Fuente: Elaboración propia.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

6.7.3. Medidas preventivas de emergencia

Para finalizar, las medidas de emergencia establecen unos criterios mínimos, para afrontar una situación de riesgo derivada de la actuación en el recinto confinado. En estas medidas, se abordan las especificaciones que deben contener los equipos y conocer el personal de rescate, primeros auxilios y, anterior a estos, la vigilancia durante la ejecución de las operaciones, considerando también los medios con lo que se efectúa la comunicación entre el interior y el exterior.

El estudio de las medidas preventivas de emergencias ante los riesgos presentes en un recipiente confinado, se pueden desglosar en los siguientes apartados:

1. La vigilancia exterior y cómo establecer comunicación constante
2. Cómo abordar operaciones de rescate y sus tipos.
3. Implementar un protocolo de actuación.
4. Medios de actuación, cómo mantenerlos y adecuarlos a cada operación.
5. La necesidad de realizar simulacros periódicos.

Estas medidas, constituirán una serie de elementos fundamentales, no debiendo estar sólo previstas, sino también implantadas. Como principales medidas preventivas, el técnico encargado de la elaboración del procedimiento tendrá en cuenta las siguientes premisas (ITSS, 2006):

- ✓ El auxiliador debe garantizarse previamente su propia seguridad.
- ✓ El rescate debe ser rápido, pero no precipitado o inseguro.
- ✓ El accidentado debe recibir aire respirable lo antes posible.
- ✓ El accidentado necesitará asistencia médica urgente.

Los operarios deberán mostrar destreza suficiente en los siguientes aspectos (INSST, 1998):

- Procedimientos de rescate y evacuación de víctimas, así como de primeros auxilios.
- Utilización de equipos de salvamento y de protección respiratoria.
- Sistemas de comunicación entre interior y exterior con instrucciones detalladas sobre su utilización.
- Tipos adecuados de equipos para la lucha contra el fuego y como utilizarlos.

6.7.3.1. Vigilancia y comunicación

La vigilancia de modo permanente desde el exterior es crucial en cuanto un trabajador realice el ingreso. Este control total puede llevarse a cabo mediante:

- ✓ El control de la atmósfera interior.
- ✓ Asegurar la posibilidad de rescate.

El personal vigilante deberá detectar la sintomatología del operario que se encuentra en el interior del recipiente, bajo una comunicación constante entre ambas partes.

A pesar de que cualquier inconveniente puede acontecer, los primeros síntomas pueden ser deficiencia en el control muscular, aturdimiento, dificultad en la respiración, zumbido en los oídos y, técnicamente, la pérdida de comunicación temporal con el exterior.

Ante la mínima sensación de falso bienestar, se deberá detener la realización de los trabajos, procediendo a la evacuación del recipiente.

Para ello, se emplearán medios de comunicación visuales, acústicos, con cuerdas. También debe contemplarse el establecimiento de comunicación entre el vigilante exterior con el centro de auxilio.

Esta tabla recoge los sistemas mencionados:

Necesidades de comunicación	Sistemas de comunicación utilizables
Interior-Exterior	Visual: <ul style="list-style-type: none"> – Directa – Mediante códigos de señales [1] luminosas con linternas o similares.
	Acústico: <ul style="list-style-type: none"> – Mediante código de señales [1] sonoras con bocinas neumáticas, silbatos o similares. – Alarmas sonoras manuales. – Avisadores de "persona inmóvil", alarmas que se activan automáticamente ante la falta de movimiento durante un tiempo prefijado.
	Con cuerdas: Mediante código de señales con tirones [1].
	Radiotelefónicos: Mediante "walkie-talkies", teléfonos móviles, buscapersonas, etc.
Exterior-Centro de auxilio	<ul style="list-style-type: none"> – Radio emisoras en los vehículos de trabajo. – Teléfonos móviles. – "Walkie-talkies".

Tabla 71. Sistemas de comunicación. Fuente: OSALAN, 1997.

Se debe estimar que los vigilantes cuenten con una unidad más de la cantidad de personas que se encuentran en el interior.

Es de importancia que el retén de socorro, estén formados e instruidos, y a la vez que se encuentren equipados con los equipos de respiración pertinentes.

6.7.3.2. Primeros auxilios y rescate

Acercas de esta cuestión, encontramos una estadística que puede evidenciar la existente problemática de no implementar un protocolo de actuación. En la tesis, se muestra que, en una población de quince empresas, no se habían planteado con antelación las operaciones de rescate en doce de ellas. Así mismo, en ninguna de ellas, se incluía un protocolo por escrito.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

En el mismo estudio, se mostraba que los medios de rescate no eran adecuados en dos de las tres empresas, no realizándose ningún mantenimiento, ni simulacros ni formación en primeros auxilios entre su personal.

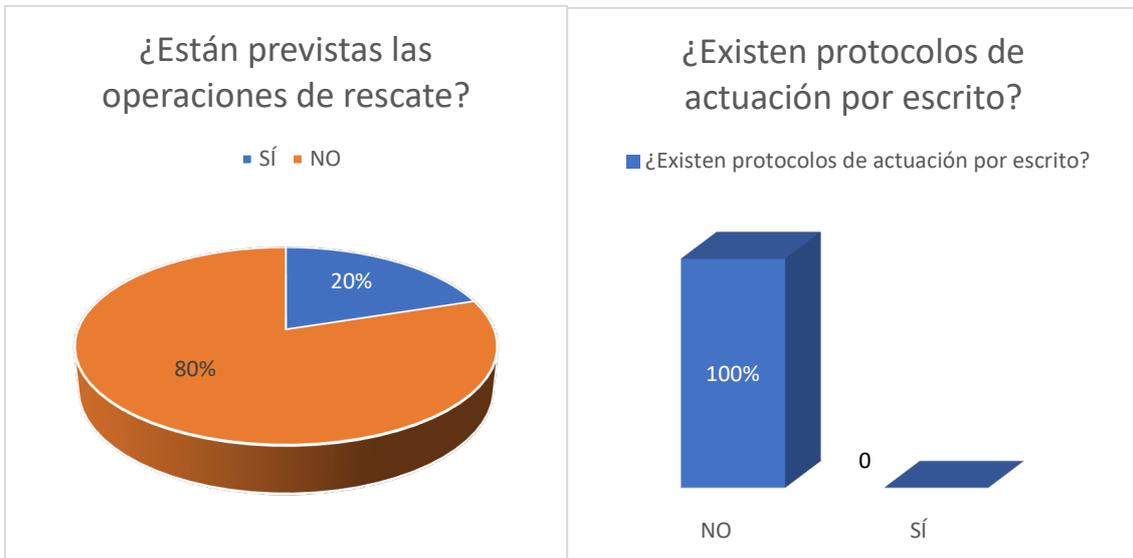


Tabla 72. Información estadística acerca de las operaciones de rescate en recintos confinados.
Fuente: Pérez Sedano, 2017.

El trabajo deberá planificarse y supervisarse correctamente, de manera que, en caso de emergencia, se pueda socorrer inmediatamente al trabajador. A tal efecto, se debe estimar la realización periódica de simulacros, que hagan afrontar al personal involucrado en tareas de emergencia, tales como el propio rescate y el auxilio de los potenciales accidentados. Así mismo, organizando sesiones de entrenamiento para el correcto uso de EPI's más complejos tales como equipos de respiración, equipos anticaídas

Es fundamental que el procedimiento de rescate en un espacio confinado se establezca previo a la entrada. El establecimiento de un plan de rescate incrementará la efectividad, en el caso que ocurra la necesidad de afrontarlo, además de mitigar los potenciales riesgos que puedan acontecer. Este procedimiento deberá especificar la recopilación de los medios de salvamento existentes, incluyendo los equipos de elevación y respiración.

Se muestra de manera gráfica la jerarquía de estos tipos de rescate, en base a la dificultad que presentan al abordarlos.

El autorrescate no requerirá de asistencia exterior para evacuar el recipiente. Ello puede llevarse a cabo, por ejemplo, si se detecta la presencia de cualquier peligro con antelación, gracias, por ejemplo, a los medidores de gases o con la ayuda de un equipo de protección. Puede conseguirse si se cuenta con personal especialmente preparado, con demostrable pericia, que puedan apreciar un potencial peligro en cuanto comience a afectarle como un riesgo.

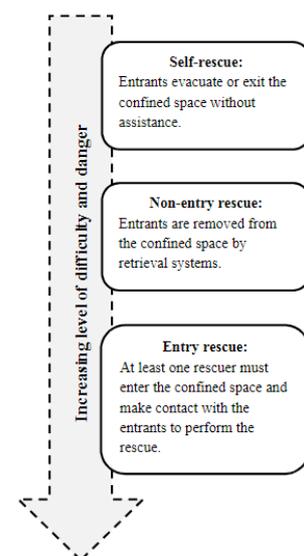


Tabla 73. Tipos de rescate.
Fuente: Selman et al., 2019.

En el segundo escalón se encuentra todo rescate en el que no sea requerida la entrada al recipiente por el trabajador que se encuentra en el exterior. Para esto, el personal que ingresa deberá estar anclado a un sistema de recuperación, que pueden ser de tipo vertical u horizontal, dependiendo de la morfología del espacio. La complejidad que entraña este tipo de rescate es la de no hallarse ningún obstáculo en todo su recorrido.



Imagen 32. Trípode de rescate operativo para ingreso en arqueta.

Por último y el que más dificultad entraña, es el rescate con entrada, comúnmente llamado “rescate de contacto”, que precisa el ingreso del trabajador que se encuentra en el exterior del recinto. Esto conlleva extremar las precauciones antes de efectuar el rescate. La persona que auxilie tiene que priorizar su propia seguridad, debiendo acometer un ingreso con cierta rapidez, pero todo sin precipitación e inseguridad, conociendo que el rescatado tiene que recibir asistencia de manera urgente. Es esencial que tenga una buena instrucción ante casos de emergencia.

Los equipos de escape de emergencia son los respiradores de presión positiva que proporcionan al usuario un suministro de emergencia de aire respirable cuando el conjunto se ha activado y la mascarilla se ha puesto en su lugar; dicho equipo proporciona aire respirable para situaciones en las que sea necesario escapar de un entorno en el que exista una atmósfera contaminada. El suministro mínimo de aire proporcionado por un equipo de escape de emergencia es, generalmente, corto pero suficiente, pudiendo prolongar su empleo desde su puesta en marcha hasta la salida completa del recinto.



Imagen 33. Equipo de respiración Bio-S-Cape.
Fuente: Honeywell, 2002

La elección de los equipos para trabajos temporales en altura, deberán “permitir la evacuación en caso de peligro inminente” (Real Decreto 2177/2004)
Además deberán estar disponibles los medios que se hayan previsto como pueden ser:

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

- Escaleras con sus respectivas líneas de anclaje.
- Trípodes y pescantes con dispositivos retráctiles.
- Arnés anticaídas.
- Dispositivos de descenso.
- Tramos portátiles de escaleras o estribos portátiles o telescópicos acoplables a la parte superior de escaleras fijas.
- Equipos respiratorios autónomos o semiautónomos, con preferencia a los que contengan un acoplamiento para portar una máscara auxiliar.
- Mascarilla de reanimación respiratoria, para suplementar de oxígeno al accidentado.
- Equipo para mitigar posibles incendios, tales como sistemas extintores portátiles, de tipo polvo polivalente y mantas ignífugas.
- Botiquines de asistencia médica.

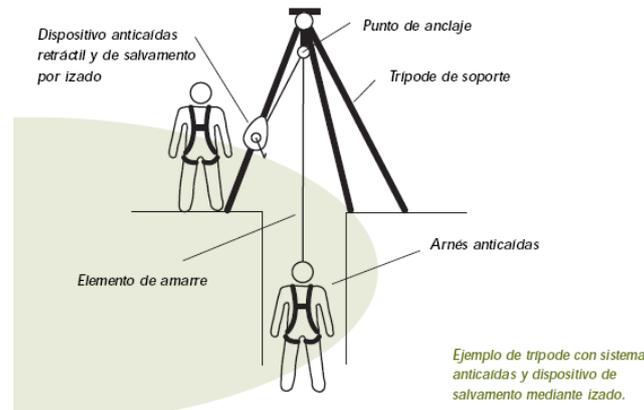


Ilustración 7. Elementos para un rescate vertical. Fuente: CSO, 2009.

Por último, cuando los síntomas que exprese el trabajador, sean incompatibles con la evacuación con medios propios, se tendrá que acometer un rescate con un equipo con camilla.

6.8. Procedimiento de trabajo para un espacio confinado en instalación petrolífera.

Con el fin de controlar la seguridad en las instalaciones, corresponde establecer instrucciones, partes responsables y una serie de pautas, para aquellas operaciones o tareas que, por su complejidad o características presenten riesgos específicos y cuya ejecución segura, requiera adoptar precauciones, además de autorizaciones especiales.

Cuando se produce una entrada por primera vez a un recinto catalogado como espacio confinado y que ha estado en servicio, no se tiene un preciso conocimiento de las condiciones existentes en su interior, pudiendo afrontar riesgos como:

- El producto residual que pueda existir
- Dificultad en el acceso y la evacuación del recinto
- Reducida visibilidad
- Movimientos limitados, por obstáculos imprevistos como estructura y accesorios

- Medición de los parámetros atmosféricos
Cada espacio confinado hay que tratarlo desde cero, sin dar nada por supuesto nada
El INVASSAT recomienda establecer un procedimiento de trabajo, por escrito y recogiendo, como mínimo, una relación de los siguientes puntos:

Presencia mínima de dos personas en la realización de trabajos
Designación y presencia de Recurso Preventivo
Autorización de entrada: Por escrito y firmada por todas las partes implicadas
Control de acceso expresamente a trabajadores autorizados
Suficiencia de medios materiales y humanos para el rescate y primeros auxilios en caso de emergencia
Asignación de funciones y responsabilidades
Mediciones ambientales empleando instrumentación adecuada (previa y continuamente durante los trabajos, en exterior o zona segura). Si no se alcanza, se avanzará de manera paulatina y asegurando el control de las medidas preventivas.
Equipos de Protección Individual adecuados bajo el RD 773/1997
Formación específica en las tareas a realizar

Tabla 74. Procedimiento de trabajo. Fuente: INVASSAT, 2021.

Por tanto, un procedimiento de trabajo general, debería contemplar, como mínimo, todo lo que desarrolla a continuación:

- Medidas de prevención
- Medidas de protección
- Objetivos (qué tipo de trabajo se va a hacer) y alcance (a qué espacio va destinado este procedimiento)
- Definiciones técnicas del material y términos a emplear por el personal que va a ingresar
- Operativa detallada
- Obligatoriedad de los recursos preventivos
- Trabajadores autorizados
- Formación recibida

En el sector específico que se desarrolla esta investigación, las instalaciones petrolíferas tienen una metodología, establecida bajo instrucciones normativas, para acometer una desgasificación completa y preparación para poder operar dentro de un recipiente. En este caso, está dedicado a la puesta a punto, a nivel operativo, de un tanque enterrado.

Es un procedimiento el cual, como su nombre indica, presenta un carácter muy técnico y pautado: Unos pasos a seguir para realizar el vaciado y puesto a punto para un ingreso de un tanque de almacenamiento

Este procedimiento se encuentra en el Real Decreto 1416/2006, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 06 «Procedimiento para dejar fuera de servicio los tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos».

Las operaciones para realizar una anulación de los tanques de almacenamiento de PPL enterrados comprenden los siguientes pasos:

1. Trabajos previos. Preparación del entorno.	7. Extracción y gestión medioambiental de los residuos y materiales de limpieza.
2. Apertura de la boca de hombre.	8. Medición de la atmósfera explosiva e inspección visual.
3. Desgasificación del tanque.	9. Rellenado o extracción del tanque.
4. Limpieza y extracción de residuos.	10. Sellado de instalaciones.
5. Acceso al interior.	11. Consolidación del terreno.
6. Limpieza interior.	

Tabla 75. Procedimiento técnico de anulación de tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos. Fuente: Real Decreto 1416/2006.

6.8.1. Autorización de trabajo y su importancia.

La autorización de entrada al recinto se hará efectiva mediante un Permiso de Trabajo. Con ello se pretende, por un lado, garantizar que sólo acceden al recinto trabajadores autorizados y, por otro, que los trabajos se realicen en unas condiciones seguras para ellos y el entorno en el que operen.

Se define a este permiso como el documento escrito por el que un centro de trabajo concede autorización para trabajar bajo una serie de condicionantes y medidas, en una zona o equipos de su titularidad, a personal de su plantilla, empresas contratistas y subcontratistas.

Este documento formará parte del procedimiento de trabajo en espacios confinados. Es de especial relevancia en el sector petrolífero, puesto que los trabajadores se ven involucrados en tareas con sustancias químicas peligrosas y condiciones de trabajo complejas. Además, la NTP 30- Permisos de trabajo especiales, incluye a la entrada en recipientes, véase interior de depósitos o cisternas, como trabajos de índole especial.

Se entiende por el sistema de autorización de trabajo al proceso de análisis al que se someten determinados trabajos, especialmente en zonas de riesgo grave y específico, para evaluar su potencial de generación de riesgo. Todo ello, bajo el objetivo de ejercer y verificar un nivel de control adecuado a través de la aplicación de medidas preventivas.

Cada trabajo por realizar en cada espacio confinado implicará la cumplimentación de su documento específico de autorización de trabajo. En otros términos, tiene validez para las condiciones existentes en ese momento, para un solo turno de trabajo y para una duración determinada, debiéndose indicar en el mismo la fecha y hora en la cual perdería validez la autorización.

Para cumplimentar este permiso, la NTP 562: Sistema de gestión preventiva: autorizaciones de trabajos especiales desarrolla una serie de pautas mínimas, que deben contener toda autorización. Deberían tener los siguientes conceptos (INSST, 2000):

“

1. *Fecha, periodo y turno de validez del mismo.*
2. *Localización del lugar de trabajo.*
3. *Descripción del trabajo a realizar.*
4. *Determinación de los riesgos existentes y previsibles.*
5. *Comprobación de que la instalación o equipo está en condiciones para poder realizar el trabajo. El cuestionario de chequeo que recoge aspectos clave a revisar es de gran ayuda.*
6. *Normativa, procedimientos e instrucciones a seguir, cuando existan.*
7. *Equipos de protección colectiva e individual a emplear.*
8. *Las comprobaciones o ensayos si son necesarios durante la realización del trabajo y su frecuencia.*
9. *En caso de personal ajeno a la empresa: datos de la empresa contratada y teléfono de contacto para emergencias.*
10. *Las personas que autorizan y a las que se autoriza realizar el trabajo.*
11. *La duración de la Autorización de Trabajo. Esta deberá ser determinada conjuntamente por los responsables de la Autorización. Si durante el transcurso del trabajo cambiaran de manera sustancial las condiciones del mismo o las de las instalaciones intervenidas o la duración del trabajo fuera superior a la prevista, deberá renovarse la Autorización.”*

El permiso de trabajo debe ser emitido por la persona responsable antes del inicio del trabajo, y se deben especificar las condiciones y precauciones que deben observarse antes, durante y después del trabajo.

Bajo ningún concepto se iniciarán las actividades de contratistas o subcontratistas o ambas, sin el o las autorizaciones de trabajo que se requieran, debidamente aprobados.

En todo momento el Permiso deberá estar en el lugar de los trabajos y podrá ser solicitado para su comprobación.

Otro de los aspectos a considerar es si es necesario que deba haber un documento de autorización. En España, sólo para los casos de espacios confinados clasificados como de primera categoría, este tipo de documento es de carácter preceptivo. Sería adecuado el poder implementarlo para el resto de las categorías, puesto que recoge toda la información que requiere un ingreso, conociendo con carácter previo al mismo, el estado del recipiente.

7. CASO PRÁCTICO: INGRESO EN UN RECINTO CATALOGADO COMO ESPACIO CONFINADO.

A continuación, se propone abordar un supuesto práctico, que conjugue todo lo anteriormente estudiado, acerca de los espacios confinados, en este trabajo de investigación. Con la misión de sintetizar los procedimientos de trabajo, los equipos técnicos requeridos, o bien, los medios auxiliares empleados y a la vez llevar a la práctica lo estipulado en la normativa y guías de prevención.

Para la realización de este supuesto, se hace uso del Esquema de actuación en trabajos en espacios confinados, que nos ofrece la Guía Técnica del Real Decreto 486/1997 como material de soporte. Se complementa con la herramienta de identificación de espacios confinados de Botti et al., el procedimiento técnico para la anulación de tanques que ha quedado definido en el primer apartado de este capítulo y el diagrama para obras de construcción sin proyecto de Reyes Sánchez-Pastor Carreño.

Así mismo, la ejecución de este esquema nos hará observar si trata con la necesaria suficiencia y adecuación un ingreso en este tipo de espacios.

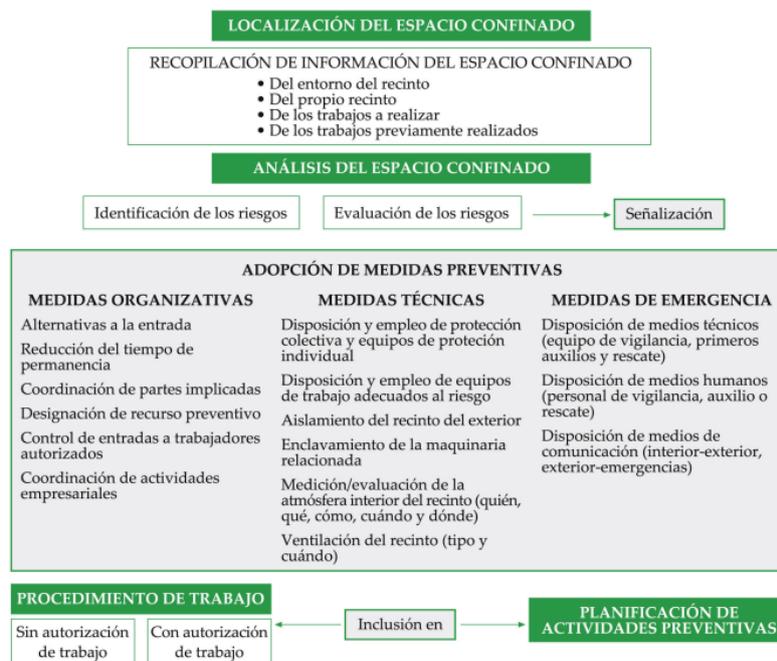


Tabla 76. Esquema de actuación en espacios confinados. Fuente: (INSST, 2015)

El escenario planteado para el análisis metodológico es el siguiente:

- Se precisa la necesidad de ingresar en un tanque vertical aéreo, con la particularidad de que sea de techo flotante.
- El recipiente almacena gasolina.
- Se ha acometido una inspección periódica, con personal propio.
- Se detecta la necesidad de realizar soldaduras en algunos puntos de la membrana, realizándose por una empresa externa homologada.

Por tanto, es necesario **planificar el ingreso en el recipiente.**



Imagen 34. Ha sido realizada una inspección en las inmediaciones de la pantalla flotante del tanque. Cedida por empresa del sector

7.1. Localización del espacio confinado. Preparación del entorno.

Al acometerse una tarea únicamente de inspección, no se prevé interferencias ni modificaciones en el interior. A pesar de ello, hay que considerar que se va a ingresar a un recinto totalmente nuevo, desde cero.

Para comenzar, hay que identificar si estamos ante un recinto confinado o no, observando:

- Cumple todos los condicionantes en morfología para ser catalogado como confinado
- El acceso a estos recintos se realiza por bocas de hombre, de dimensiones superiores a la mínima (<600mm).
- Respecto a la configuración interna, no está habilitado para la ocupación continua, identificando posibles pendientes a lo largo de la pantalla y conteniendo serios peligros para la seguridad y salud.
- La atmósfera que encontramos presenta deficiente iluminación, ruidos amplificados exponencialmente dadas las reverberaciones propias de recintos confinados y sustancias explosivas y tóxicas.

A1	SI	B1	NO	C1	SI	D1	SI
A2	SI	B2	NO	C2	SI	D2	SI
A3	SI	B3	SI	C3	NO	D3	NO
		B4	NO	C4	SI	D4	SI
				C5	NO	D5	SI
				C6	SI	D6	SI
				C7	SI	D7	SI
				C8	SI	D8	SI
				C9	NO	D9	SI
				C10	SI	D10	SI
				C11	SI	D11	SI

A	2
B	0
C	1,62
D	1,91
CSRI	5,52

Tabla 77. Resultados obtenidos de la lista de verificación para identificar un recinto confinado. Elaboración propia

Se obtiene, tras efectuar la lista de verificación, que estamos ante un valor CSRI de **5,52**.

Ello, denota que estamos ante un riesgo significativo, teniendo que determinar que estamos ante un recinto confinado.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

7.2. Análisis del espacio confinado. Evaluación de riesgos.

Se identifican los riesgos generales y específicos, evaluándose mediante el método del INSST. En base a estos riesgos evaluados, el entorno del recinto, además de la boca de hombre, deberá realizarse una señalización de la zona de influencia de la operación, bajo las disposiciones recogidas en la normativa aplicable.

➤ Riesgos generales:

	Probabilidad	Consecuencia	Resultado
Riesgos mecánicos: Atrapamientos, choques, golpes	Media	Dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de electrocución	Media	Dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de caída a distinto nivel	Alta	Extremadamente dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de caída a mismo nivel	Media	Dañina	Riesgo moderado MO
Riesgos derivados de posturas no apropiadas	Baja	Dañina	Riesgo tolerable TO
Riesgo de proyección de partículas	Media	Dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de fatiga	Media	Dañina	Riesgo moderado MO
Riesgos derivados de una comunicación deficiente	Media	Dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de presencia de seres vivos	Media	Ligeramente dañina	Riesgo tolerable TO

Tabla 78. Evaluación de riesgos generales en el tanque. Elaboración propia.

Quedan detectados los riesgos intolerables de caída a distinto nivel y la ausencia de una comunicación óptima, propia de estos recintos.

➤ Riesgos específicos:

Estos riesgos precisan de especial atención. Tienen que ser altamente considerados a lo largo de todo el procedimiento, controlándose.

	Probabilidad	Consecuencia	Resultado
Riesgo de atmósfera combustible	Alta	Extremadamente dañina	Riesgo intolerable IN
Riesgo de atmósfera tóxica	Alta	Extremadamente dañina	Riesgo intolerable IN
Riesgo de atmósfera con deficiencia de oxígeno	Alta	Extremadamente dañina	Riesgo intolerable IN
Riesgo de atmósfera sobreoxygenada	Alta	Extremadamente dañina	Riesgo intolerable IN

Tabla 79. Evaluación de riesgos específicos en el tanque. Elaboración propia

Tras conocer el resultado de la evaluación de riesgos específicos, no podrá hacerse efectivo el ingreso hasta verse reducidos en probabilidad y consecuencia. Para ello, es necesario establecer una serie de medidas preventivas.

7.3. Medidas de carácter organizativo

Ineludiblemente, la entrada tiene que hacerse efectiva, recomendando la optimización del tiempo empleado por los operarios en el interior.

Puede determinarse que estamos ante una obra sin necesidad de realizar un proyecto. Es una tarea momentánea, un ingreso puntual que no requiere la realización de un estudio de seguridad y salud, ni de un plan de seguridad y salud. Dichos documentos serán sustituidos por el siguiente procedimiento:

- El promotor está obligado a facilitar información al contratista del emplazamiento y la concurrencia en el centro de trabajo.
- El contratista deberá entregar, posteriormente y tras evaluar la información obtenida, el llamado “Documento de gestión preventiva (DGP)”, aplicando los principios de la acción preventiva y cumpliendo el deber de formación e información, establecidos en los artículos 15, 18 y 19 de la Ley 31/1995, de prevención de riesgos laborales, además de la aptitud médica de todos los trabajadores involucrados, así como valorar como preceptiva la formación específica en espacios confinados y primeros auxilios. Con todo el personal que forme parte del equipo de trabajo que participará en la operación de entrada al tanque, se tratará detenidamente lo referente a los riesgos de la operación. De dicha formación quedará registro escrito con la firma del responsable del equipo de trabajo y de quienes la recibieron.
- El coordinador de seguridad y salud, de manera indispensable y preceptiva al entrar la presencia de un contratista, dará el visto bueno a la operación, no sin antes determinar lo siguiente:
 - Verificar la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
 - Supervisar el DGP y dar el visto bueno.
 - Organizar una reunión previa para la coordinación de la actividad empresarial.
 - Comprobar que se ha restringido el acceso a personal no autorizado.

Por último, deberá designarse a un recurso preventivo, para que compruebe en todo momento el cumplimiento de las medidas de seguridad establecidas.

7.4. Medidas de carácter técnico

Se deberá hacer efectiva, previo al ingreso, la comprobación de ausencia de tensión, con la consignación de los distintos equipos que puedan accionarse, como válvulas, resortes o elementos móviles, mediante el procedimiento de verificación.

El espacio tendrá una iluminación suficiente para observar cualquier elemento que pueda conllevar un peligro para el trabajador.



Imagen 35. Interior de un tanque con déficit de iluminación. Cedida por empresa del sector

Se deberá considerar detener la actividad en los emplazamientos más próximos al tanque, por lo siguiente:

- Al ejecutar tareas de soldadura, la mezcla resultante de los gases es potencialmente muy peligrosa. Para ello, se tiene que emplear una extracción forzada y muy focalizada, en el punto del tanque en el que esté realizando la tarea.
- Hay que considerar dirección del viento, para evitar el arrastre de vapores a las zonas peligrosas
- Hay que delimitar la zona de trabajo, ante la proximidad de otras que contengan fuentes de ignición

Referente a los equipos de protección individual, los operarios deberán estar provistos de estos elementos:

- El vestuario, antiestático e ignífugo, como buzos desechables si existe un potencial contacto con los productos petrolíferos.
- Guantes de protección en función del riesgo (mecánico o contacto con producto, en cuyo caso serán de cloruro de polivinilo o de material impermeable y resistente a los hidrocarburos).
- Protección ocular ante el impacto de elementos y/o salpicadura.
- Calzado de seguridad antiestático, de material impermeable y resistente a los hidrocarburos
- Casco protector de cabeza, con barbuquejo.
- Equipo de respiración:

Se puede prever que la concentración de oxígeno puede reducirse drásticamente, dadas las tareas a ejecutar (los gases generados en la soldadura desplazarían el oxígeno). Así mismo, la concentración de estos contaminantes es elevada, haciendo que se desconozcan las condiciones atmosféricas.

El desplazamiento a lo largo del emplazamiento no será constante, pero requerirá de movimientos forzosos, empleando posturas incómodas por la morfología del recinto en el que se opera.

Por tanto, se estima la utilización de **equipos de respiración semiautónomos**.

Teniendo en cuenta en todo momento la posibilidad de que pueda elevarse la concentración de hidrocarburos, tras haber realizado una inspección, se efectuará la monitorización continua de la atmósfera.

Es por ello que, atendiendo a los riesgos específicos, tiene que medirse:

- Concentración de oxígeno, quedando prohibido la entrada si se encuentra en un 23,5%.
- Concentración de gases, quedando prohibida la entrada en tanto que se supere en 20% del Límite Inferior de Explosividad.
- Concentración de sustancias tóxicas, pudiendo emplear tubos colorimétricos y atendiendo a los valores límite ambientales establecidos.



7.5. Medidas de emergencia.

Considerando la morfología y los riesgos potenciales, es importante instaurar un plan de rescate.

Indicando el alcance, dichas limitaciones y sustancias que se ven involucradas, es necesario definir los equipos de intervención.

➤ **Equipo de primera intervención, situado en el exterior:**

Habrá otras dos personas, entrenadas e igualmente equipadas que los del interior, también con ERA o ERSA, dispuestas para actuar inmediatamente, que se mantendrán en contacto permanente con las que hayan entrado y con los responsables de la planta. Una de ellas en calidad de Recurso Preventivo y la otra, entre otras posibles funciones, como eventual rescatador.

➤ **Equipo de segunda intervención:**

Bomberos, que realicen la operación de extracción.

Si el primer equipo de intervención no está disponible, se suspenderá la entrada al espacio confinado.

No debe perderse el contacto visual ni la comunicación verbal con el exterior.

Los vigilantes deben declarar una emergencia e iniciar el procedimiento de rescate, si:

- Se pierde el contacto por visión o por radio con los operarios que estén dentro del espacio confinado.
- Si la persona dentro del espacio confinado pierde el conocimiento, manifiesta respiración agitada, se golpea con elementos interiores, habla de manera descoordinada, pide asistencia o cualquier otra contingencia.
- Si salta la alarma del medidor por falta de concentración de oxígeno o explosividad en los accesos o en el interior del espacio confinado.
- Se detecta otra contingencia no prevista en este procedimiento de rescate, que puede suponer un riesgo o peligro para la persona dentro del espacio confinado.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

En función de la ubicación de las operaciones, pueden acometerse dos distintos tipos de rescate.

- I. El ingreso se ha realizado desde la boca de hombre lateral: El rescate se efectuará entrando al tanque, si el accidentado no puede evacuar el recinto por medios propios. En ese caso, entrará el personal de primera intervención, empleando una cuerda para guiarse en la ubicación del accidentado. El rescatador cargará con el cuerpo hasta un emplazamiento con condiciones favorables, en el que pueda atenderse al trabajador y puedan acudir los servicios de emergencia correspondientes.
- II. El ingreso ha sido efectuado mediante la boca de hombre vertical, sita en la pantalla flotante: Puede emplearse el trípode de rescate. Para ello, no se precisa el ingreso del personal de intervención, minimizando el riesgo.



Imagen 36. Boca de hombre sita en la pantalla del tanque. Cedida por empresa del sector.

7.6. Segunda evaluación de riesgos.

Al haber establecido las medidas preventivas oportunas, pueden evaluarse de nuevo los riesgos considerados como importantes e intolerables, para así poder comenzar a operar en el interior del tanque.

	Probabilidad	Consecuencia	Resultado
Riesgo de atmósfera combustible	Baja	Extremadamente dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de atmósfera tóxica	Baja	Extremadamente dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de atmósfera con deficiencia de oxígeno	Baja	Extremadamente dañina	Riesgo moderado MO
Riesgo de atmósfera sobreoxygenada	Baja	Extremadamente dañina	Riesgo moderado MO

Tabla 80. Evaluación secundaria de riesgos específicos en el tanque. Elaboración propia.

7.7. Apertura de la boca de hombre, desgasificación y limpieza

Con el fin de llevar la concentración de vapores inflamables en el aire hasta un valor inferior al intervalo de explosividad, para minimizar la posibilidad de una condición peligrosa en el interior o zona circundante, se realizará la desgasificación de los tanques, (en el caso de tanques con pantalla flotante, se tomarán las precauciones debidas para garantizar que la desgasificación es eficaz a ambos lados de la pantalla), por el método de ventilación mecánica por la boca de hombre.



Imagen 37. Boca de hombre.

Así se deberá asegurar un flujo continuo de aire hacia el interior del tanque mediante ventiladores con protección ATEX, a través de las bocas de hombre de la envolvente, para forzar la salida de gases por el techo e impedir que puedan escapar por las bocas de hombre que hay a nivel del suelo.

7.8. Ingreso en el recinto y realización de operaciones.

El ingreso no podrá efectuarse sin el correspondiente permiso de trabajo que recoja todos los puntos anteriormente establecidos, con suficiente detalle.

Con este documento en regla, el personal entra, realizando los tareas de soldadura con los equipos de protección individual indicados y los equipos de trabajo tipo ATEX y con marcado CE, además de las normas UNE-EN que le apliquen.



Imagen 38. Interior de un tanque de almacenamiento. Cedidas por empresa del sector.

Durante toda la realización de los trabajos debe hacerse análisis de la atmósfera. Si es a intervalos regulares, en especial al comienzo de cada turno y, desde luego, si se han suspendido los trabajos durante largo tiempo. Si no se cumplen las condiciones mencionadas anteriormente, todo el personal debe abandonar el tanque hasta que se restablezcan.

La comunicación con el exterior será constante. Cuando se hayan finalizado las tareas, el personal evacuará el tanque y notificará este hecho, para proceder así al cierre de la boca de hombre.

8. CONCLUSIONES

En este capítulo, se procede a la comprobación de si han sido cumplidos los objetivos de la investigación, además de reseñar las conclusiones inesperadas que han surgido a lo largo de la elaboración de este documento.

8.1. Conclusión general.

El objetivo general planteado de este trabajo era establecer una metodología técnica depurada, en base al conocimiento que aporte el análisis, que, siendo posteriormente implementada, pueda tratar con solvencia un trabajo en un espacio confinado. Por tanto, como conclusión general se determina haber satisfecho la elaboración de dicha metodología, realizando una síntesis de la documentación escrita y la normativa que regulan lo relativo a espacios confinados, además de haber obtenido un conocimiento profundo del tema en cuestión.

Esto se ha logrado definiendo de manera clara y redactando las medidas de control para la prevención de pérdidas humanas, enfermedades y lesiones en estos lugares. Como se ha comprobado experimentalmente en el caso práctico realizado, este sistema procedimental debe ser elaborado con cautela, estudiando la morfología y contenido de cada uno de los recintos individualmente, puesto que el modo de acceder y las características ambientales son independientes en cada ingreso e incluso cambian a lo largo de la operación.

8.2. Conclusiones específicas.

- I. Mediante la búsqueda general en la normativa nacional, se ha constituido el corpus teórico que identifica y analiza, en términos de seguridad y salud, los espacios confinados. Se determina que no existe documentación legal específica con suficiencia que aborde estas tareas. Si se pretende analizar de un modo exhaustivo la idiosincrasia de estos recintos, la nota técnica de prevención dedicada no cumpliría las exigencias del interesado, debiendo suplir estas deficiencias acudiendo a otra documentación relacionada.
- II. Se comprueba, en base a las definiciones y tipos de recinto, que no resulta sencillo confirmar que un recinto determinado cumple los requisitos para ser catalogado como espacio confinado. En ocasiones, dicha clasificación puede ser cumplida solamente por las condiciones constructivas del recinto sin necesidad de tener en cuenta otros aspectos. En otros casos, la geometría del recinto no es tan relevante como el producto que contiene o la posibilidad de producirse goteos, fugas o emanación de vapores perjudiciales, la posibilidad de generación de sustancias tóxicas como consecuencia de los trabajos que se vayan a realizar en el recinto o la complejidad en su evacuación. Las discrepancias que se originen pueden evaluarse mediante la herramienta de diagnóstico implementada en esta investigación.
- III. Los riesgos asociados a estos espacios pueden causar serias lesiones en los trabajadores, incluso decesos.

Los análisis concluyen en los siguientes dos factores como principales causas de accidente:

1. Errores en reconocer y controlar los peligros asociados con espacios confinados.
2. Respuesta ante emergencias inadecuadas e incorrectas.

Por otra parte, no han sido halladas referencias estadísticas de peso en el ámbito nacional que cuantifiquen la problemática de ingresar a un recinto confinado. Se precisa implantar conciencia en materia de prevención, con la finalidad de minimizar el número de accidentados en estos recintos.

- IV. Con la especial atención brindada a las condiciones que presentan una instalación petrolífera, la presencia añadida de los hidrocarburos, amplifica los riesgos, los cuales ya de por sí se ven multiplicados cuando se habla de un recipiente confinado general. A efectos prácticos, se debe considerar que el operario que ingrese en el espacio, lo hará en cuanto rebase el plano de entrada. Esto es debido a que en cuanto se traspasa esta línea, comienza el contacto potencial con el riesgo. Los riesgos específicos aluden a las características de la atmósfera. Sin la adopción de medidas preventivas, estos riesgos son calificados como intolerables en una operación. Se precisa extremada precaución y vigilancia por la capacidad del cuerpo humano de debilitarse sin advertir el peligro, al ser la sintomatología casi indetectable. Todo ello, sin abandonar los riesgos generales por las condiciones de trabajo y del propio recinto.
- V. La industria petrolífera se encuentra amparada bajo la normativa disponible y aplicada en el territorio nacional. Cuenta con requerimientos mínimos como las pantallas flotantes, cubetos de retención y la delimitación de las zonas de almacenamiento en base a la clase de hidrocarburos que almacene cada recinto, que satisfacen unos criterios de seguridad y salubridad ante la prevención de los riesgos derivados del trabajo.
- VI. El ingreso en un recinto confinado requiere de trazar con sumo detalle las operaciones que van a darse a cabo. Se precisa la máxima información posible, acerca de las condiciones del interior y del entorno en el que se trabaja. Para ello, es obligatorio establecer un procedimiento de trabajo específico y concreto, que sean de utilidad a todas las partes que intervengan y que abarque a su vez todos los temas tratados en esta investigación con claridad y suficiencia.
- VII. El hecho de almacenar productos derivados del petróleo, que generan vapores de hidrocarburos y la aparición de sustancias añadidas a las que de modo general se hallan en el interior de un espacio confinado, precisa realizar mediciones concretas y el monitoreo continuo con los dispositivos disponibles en la actualidad. Estos medios evaluarán las condiciones atmosféricas derivadas de la concentración de oxígeno, explosividad y toxicidad de la sustancias presentes.
- VIII. Las sustancias que han sido analizadas son extremadamente inflamables. En el caso de productos petrolíferos, hay que tener en cuenta el riesgo que conlleva la ventilación natural ya que los vapores de hidrocarburos podrían trasladarse a una fuente de ignición. Se trata de extraer gases de mayor densidad que la del aire y es recomendable introducir el tubo de extracción hasta el fondo del recinto.

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

- IX. Es de suma relevancia incorporar al procedimiento de trabajo un buen plan de rescate. La comunicación con el personal que ingresa tiene que ser constante durante los trabajos. Para ello, se implementa un sistema de comunicación efectivo, tanto con el interior como con el centro de emergencias ante la necesidad de recibir primeros auxilios. Se debe contemplar un sistema de evacuación adaptado a las características que presenta el espacio, definiendo los equipos adecuados, el personal vigilante y el tipo de rescate que se va a efectuar.

9. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ABIERTAS

El desarrollo de la investigación presente en este documento ha generado nuevas líneas de investigación, referentes al estudio. Al ser tan específico, pero a la vez tan amplio, es relativamente fácil obtener ideas de proyectos que puedan realizarse, ampliando el conocimiento del investigador.

Se exponen así estas propuestas:

- Puesto que han sido de ayuda normativa, guías y artículos de carácter internacional, una posible futura línea de investigación podría contener un análisis exhaustivo de cómo otros países abordan una tarea en un espacio confinado.
- Analizar estadísticamente los accidentes ocurridos en España. En la revisión bibliográfica, han sido halladas herramientas que recopilan características de accidentes, generando estadísticas. Podría acometerse una evaluación de estas y trasladarlo al ámbito nacional, concretando en los frecuentes accidentes en recintos confinados. Esto permitiría identificar las principales causas y así combatirlas.
- Otra interesante opción es el estudio de las tecnologías, considerando las ventajas que conlleva su uso. Al emplear herramientas novedosas, se facilitan las condiciones de trabajo, reduciendo las entradas a recipientes confinados y considerando la evolución de la técnica, que constituye uno de los principios de la acción preventiva presentes en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

10. FUENTES DE REFERENCIA EMPLEADAS

Normativa consultada

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, Ley n.º 21/1992 (1992, 23 de julio) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (176). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1992-17363>
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, Ley n.º 31/1995 (1995, 10 de noviembre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (269). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos, Ley n.º 34/1998 (1998, 8 de octubre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (241). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1998-23284>
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, Ley n.º 54/2003 (2003, 13 de diciembre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (298). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-22861>
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, Real Decreto n.º 1215/1997 (1997a, 7 de agosto) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (188). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-17824>
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, Real Decreto n.º 1215/1997 (1997b, 7 de agosto) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (188). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-17824>
- Real Decreto 1416/2006, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 06 «Procedimiento para dejar fuera de servicio los tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos», Real Decreto n.º 1416/2006 (2006, 25 de diciembre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (307). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-22585>
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, Real Decreto n.º 1627/1997 (1997, 25 de octubre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (256). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-22614>
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales, Real Decreto n.º 171/2004 (2004, 31 de enero) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (27). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-1848>
- Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas, Real Decreto n.º 2085/1994 (1995, 27 de enero) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (23). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-2122>
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura, Real Decreto n.º 2177/2004 (2004, 13 de noviembre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (274). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-19311>
- Real Decreto 365/2005, de 8 de abril, por el que se aprueba la Instrucción técnica complementaria MI-IP05 «Instaladores o reparadores y empresas instaladoras o reparadoras de productos petrolíferos líquidos», Real Decreto n.º 365/2005 (2005, 27 de abril) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (100). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2005-6793>
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, Real

Decreto n.º 374/2001 (2001, 1 de mayo) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (104). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-8436>

- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, Real Decreto n.º 39/1997 (1997, 31 de enero) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (27). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853>

- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, Real Decreto n.º 485/1997 (1997, 23 de abril) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (97). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, Real Decreto n.º 486/1997 (1997, 23 de abril) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (97). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>

- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, Real Decreto n.º 604/2006 (2006, 29 de mayo) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (127). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-9379>

- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, Real Decreto n.º 664/1997 (1997, 24 de mayo) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (124). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11144>

- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, Real Decreto n.º 665/1997 (1997, 24 de mayo) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (124). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11145>

- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, Real Decreto n.º 681/2003 (2003, 18 de junio) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (145). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-12099>

- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, Real Decreto n.º 773/1997 (1997, 12 de junio) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (140). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735>

- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, Real Decreto n.º 840/2015 (2015, 20 de octubre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (251). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11268>

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, Real Decreto n.º 842/2002 (2002, 18 de septiembre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (224). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-18099>

- Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social, Real Decreto Legislativo n.º 8/2015 (2015, 31 de octubre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (261). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11724>

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

▪ Real Decreto 1076/2021, de 7 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, Real Decreto n.º 1076/2021 (2021, 8 de diciembre) (España). *Boletín Oficial del Estado*, (293). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-20261>

Bibliografía consultada

- Altube Basterretxea, I. (2015). *Trabajos en Recintos Confinados*. https://www.osalan.euskadi.eus/contenidos/libro/seguridad_201525/es_doc/adjuntos/trabajos_espacios_confinados.pdf
- Berlana Llorente, T. (2008). *IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DEL RIESGO EN ESPACIOS CONFINADOS*.
- Botti, L., Duraccio, V., Gnoni, M. G., & Mora, C. (2018). An integrated holistic approach to health and safety in confined spaces. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 55, 25–35. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2018.05.013>
- Botti, L., Mora, C., & Ferrari, E. (2017). A methodology for the identification of confined spaces in industry. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 68, 701–709. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57078-5_66/TABLES/1
- Botti, L., Mora, C., & Ferrari, E. (2022). Design of a digital tool for the identification of confined spaces. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104731>
- Caldas, Y. (2020). *Trabajos en Espacios Confinados*. <https://es.slideshare.net/yanetyolanda/trabajos-en-espacios-confinados-236113278>
- Calvo-Peña, V., Curiel-Esparza, J., & Canto-Perello, Julian. (2006). *Risk Assessment of urban utilidor*.
- Carballo, J. J. (2014). *TRABAJO FINAL "RIESGOS Y PREVENCIÓN PARA TRABAJOS EN*.
- Departamento de Medicina Legal y Toxicología, Univ. de G. (2022). *Formas de intoxicación*. <https://www.ugr.es/~ajerez/proyecto/t1-13.htm>
- Emerson. (2018). *Informe técnico: Monitorización de techo flotante*.
- Falagán Rojo, M. J., Ferrer, A. P., & Fernández Quintana, M. (2000). *MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía*.
- Fernández García, R. (2008). *Manual de prevención de riesgos laborales para no iniciados*.
- Georgescu, M. R., Meslem, A., & Nastase, I. (2020). Accumulation and spatial distribution of CO₂ in the astronaut's crew quarters on the International Space Station. *Building and Environment*, 185. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2020.107278>
- Health and Safety Executive. (2013). *Confined spaces: A brief guide to working safely INDG258*.
- Honeywell. (2022). *GAMA DE EQUIPOS RESPIRATORIOS AUTÓNOMOS EQUIPOS RESPIRATORIOS DE PROTECCIÓN INDUSTRIALES*. www.honeywellsafety.com
- IFPRL. (2022). *30 malas prácticas que provocan accidentes en recintos confinados - IFPRL*. <https://www.ifprl.com/30-malas-practicas-que-provocan-accidentes-en-recintos-confinados/>
- Igartua Miró, M. Teresa. (2020). *Sistema de prevención de riesgos laborales*.
- INRS. (2015). *Guide Pratique de Ventilation 8 - Espaces confinés*.
- INSST. (n.d.). *Instalaciones petrolíferas*.
- INSST. (1982a). *NTP 1: Estadísticas de accidentabilidad en la empresa*.
- INSST. (1982b). *NTP 30: Permisos de trabajos especiales*.

- INSST. (1991). *NTP 278: Zanjas: prevención del desprendimiento de tierras.*
- INSST. (1993). *NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas .*
- INSST. (1994). *NTP 340: Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes.*
- INSST. (1995). *NTP 369: Atmósferas potencialmente explosivas: instalaciones eléctricas.*
- INSST. (1997a). *NTP 379: Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad.*
- INSST. (1997b). *NTP 447: Actuación frente a un accidente con riesgo biológico.*
- INSST. (1998a). *NTP 223: Trabajos en recintos confinados.*
- INSST. (1998b). *NTP 486: Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico.*
- INSST. (2000a). *NTP 559: Sistema de gestión preventiva: procedimiento de control de la información y formación preventiva.*
- INSST. (2000b). *NTP 560: Sistema de gestión preventiva: procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo.*
- INSST. (2000c). *NTP 562: Sistema de gestión preventiva: autorizaciones de trabajos especiales.*
- INSST. (2000d). *NTP 571: Exposición a agentes biológicos: equipos de protección individual.*
- INSST. (2001). *NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos.*
- INSST. (2002). *ERGA FP número 33.*
- INSST. (2003). *NTP 630: Riesgo de incendio y explosión en atmósferas sobreoxigenadas.*
- INSST. (2006). *NTP 741: Ventilación general por dilución.*
- INSST. (2007). *NTP 775: Riesgos higiénicos de los trabajadores de estaciones de servicio.*
- INSST. (2008). *NTP 787: Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases.*
- INSST. (2009). *Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.*
- INSST. (2011a). *NTP 1.052: Coordinación de actividades empresariales: criterios de eficiencia (I).*
- INSST. (2011b). *NTP 1.053: Coordinación de actividades empresariales: criterios de eficiencia (II).*
- INSST. (2011c). *NTP 918: Coordinación de actividades empresariales (I).*
- INSST. (2011d). *NTP 919: Coordinación de actividades empresariales (II).*
- INSST. (2013). *NTP 994: El recurso preventivo.*
- INSST. (2014a). *NTP 1030: Carcinógenos: criterios para su clasificación.*
- INSST. (2014b). *NTP 1071: Gestión de la seguridad y salud en obras sin proyecto (I): en un centro de trabajo con distinta actividad.*
<https://www.insst.es/documents/94886/566858/ntp-1071.pdf/02988ac3-3669-4097-add2-f66d96a2732d?version=1.0&t=1614697960340>
- INSST. (2015a). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo.* <http://publicacionesoficiales.boe.es>
- INSST. (2015b). *NTP 1060: Foso de inspección de vehículos.*
- INSST. (2015c). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo .*
<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relativos+a+la+utilizaci%C3%B3n+de+lugar+es+de+trabajo/deac8eb9-e242-48c4-a634-4cf88927fff7>

Espacios confinados en instalaciones de almacenamiento petrolífero en España

- INSST. (2016). *NTP 1.071: Gestión de la seguridad y salud en obras sin proyecto (I): en un centro de trabajo con distinta actividad.*
- INSST. (2018). *NTP 1.117: Consignación de máquinas.*
- INSST. (2021). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2021.* <http://cpage.mpr.gob.es>
- INSST. (2022a). *¿Cómo puedo identificar un espacio confinado?* <https://www.insst.es/-/como-puedo-identificar-un-espacio-confinado->
- INSST. (2022b). *Información básica pymes ¿Por qué ocurren los accidentes de trabajo?* <https://www.insst.es/materias/transversales/pymes/seguridad-en-el-trabajo/informacion-basica-pymes-por-que-ocurren-los-accidentes-de-trabajo>
- INSST. (2022c). *Información básica pymes ¿Por qué ocurren los accidentes de trabajo?* <https://www.insst.es/materias/transversales/pymes/seguridad-en-el-trabajo/informacion-basica-pymes-por-que-ocurren-los-accidentes-de-trabajo>
- INSST. (2022d). *LEP 2022.* <https://bdlep.insst.es/LEP/index.jsp?nav=null>
- Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. (2009). *El abecé del petróleo y del gas en el mundo y en la Argentina.*
- INVASSAT. (2021). *FIA-213902 Accidente grave de dos trabajadores por intoxicación accidental en espacio confinado.* <http://www.invassat.gva.es/es/fia>
- ITSS. (2006). *Guía de Actuación Inspectoral en Espacios Confinados.* https://www.mites.gob.es/itss/ITSS/ITSS_Descargas/Atencion_ciudadano/Normativa_documentacion/Riesgos_laboral/2.1GUIA_Espacios_Confinados.pdf
- Junta de Andalucía. (2019). *Pudo haberse evitado nº 69.*
- Kraus, R. S. (2015). *Petroleo y Gas Natural - Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.*
- Liu, P., Sun, H., Qiao, Y., Sun, S., Wang, C., Jin, K., Mao, B., & Wang, Q. (2022a). Experimental study on the thermal runaway and fire behavior of LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O₂ battery in open and confined spaces. *Process Safety and Environmental Protection*, 158, 711–726. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2021.12.056>
- Liu, P., Sun, H., Qiao, Y., Sun, S., Wang, C., Jin, K., Mao, B., & Wang, Q. (2022b). Experimental study on the thermal runaway and fire behavior of LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O₂ battery in open and confined spaces. *Process Safety and Environmental Protection*, 158, 711–726. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2021.12.056>
- Ludwig, H. R., Cairelli, S. G., & Whalen, J. J. (1994). *Documentation for Immediately Dangerous To Life or Health Concentrations (IDLHs), May 1994.*
- Mercuria Energy Trading. (2015). *FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD Querosina (Petróleo).*
- Mouriño Doval, J. M. (2000). *MAPFRE SEGURIDAD. N. o 80.*
- MSA Safety. (2022). *Acceso a espacios confinados.*
- NIOSH. (1979, December). *Working in Confined Space.* <https://www.cdc.gov/niosh/docs/80-106/80-106.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB80106>
- NIOSH. (1987). *A guide to safety in confined spaces.* <https://www.cdc.gov/niosh/docs/87-113/pdfs/87-113.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB87113>
- Ontaneda Montañó, M. A. (2020). *Desarrollo de un manual de procedimientos para prácticas de trabajos en espacios confinados.* <https://1library.co/document/yd2g32eq-desarrollo-manual-procedimientos-practicas-trabajos-espacios-confinados.html>
- OSALAN. (1997). *Guía para la prevención de riesgos laborales en el mantenimiento de redes de alcantarillado.* www.osalan.net
- OSHA. (1998). *Permit-required confined spaces.* <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.146>

- Pérez Sedano, R. (2017). *Análisis de las condiciones de seguridad en los espacios confinados de las bodegas de elaboración de vino de la región de Murcia*.
- Piñero Piolestan, L. (2021). *Compendio de los primeros 50 Pudo haberse evitado*.
- Pouzou, J. G., Warner, C., Neitzel, R. L., Croteau, G. A., Yost, M. G., & Seixas, N. S. (2014). *Confined Space Ventilation by Shipyard Welders: Observed Use and Effectiveness A bstr Act*. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meu070>
- Sánchez-Pastor Parreño, R. (2019a). *MODELO DE GESTIÓN PREVENTIVA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN SIN PROYECTO*.
- Sánchez-Pastor Parreño, R. (2019b). *Modelo de gestión preventiva para obras de construcción sin proyecto*.
- Selman, J., Spickett, J., Jansz, J., & Mullins, B. (2019). Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks. *Safety Science*, 113, 78–90. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2018.11.017>
- Umivale. (2021). *GUÍA PARA LA EJECUCIÓN SEGURA DE TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS*.
- U.S. Bureau of Labor Statistics. (2020). *Fatal occupational injuries involving confined spaces*. <https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/confined-spaces-2011-18.htm>
- Wang, B., & Zhao, J. (2022). Automatic frequency estimation of contributory factors for confined space accidents. *Process Safety and Environmental Protection*, 157, 193–207. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.11.004>
- <https://www.eitb.eus/es/noticias/economia/detalle/5757183/dos-fallecidos-accidente-laboral-corella-navarra-27-julio/>
- https://cadenaser.com/emisora/2016/05/23/radio_sevilla/1463995758_566028.html
- <https://www.publico.es/sociedad/accidente-laboral-trabajadores-mueren-jornada-caer-pozo-valladolid.html>
- https://www.elespanol.com/eldigitalcastillalamancha/sociedad/sucesos/20211025/trabajador-anos-queda-inconsciente-caer-pueblo-cuenca/622188261_0.html
- <https://www.iturri.com/>
- <https://www.grupocobra.com/>
- <https://www.tanden.es/>

