



**EVALUACIÓN DE RIESGOS HIGIÉNICOS
DEL ÁREA DE CARGA DE CISTERNAS DE
UNA INSTALACIÓN DE GNL**
MÁSTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES –
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ (ELCHE)

MARÍA SOLEDAD RUIZ FERNÁNDEZ
TUTOR: ANTONIO FRANCISCO J. CARDONA LLORENS
9 de Septiembre de 2017



Índice

1. Resumen	5
2. Introducción	6
2.1. Identificación de riesgos.....	8
3. Justificación.....	9
4. Objetivos	10
5. Material y métodos.....	11
5.1. Descripción de la instalación.....	11
5.2. Descripción de los riesgos	14
5.2.1. Nivel de iluminación	14
5.2.2. Exposición a Sustancias Químicas	16
5.2.3. Exposición a Riesgos Físicos	18
5.2.4. Incendios y explosión.....	19
5.3. Método EVALPUEST.....	20
5.3.1. Determinación de la probabilidad	20
5.3.2. Determinación de las consecuencias	22
5.3.3. Nivel de riesgo y de intervención.....	22
5.4. Actuación en caso de derrames	23
5.4.1. Actuación inmediata.....	23
5.4.2. Acciones posteriores	23
5.4.3. Prevención de derrames	24
5.5. Instalación contra incendios del área	24
5.5.1. Medidas de lucha contra incendios	25
5.6. Resumen de normas	26
6. Resultados	27
6.1. Nivel de iluminación	27
7. Discusión.....	29
8. Conclusiones	37
9. Referencias bibliográficas	38

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Cisterna de GNL	6
Ilustración 2. Paneles identificativos de riesgo asociados al GNL	7
Ilustración 3. Cargadero de cisternas	11
Ilustración 4. Niveles mínimos de iluminación exigidos por el R.D. 486/1997	14
Ilustración 5. Área de carga de cisternas	15
Ilustración 6. Elementos de protección individual obligatorios	16
Ilustración 7. Ducha de emergencia y lavaojos y señalización del área	17
Ilustración 8. Explosímetro portátil Dräger.....	17
Ilustración 9. Cuadro nivel de deficiencia NTP 330.	21
Ilustración 10. Cuadro nivel de exposición NTP 330	21
Ilustración 11. Cuadro nivel de consecuencias NTP 330.....	22
Ilustración 12. Cuadro nivel de riesgo y nivel de intervención NTP 330	22
Ilustración 13. Kits de derrames existente en el área	23
Ilustración 14. Medios contra incendios existentes en la zona	24
Ilustración 15. Esquema simplificado del modo de empleo de un extintor	25



1. Resumen

La higiene industrial es una rama de la prevención directamente relacionada con la seguridad industrial y es importante la concienciación en las empresas sobre la misma, para poder mitigar los riesgos y conseguir espacios de trabajo seguros.

En este proyecto se ha llevado a cabo la evaluación de riesgos higiénicos del área de carga de cisternas de gas natural licuado de una instalación industrial ubicada en uno de los puertos industriales nacionales del litoral mediterráneo más importantes. Es por esto, por lo que se han tenido en cuenta las posibles afecciones de las empresas adyacentes en el área durante dicha revisión.

Se ha llevado a cabo mediante visitas en campo y entrevistas/charlas con los trabajadores para conocer sus opiniones en cuanto a la higiene y seguridad del área. Además, se muestran aspectos importantes que contribuyen a la disminución del valor de los riesgos presentes en el área.

En las conclusiones se muestra el resultado de la nueva versión de la evaluación de riesgos (realizada conforme al método EVALPUEST, NTP 330) según la anterior identificación de los mismos, indicando medidas preventivas/correctivas para atenuar dichos riesgos.

- **Palabras clave:** *Higiene / Evaluación de Riesgos / Riesgos higiénicos / Gas Natural Licuado / Carga de cisternas*

2. Introducción

La higiene industrial es la rama de la prevención de riesgos laborales que se encarga de la anticipación, la identificación, la evaluación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo o en relación con él y que pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, teniendo también en cuenta su posible repercusión en las comunidades vecinas y en el medio ambiente en general [1].

Mediante la evaluación de los riesgos higiénicos se pueden identificar los riesgos de un área de trabajo y proponer medidas preventivas/correctoras que los atenúen.

En el caso de este proyecto, dicho método se aplica al área de carga de cisternas de una planta de regasificación de Gas Natural Licuado (GNL en adelante), por lo que a continuación se describen conceptos básicos referentes al sector industrial:

- GNL: Gas natural compuesto principalmente por metano y etano que, para facilitar su transporte, se pasa a fase líquida mediante el descenso de su temperatura (160 °C bajo cero) [2].
- Cisterna de GNL: Las cisternas de GNL son contenedores para gases licuados/criogénicos cuyo transporte por carretera está regulado por el Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español y el Acuerdo Europeo sobre Transporte internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR). De acuerdo con dicha legislación, las cisternas de GNL tienen un Peso Máximo Autorizado (PMA) de 40 toneladas, siempre y cuando no se supere el 85% de llenado en volumen [3].



Ilustración 1. Cisterna de GNL

Además de esto, es importante mencionar que todas las cisternas que transporten mercancías peligrosas deben estar correctamente identificadas mediante paneles indicativos y señalizaciones de peligro. En el caso de las cisternas de GNL:



Ilustración 2. Paneles identificativos de riesgo asociados al GNL

- Transporte de GNL por carretera: Conocido como “gaseoducto virtual”, y representa una parte sustancial en el negocio del GNL, para aplicaciones sectoriales muy diversas: distribución de gas natural al sector doméstico, comercial e industrial, cogeneración, utilización del GNL como combustible de medios de transporte, etc.
- Cargadero de cisternas: Área de una planta industrial de regasificación de GNL en la que se realiza, en fase líquida, la carga de cisternas mediante mangueras criogénicas conectadas a líneas fijas de la instalación procedentes de los tanques de almacenaje del gas.

2.1. Identificación de riesgos

Para la identificación de riesgos, se han tenido en cuenta varias fuentes de información: EVR existente, visita en campo y entrevista con los trabajadores:

Riesgo	Factor de riesgo
Exposición a Ruido	El ruido no es un factor de riesgo a considerar en esa área concreta de la planta. Además, se recomienda en uso de protección auditiva en el momento de las purgas, aunque, según históricos de estudios de ruido, no se supera el umbral de $L_{pico} = 135 \text{ dB(A)}$ [4].
Exposición a Vibraciones	Las vibraciones no son un factor de riesgo a considerar en esa área concreta de la planta.
Nivel de iluminación	Tanto en los cargaderos como en la sala de control de cisternas y las zonas de paso entre una zona y otra debe existir la iluminación adecuada: <ul style="list-style-type: none"> - Cargaderos: Iluminación más tenue que permita visualizar las pantallas de datos y mayor iluminación en la zona de conexión y desconexión de mangueras así como manejo de valvulería. - Sala de control de cisternas: Se trabaja con pantallas de ordenador, por lo que la iluminación de adecuarse a dicho uso. - Zonas de paso: Alta iluminación pero sin posibilidad de deslumbramientos ni para el conductor de la cisterna ni para los operadores de planta.
Exposición a Sustancias Químicas	Las sustancias químicas a las que están expuestos los trabajadores son: <ul style="list-style-type: none"> - GNL (fase líquida y/o gaseosa). - Gasoil (Combustible de las tractoras). - Sustancias químicas de las empresas adyacentes: trabajan con sustancias tales como fertilizantes, lubricantes, azufres, estroncio y otras materias particuladas.
Exposición a riesgos físicos	En la zona estudiada hay una instalación de tuberías en distintas alturas, que pueden dar lugar a golpes y/o caídas, desniveles, sobreesfuerzos, posturas forzadas para manejo de valvulería.
Incendios y explosión	Dado que se trabaja con productos inflamables, en la zona puede existir riesgo de incendio y explosión.

Tabla 1. Identificación previa de riesgos

3. Justificación

Como ha quedado patente en la introducción de este proyecto, nos encontramos ante una instalación en la que se trabaja con materias peligrosas (GNL) y en espacios que pueden ser inadecuados (dando lugar a exposición a sustancias químicas, exposición a riesgos físicos, incendios y explosiones). Se muestra también la necesidad de revisar el nivel de iluminación en las diferentes zonas de trabajo del área. Además, la instalación se encuentra ubicada en un núcleo industrial relevante de la zona del Mediterráneo, lo que puede suponer riesgos añadidos.

La salud de los trabajadores de la compañía, así como de los de las empresas transportistas que acuden a cargar a la planta debe ser un tema primordial para el empresario, principalmente por las implicaciones éticas, pero sin olvidar los perjuicios que puede acarrear a las compañías: posibles accidentes/incidentes, bajas del personal que generen horas extras y/o contratación de personal adicional, aplicación de medidas correctoras que pueden suponer un gasto mayor que las preventivas.

El puesto de trabajo de operador en el área de carga de cisternas no es un puesto reconocido, ya que dicha tarea se encuentra contemplada en el puesto de Operador de manera general, por lo que no existe en la compañía una Evaluación de Riesgos (EVR en adelante) específica. Sin embargo, sí se han categorizado las diferentes áreas de la planta realizando una EVR para cada una de ellas. Los procedimientos de la empresa establecen “una periodicidad de revisión de máximo 5 años siempre y cuando no se produzcan modificaciones significativas en el área, en cuyo caso habría de realizarse una revisión”; para el área de carga de cisternas la última revisión data de 2012, por lo que la compañía decide proceder a su revisión.

4. Objetivos

El objetivo del presente Trabajo Final de Máster es la realización de una evaluación de riesgos higiénicos, en el área de carga de cisternas de GNL de una planta de regasificación del mismo, que dé respuesta a la valoración de los riesgos existentes en el área así como proponer medidas preventivas y/o correctoras para minimizar los mismos.

Como objetivos específicos se plantea:

- Conocer y valorar los riesgos derivados de exposición a ruido.
- Conocer y valorar los riesgos derivados de exposición a vibraciones.
- Conocer y valorar el nivel de iluminación del área para identificar zonas iluminadas de manera deficiente y poder así actuar sobre estas.
- Conocer, valorar y proponer las medidas necesarias a llevar a cabo en cuanto a riesgos por exposición a sustancias químicas.
- Valorar si la instalación está correctamente protegida, o si por el contrario existen riesgos no aceptables, en cuanto a riesgo de incendios y explosiones.
- Identificar los riesgos sobre los que hay que actuar de manera prioritaria.

5. Material y métodos

5.1. Descripción de la instalación

La instalación industrial a la que hace referencia este documento, cuenta con tres cargaderos tal como se muestra en la ilustración, en los que se pueden realizar cargas de cisternas de manera simultánea.

Por petición expresa de la compañía, se omitirá cualquier dato específico sobre la misma y/o cualquiera de sus empleados que pueda identificarla.



Ilustración 3. Cargadero de cisternas

A continuación se describe la secuencia del proceso de carga:

- Proceso de carga de una cisterna: El GNL con el que se cargan las cisternas proviene directamente de los tanques de almacenamiento. El producto llega a una presión de 2-3 bares y temperatura de -160°C .

1º) En la barrera de entrada se identifican los datos del transporte (cisterna, tractora y conductor).

2º) Se autoriza la carga si todo está en orden: documentación de la cisterna, de la tractora y del conductor así como el estado físico de la misma.

La documentación precisa es:

- Cisterna y tractora →
 - Tarjeta de Inspección Técnica del Vehículo (I.T.V.)
 - Tarjeta de transporte (solo tractoras)
 - Certificados de aprobación, que autorice al vehículo para efectuar el transporte de mercancías peligrosas (A.D.R.)
 - Permiso de circulación
 - Seguro del vehículo
 - Plan de emergencia de la cisterna y ficha de seguridad
 - Instrucciones de seguridad del conductor (no es obligatorio que sean en español, deben estar redactadas en un idioma que el conductor entienda).
- Conductor →
 - D.N.I. o pasaporte
 - Permiso de conducir y CAP.
 - Certificado de formación A.D.R. o autorización especial que le habilite a conducir vehículos con M.M.P.P. expedido por la Autoridad Competente.

Para comprobar el buen estado físico del equipamiento se revisa:

- Extintores (Tractor y Cisterna). Comprobar que los extintores exigidos por la normativa se pueden extraer fácilmente. Deberán ir previstos de un precintado. Buen estado exterior. Existencia de la hoja de comprobación y revisiones.
- Caja con herramientas de bronce.
- Comprobar buen estado del calzo.
- Dos señales de emergencia auto portantes (luces naranjas intermitentes, conos o triángulos reflectantes).
- Equipo de seguridad ante emergencias. Comprobar las piezas y el buen estado del equipo, compuesto por:
- Señales de peligro. La cisterna debe llevar dos carteles con la siguiente inscripción: “Peligro emergencia en cisterna de gas inflamable”. Deberán estar disponibles para caso de accidente.

- Equipo de protección personal. Comprobar las piezas y el buen estado del equipo de protección personal, compuesto por:
 - Linterna apropiada para atmósferas potencialmente explosivas, una para cada miembro de la dotación del vehículo.
 - Vestimenta fluorescente apropiada
 - Ropa de trabajo antiestática.
 - Un par de guantes especiales para bajas temperaturas.
 - Un mandil de cuero con peto.
 - Calzado de seguridad antiestático.
 - Paneles de color naranja con numeración adecuada (223-1972). Una en la parte trasera y otra en la parte delantera.
 - Etiquetas de peligro. Rombo rojo con una llama negra o blanca, sobre fondo rojo y con el número 2 en la parte baja. Tres unidades, una en cada lado y otra detrás (de la cisterna).
 - Cortafuegos acoplado. Comprobar el buen estado del mismo.
 - Explosímetro: mantener y verificar la carga de la batería y el funcionamiento del explosímetro. Se recomienda una calibración periódica siguiendo las recomendaciones del fabricante.

3º) Operaciones iniciales de carga; peso de entrada en báscula programación de la báscula: El operador que efectúa, controla y supervisa la carga es el responsable de la operación. Él es quien manipula las instalaciones de la planta, y el transportista (conductor) será el que opere los elementos del colector de su cisterna. Las mangueras de trasiego en su unión con la cisterna deben ser manipuladas por el conductor en la conexión/desconexión de éstas. El operador será quien dé las instrucciones precisas al conductor para la correcta operación y coordinación entre instalación y conjunto transporte.

4º) Realización de la carga física.

5º) Peso de salida de la báscula: para comprobar la cantidad cargada y que no excede la carga máxima aunque un software lo controla de manera automática.

6º) Generación de los documentos de salida.

7º) Barrera de salida.

5.2. Descripción de los riesgos

5.2.1. Nivel de iluminación

La legislación de referencia ante este riesgo es el R.D. 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo: “La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud” [5].

Los niveles de exigencia que establece dicho Real Decreto se muestran en la ilustración siguiente:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1.º Bajas exigencias visuales	100
2.º Exigencias visuales moderadas	200
3.º Exigencias visuales altas	500
4.º Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Ilustración 4. Niveles mínimos de iluminación exigidos por el R.D. 486/1997

“Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a) En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b) En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para

terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.” (5).

En el caso que nos ocupa, la compañía ha decidido duplicar los niveles de iluminación en los viales, dada la peligrosidad de la situación.

MEDICIÓN

La compañía asignó la realización de un estudio de iluminación a la mutua con la que trabajan de forma general para toda la planta unos meses antes (Marzo 2017). En esta área en concreto se establecieron 27 puntos de medida distribuidos de la siguiente forma:



Ilustración 5. Área de carga de cisternas

- Cargaderos – 6 puntos en cada uno (hay 3 cargaderos en total):
 - Pantalla de visualización – 1 punto.
 - Manejo de válvulas – 3 puntos: 2 en la zona de válvulas de planta y 1 en la zona de válvulas de la cisterna.
 - Zonas de paso – 2 puntos.
- Viales – 6 puntos situados a lo largo del recorrido que realizan las cisternas.
- Sala de control – 3 puntos:
 - Pantallas de visualización – 2 puntos.
 - Ventanilla entrega de documentación de la carga a los conductores – 1 punto.

Dicho informe forma parte de los datos que la compañía considera privados, por lo que para esta evaluación se volvieron a medir los niveles de iluminación con un luxómetro correctamente calibrado que hay en planta.

5.2.2. Exposición a Sustancias Químicas

En cuanto a las posibles sustancias químicas que puedan suponer riesgo para los trabajadores propios de la compañía y para los conductores se encuentran:

- GNL.
- Gas Natural (fase gas, GN).
- Gasoil.
- Sustancias químicas de las empresas adyacentes: fertilizantes, lubricantes, azufres, estroncio y otros.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DEL GNL

Los riesgos derivados del GNL en esta área serían principalmente las salpicaduras y/o contactos térmicos. El riesgo de incendio se contemplará más adelante.

Las salpicaduras y los contactos térmicos pueden tener lugar durante la desconexión de las mangueras y en el manejo de válvulas y mangueras durante la operativa de carga de las cisternas. Es por esto, por lo que tanto los trabajadores de la compañía como los conductores de las cisternas evitarán el manejo de mangueras, tuberías y válvulas con las manos desnudas, se han de utilizar los elementos de protección individual siguientes:

- Ropa y calzado antiestáticos, estos últimos con puntera de protección.
- Guantes de frío.
- Casco con pantalla con protección facial.



Ilustración 6. Elementos de protección individual obligatorios

Además, tanto los trabajadores propios como los conductores de cisternas están debidamente formados e informados de los riesgos y sus medidas de prevención y protección asociadas y existe señalización en el área. También se encuentran disponibles en el área duchas de emergencia y lavaojos y kits de emergencia.



Ilustración 7. Ducha de emergencia y lavaojos y señalización del área

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DEL GAS NATURAL (fase gas)

El riesgo derivado del Gas Natural en fase gaseosa es que exista una fuga que pueda derivar en una explosión o incendio o en una intoxicación de los trabajadores que puedan estar en la zona.

Como medida preventiva, todo operador debe llevar consigo un explosímetro debidamente calibrado y revisado y comprobar los niveles de explosividad antes de que la cisterna entre en el cargadero, durante la operativa y antes de que la cisterna vuelva a arrancar el motor. El conductor de la cisterna debe portar un explosímetro en la tractora debidamente calibrado y en óptimas condiciones de funcionamiento.



Ilustración 8. Explosímetro portátil Dräger

Si en algún momento se detecta explosividad, la operación de carga bien no se iniciará o bien se parará de ocurrir este hecho una vez comenzada la operativa. En caso de fuga masiva, existe un botón de parada de emergencia en cada cargadero.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DEL GASOIL

Como se ha dicho anteriormente, el riesgo de incendio se estudiará más adelante. Por lo tanto, otro riesgo derivado del gasoil es que se produzca un derrame, lo cual sería considerado como incidente ambiental, además de poder ser causa de caídas por pisada sobre el mismo.

Se dispone en el área de kit de recogida de derrames, para actuar rápidamente y de manera correcta en cuando a la gestión posterior del residuo.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS DE LAS EMPRESAS ADYACENTES

Al estar situada la planta en uno de los puertos industriales más importantes de la vertiente mediterránea, la variabilidad de las sustancias descargadas es bastante amplia.

Los trabajadores expresan en las entrevistas, “que hay días que para los que padecen alergias se hace muy complicado estar trabajando en la zona; se irritan los ojos y la nariz, llegando incluso en ocasiones a ser difícil respirar con normalidad.”

En las reiteradas visitas a campo, se ha detectado materia particulada en el aire pero no ha sido posible cuantificarla ni conocer su naturaleza por no disponer del equipo apropiado.

5.2.3. Exposición a Riesgos Físicos

Dentro de los riesgos físicos en el área se encuentran:

- Caídas al mismo nivel → Durante la operativa de carga de cisternas se encuentran en el suelo, desde el rack de tuberías hasta el colector de la cisterna, las mangueras criogénicas que pueden hacer tropezar a los trabajadores.

- Pisadas/Golpes con objetos o herramientas → Accesos difíciles a válvulas, pasos angostos y presencia de bandejas de cables en zonas de paso. Existencia de elementos salientes en zonas de maniobra.
Durante la conexión y la desconexión de las mangueras, pueden producirse golpes por caídas de herramientas tales como llaves de apriete e incluso por posibles caídas de las mangueras.
- Sobreesfuerzos / Posturas inadecuadas → Durante el manejo de las válvulas, por el difícil acceso de algunas de las mismas y/o su posición. Sobreesfuerzos en la conexión y desconexión de las mangueras criogénicas, ya que su peso es considerable y se llega a repetir esta tarea en torno a 36-40 maniobras en el total de los turnos de mañana y tarde de un ciclo completo de trabajo y 5-10 maniobras en el total de los turnos de noche y fines de semana.
- Accidentes causados por seres vivos → Al ser un trabajo al aire libre, en el área pueden encontrarse avispas, abejas, roedores e incluso ofidios. Ha de tenerse en cuenta que una picadura puede producir shock anafiláctico en caso de alergia.
- Atropellos → Pueden producirse atropellos de trabajadores por las cisternas y/o los vehículos propios de planta utilizados para el transporte por la misma.
- Contactos eléctricos → En las visitas a campo se encuentran armarios eléctricos abiertos que pueden suponer riesgo de contacto eléctrico.

5.2.4. Incendios y explosión

Dada la alta inflamabilidad del producto manipulado, ya sea en estado líquido o gaseoso, así como del combustible de las tractoras de las cisternas.

El riesgo de incendio y explosión puede deberse a fugas fortuitas de gas en presencia de fuentes de ignición o a fugas de GNL durante la operativa de carga o la conexión y desconexión de mangueras existiendo la posibilidad de que forme una atmósfera explosiva. Otro riesgo es que un posible derrame de gasoil llegue hasta una fuente de ignición.

Para tener mayor consciencia sobre la inflamabilidad de los productos en cuestión, a continuación se exponen los datos de sus respectivas fichas de seguridad [6] [7]:

- GNL/GN →
 - Es un gas extremadamente inflamable.
 - Sus vapores, pueden formar mezclas explosivas con el aire.
 - Límite Superior de Explosividad = 15%
 - Límite Inferior de Explosividad = 5%

- Gasoil →
 - Inflamable.
 - En caso de incendio se desprenden vapores (o gases) tóxicos e irritantes.
 - Por encima de 52° pueden formarse mezclas vapor/aire explosivas.
 - Límite Superior de Explosividad = 6,5%
 - Límite Inferior de Explosividad = 0,6%

5.3. Método EVALPUEST

El método se basa en el Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, propuesto por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en la NTP 330 [8].

La evaluación del riesgo se realiza a partir de la verificación y control de las deficiencias existentes en los lugares de trabajo, se estima la probabilidad de que ocurra un accidente y la gravedad de las consecuencias.

5.3.1. Determinación de la probabilidad

El nivel de probabilidad (NP) está condicionado por dos factores:

- Nivel de deficiencia de las medidas preventivas → Magnitud de la vinculación esperable entre los factores de riesgo considerados y relación causal directa con el posible accidente.

Nivel de deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (E)	–	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Ilustración 9. Cuadro nivel de deficiencia NTP 330.

- Frecuencia de exposición de las personas al riesgo → Se puede estimar en función de los tiempos de permanencia.

Nivel de exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

Ilustración 10. Cuadro nivel de exposición NTP 330

Por tanto, el nivel de probabilidad se calcularía como el producto de los términos anteriores:

$$NP = ND * NE$$

5.3.2. Determinación de las consecuencias

Se establece para este concepto, un doble significado; por un lado se categorizan los daños físicos y por otro los daños materiales, teniendo más peso los daños sobre las personas. Se trata de las consecuencias normalmente esperadas en caso de materialización del riesgo.

Nivel de consecuencias	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T.)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Ilustración 11. Cuadro nivel de consecuencias NTP 330

5.3.3. Nivel de riesgo y de intervención

Una vez obtenidos el nivel de probabilidad (NP) y el nivel de consecuencias (NC) se calcula el nivel de riesgo (NR) como:

$$NR = NP * NC$$

Ligado al nivel de riesgo se encuentra el nivel de intervención (NI) tal como se muestra a continuación:

Nivel de intervención	NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Corrección urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control.
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

Ilustración 12. Cuadro nivel de riesgo y nivel de intervención NTP 330

5.4. Actuación en caso de derrames

En caso de derrame, se actuará del modo siguiente y siempre teniendo en cuenta lo establecido en las fichas de seguridad de los productos.



Ilustración 13. Kits de derrames existente en el área

5.4.1. Actuación inmediata

- Evitar que se siga produciendo el derrame.
- Evitar, por medios físicos, que el producto derramado se disperse.
- Evitar que afecte a redes de agua o al terreno, dirigir hacia zonas de suelo seguras, sin desagües ni drenajes.
- Si ha afectado a redes de vertido: utilizar los medios disponibles para minimizar los efectos en el medio receptor y avisar a la persona encargada en la compañía (Técnico PYMAC).

5.4.2. Acciones posteriores

- No lavar con agua; recoger el producto confinado en recipientes herméticos y adecuados.
- Absorber el líquido residual con arena u otro absorbente inerte (sepiolita), barrer y depositar en el recipiente adecuado.

- c. Identificar el contenedor/recipiente respecto al producto que contiene y gestionar como residuo peligroso según la legislación vigente.
- d. Elaboración de un informe por parte de la persona responsable de la compañía (Técnico PYMAC).

5.4.3. Prevención de derrames

Las acciones que se deben llevar a cabo para prevenir derrames son:

- a. Revisar la estanqueidad de motor, manguitos y latiguillos.
- b. Evitar goteos y derrames en la manipulación de las sustancias químicas.
- c. Utilizar los medios adecuados y en perfecto estado de conservación en caso realizar trasvases de sustancias químicas.
- d. Examinar todos los elementos de forma periódica.

5.5. Instalación contra incendios del área

Existen en la zona de carga, aparcamiento y caseta, carros de extinción de incendios por polvo químico seco (50 Kg.), además de equipos de extinción/refrigeración por rociadores de agua sobre los cargaderos.



Ilustración 14. Medios contra incendios existentes en la zona

5.5.1. Medidas de lucha contra incendios

Durante la formación impartida a los conductores de cisternas por parte del área de prevención de planta, se les asesora sobre las medidas de lucha contra incendios:

- En caso de incendio provocado por una fuga, tratar de eliminar el aporte de gas cerrando las válvulas si es posible, dejando arder o se extinga según las circunstancias.
- No apagar el fuego hasta que la fuga esté cerrada.
- Utilizar agua pulverizada para abatir los gases y refrigerar.
- Usar polvo químico seco cuando se decida apagar el incendio.
- Utilizar espuma de alta expansión para cubrir el área de derrame, controlar la evaporación y separar el combustible del comburente.
- Los recipientes casi vacíos o vacíos, son tan inflamables como los llenos, presentan peligro de explosión, por explosión de vapores en espacios cerrados o en conductos.
- Comprobar siempre y previamente la dirección del viento. Existe una manga de viento junto a cargadero C.
- Uso del extintor →



Ilustración 15. Esquema simplificado del modo de empleo de un extintor

- Tirar de la anilla o pasador de seguridad.
- Pulsar de la palanca y dirigir el agente extintor hacia la base de las llamas.
- Antes de atacar el fuego probar el extintor.
- Atacar el fuego a favor del viento.
- Aunque esté apagado el fuego no dar la espalda.

5.6. Resumen de normas

Las normas citadas a continuación son de obligado cumplimiento en el área de carga de cisternas:

- Está prohibido fumar tanto dentro como fuera del vehículo; hacer cualquier clase de fuego; usar teléfonos móviles, radios, cámaras, etc.
- No se permitirá el acceso de las cisternas a la zona de carga ni al aparcamiento, sin la autorización y presencia del operador del área.
- Dejar el vehículo bien emplazado, frenado, calzado y con el motor parado.
- Antes de conectar las mangueras de carga, se deberá desconectar la batería y conectar la pinza de tierra al chasis de la cisterna.
- Las operaciones de alineamiento de su cisterna con el circuito de carga se harán siguiendo las instrucciones del operador del Área.
- Es obligatorio el uso de equipos de protección individual y de ropa de trabajo antiestática.
- Se tendrá especial cuidado, en no hacer coincidir el arranque de ninguna tractora dentro de los cargaderos, con operaciones de purgado y venteo en otros cargaderos.
- Queda prohibido manipular válvulas de proceso u otros dispositivos y elementos de cualquier parte de las cisternas en servicio.
- Se debe permanecer durante todo el proceso de carga en las inmediaciones de la cisterna.

6. Resultados

6.1. Nivel de iluminación

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las mediciones con respecto al R.D. 486/1997. Lo valores en rojo no cumplen con los niveles requeridos y en cuanto a los valores acompañados con de un asterisco (*) destacar que, como se ha dicho anteriormente, la compañía ha decidido duplicar el requerimiento por el riesgo existente.

Punto de medida	Nivel de iluminación	Nivel requerido según R.D. 486/1997
1. Cargadero A - Pantalla de visualización	504	500
2. Cargadero A - Manejo de válvulas I	501	500
3. Cargadero A - Manejo de válvulas II	517	500
4. Cargadero A - Manejo de válvulas III	513	500
5. Cargadero A - Zona de paso entre la cisterna y la valvulería	216	200
6. Cargadero A - Zona de paso para acceder al colector de la cisterna	194	200
7. Cargadero B - Pantalla de visualización	506	500
8. Cargadero B - Manejo de válvulas I	493	500
9. Cargadero B - Manejo de válvulas II	515	500
10. Cargadero B - Manejo de válvulas III	512	500
11. Cargadero B - Zona de paso entre la cisterna y la valvulería	201	200
12. Cargadero B - Zona de paso para acceder al colector de la cisterna	193	200
13. Cargadero C - Pantalla de visualización	502	500
14. Cargadero C - Manejo de válvulas I	496	500
15. Cargadero C - Manejo de válvulas II	514	500
16. Cargadero C - Manejo de válvulas III	508	500
17. Cargadero C - Zona de paso entre la cisterna y la valvulería	213	200

Punto de medida	Nivel de iluminación	Nivel requerido según R.D. 486/1997
18. Cargadero C - Zona de paso para acceder al colector de la cisterna	194	200
19. Vial - Junto a barrera de entrada	128	50*
20. Vial – Entre la barrera de entrada y la caseta de control	103	50*
21. Vial – Parte delantera derecha de la caseta de control	106	50*
22. Vial – Parte trasera de la caseta de control	85	50*
23. Vial – Parte delantera izquierda de la caseta de control	112	50*
24. Vial – Antes de la entrada a los cargaderos	111	50*
25. Vial – Junto a barrera de salida	119	50*
26. Sala de control – Pantalla de visualización 1	422	500
27. Sala de control – Pantalla de visualización 2	502	500
28. Sala de control – Ventanilla de entrega de documentación a los conductores	498	500

Tabla 2. Resultados de las mediciones con respecto a los niveles requeridos. Los límites marcados con (*) han de ser doblados según consideración de la compañía.

7. Discusión

Se muestra a continuación una tabla resumen con la identificación y discusión de los riesgos, su valoración (según el método EVALPUEST) y las medidas preventivas/correctivas propuestas para aplicar en caso de ser necesarias teniendo en cuenta las condiciones actuales del área y la instalación.

Riesgo	Descripción	Valoración				Medidas a adoptar
		Deficiencia	Exposición	Consecuencia	Nivel de Riesgo	
Exposición a ruido	No se considera un riesgo en dicha área de la instalación por no superarse el valor límite $L_{pico} = 135 \text{ dB(A)}$. Además de esto, existe señalización en el área con la recomendación de protección auditiva.	A				<ul style="list-style-type: none"> No es necesario tomar medidas adicionales.
Exposición a vibraciones	No es un riesgo a tener en cuenta.	A				<ul style="list-style-type: none"> No es necesario tomar medidas adicionales.

Nivel de iluminación	<p>Tras realizar las mediciones oportunas de los niveles de iluminación, de los 28 puntos seleccionados 8 no cumplen con lo requerido por la legislación (R.D. 486/1997).</p> <p>Esto supone un incumplimiento del 28,6%.</p> <p>Los puntos donde no se satisfacen dichos requerimientos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6/12/18 – Zonas de acceso al colector de la cisterna de los cargaderos A/B/C. • 8/14 – Manejo de válvulas I en cargaderos B/C • 22 – Vial, parte trasera de la caseta de control • 26 – Sala de control, pantalla de visualización 1 • 28 – Sala de control, ventanilla de entrega de la documentación a conductores 	M	F	L G	III	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar puntos de luz antiguos por nuevas lámparas LED: menor consumo a mayor nivel de iluminación. • Añadir puntos de luz en la zona del acceso al colector de las cisternas ya que el nivel de iluminación es deficiente en los 3 cargaderos existentes. • Corregir deficiencias de iluminación en sala de control colocando nuevo punto de luz orientado a la ventanilla de entrega de documentación a los conductores. Sustitución de tubo fundido sobre pantalla de visualización 1.
		2	3	20	120	

Exposición a Sustancias Químicas	<p>- GNL: Riesgo de salpicaduras y contactos térmicos.</p> <p>Todas las personas que acceden al área lo hacen con los EPIs adecuados y han recibido la debida formación e información.</p> <p>Existe señalización en el área así como duchas lavaojos y kits de emergencia.</p>	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales.
	<p>- GN: Riesgo de intoxicación por fuga; gas asfixiante.</p> <p>Los trabajadores del área deben portar un explosímetro. En la tractora de cada cisterna, debe haber uno también.</p>	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales.
	<p>- Gasoil: Riesgo de derrame (incidente medio ambiental) que pueda producir resbalones y/o caídas.</p> <p>En la zona se dispone de kits de recogida de derrames</p>	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales.

	<p>- Otras sustancias químicas: Materia particulada, los trabajadores manifiestan dificultades para respirar, irritación de las mucosas y los ojos e incluso irritación de la piel los días que se producen descargas en los muelles cercanos.</p>	D 6	E 1	L G 20	III 120	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda la instalación de un medidor de partículas en continuo en la zona. • Prohibir los trabajos en caso de riesgo ambiental.
Exposición a riesgos físicos	<p>- Caídas al mismo nivel: Riesgo de tropiezos y posterior caída con las mangueras criogénicas durante la operativa de carga.</p>	M 2	F 3	L G 20	III 120	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda colocar soportes tipo bandeja para el paso de las mangueras y señalar los mismos.
	<p>Riesgo de caídas por desniveles y suelo de grava.</p>	M 2	F 3	L 10	III 60	<ul style="list-style-type: none"> • Señalizar desniveles con bandas negras y amarillas. Adecuar todo el pavimento de la zona con hormigón antideslizante.
	<p>- Pisadas sobre objetos / Golpes con objetos y/o herramientas: Durante la manipulación de las mangueras, estas pueden caerse y golpear a los trabajadores. Posibilidad de golpes por caída de llaves de apriete u otras herramientas.</p>	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales.

	<p>Es obligatorio llevar guantes para manipular las mangueras y herramientas, así como vestir el calzado antiestático de seguridad con puntera reforzada.</p>					
	<p>Accesos difíciles a válvulas, pasos estrechos, bandejas de cables en zonas de paso, elementos salientes en zonas de maniobra.</p>	M 2	F 3	L 10	III 60	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar la debida señalización con bandas amarillas y negras y protecciones acolchadas en zonas de tuberías con esquinas.
	<p>- Sobreesfuerzos / Posturas inadecuadas: Durante el manejo de las válvulas, (difícil acceso de algunas de las mismas y/o posición inadecuada).</p>	M 2	F 3	L G 20	III 120	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuar el acceso a las mismas mediante plataformas, o alargamiento de los ejes de los volantes
	<p>Sobreesfuerzos en la conexión y desconexión de las mangueras criogénicas, ya que su peso es considerable y se llega a repetir esta tarea en torno a 36-40 maniobras en el</p>	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales.

	<p>total de los turnos de mañana y tarde de un ciclo completo de trabajo y 5-10 maniobras en el total de los turnos de noche y fines de semana. Según antiguos estudios de manejo de cargas, este riesgo es tolerable.</p>					
	<p>- Accidentes causados por seres vivos: En el área pueden encontrarse avispas, abejas, roedores e incluso ofidios. En casos de alergia, una picadura puede llegar a causar shock anafiláctico. La compañía cuenta con un programa de tratamientos de desinsectación de las instalaciones.</p>	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales
	<p>- Atropellos: Por parte de las cisternas o de los vehículos propios de la compañía para trasladarse por la planta.</p>	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales.

	Existe restricción del tráfico interior de vehículos, limitación de velocidad en toda la planta y señalización vial					
	- Contactos eléctricos: En las visitas a campo se encuentran armarios eléctricos abiertos que pueden suponer riesgo de contacto eléctrico.	M 2	F 3	G 25	II 150	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar los armarios (con llave, dejar una copia en sala de control y en taller eléctrico) y colocar señalización de riesgo eléctrico.
Incendios y explosiones	- GNL/GN: Gas extremadamente inflamable. Sus vapores pueden formar mezclas inflamables con el aire. LSE = 15%; LIE = 5%. El riesgo de incendio es inherente a la naturaleza la sustancia manipulada (GNL y GN) y se encuentra evaluado y controlado de forma general en todas las áreas de la Planta. Todas las instalaciones cuentan con sistemas redundantes y medios de detección, protección contra incendio y extinción, así como de rutas planificadas de inspección de	A				<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario tomar medidas adicionales.

	<p>seguridad y mantenimiento de instalaciones y equipos. Se dispone de plan de emergencia interior y exterior y de personal especialmente adiestrado.</p>					
	<p>- Gasoil: Inflamable. En caso de incendio se desprenden vapores (o gases) tóxicos e irritantes. Por encima de 52° pueden formarse mezclas vapor/aire explosivas. LSE = 6,5%; LIE = 0,6%. Se dispone en el área de kits de recogida de derrames para evitar posibles incendios del mismo.</p>	A				<p>• No es necesario tomar medidas adicionales.</p>

8. Conclusiones

Como conclusiones cabe destacar:

1. Se han identificado un total de 18 riesgos; 11 de ellos se consideran Aceptables y 9 mejorables, para los que se proponen medidas a llevar a cabo.
2. Los riesgos de exposición a ruido no son relevantes en el área.
3. Los riesgos de exposición a vibraciones, como en el caso del ruido, no son relevantes en el área.
4. En cuanto al nivel de iluminación: es necesario aumentar el nivel de iluminación en 8 de los 28 puntos muestreados (28,6%), bien reponiendo luminarias o instalando nuevos puntos de luz.
5. Referente a la exposición a sustancias químicas, como riesgo no aceptable encontramos la exposición a materia particulada de las empresas presentes en el área industrial.
6. Dentro de los riesgos físicos hay que tener en cuenta los riesgos derivados de sobreesfuerzos y posiciones inadecuadas, que puede ser solucionado adecuando la posición de las válvulas o el acceso a las mismas mediante plataformas; los riesgos que derivan en caídas al mismo nivel, señalizando desniveles y salvando los que sea posible; y los riesgos de pisada de objetos y/o golpes con objetos, colocando guías para las mangueras criogénicas cuando éstas están conectadas durante la operativa y señalizando los posibles obstáculos. También el riesgo de contacto eléctrico.
7. En cuanto a riesgo de incendios y explosiones la instalación, y más concretamente el área estudiada, cuenta con las protecciones adecuadas como para considerar Aceptable el mismo.
8. El riesgo sobre el que habría que actuar con mayor rapidez, correspondiente a nivel de intervención II, es el riesgo físico de exposición a contactos eléctricos; como medidas a llevar a cabo: cerrar los armarios eléctricos con llave, una copia será depositada en sala de control y la otra será entregada a los técnicos de mantenimiento del taller eléctrico. Otro riesgo sobre el que hay que actuar de manera prioritaria es el riesgo por sustancias química, principalmente a materia particulada proveniente de empresas adyacentes y/o descargas en los muelles cercanos. Como medidas a llevar a cabo: instalar un medidor en continuo y establecer procedimientos de actuación en caso de riesgo ambiental por exposición a sustancias químicas.

9. Referencias bibliográficas

1. Herrick RF. Higiene Industrial. In OIT. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.; 2001. p. 30.3.
2. Real Academia de Ingeniería. Diccionario de la RAI. [Online].; 2017 [cited 2017 Julio 28]. Available from: <http://diccionario.raing.es/es/lema/gas-natural-licuado>.
3. Ministerio de Fomento. ADR 2017. 2017. Legislación Mercancías Peligrosas.
4. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE núm. 60, 11/03/2006.
5. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. R.D. 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. 1997. BOE núm. 97, de 23/04/1997.
6. Enagás. Ficha de datos de Seguridad. [Online].; 2003 [cited 2017 Julio 6]. Available from: <http://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/4702.pdf>.
7. INSHT. Fichas Internacionales de Seguridad Química. [Online].; 2004 [cited 2017 Julio 6]. Available from: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnnextoid=4458908b51593110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&do=Search&idPalabra=ngqsqz>.
8. INSHT. Nota técnica de prevención 330. [Online].; 1991 [cited 2017 Julio 3]. Available from: https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi0kvzV0c3VAhWGYVAKHRL2DjsQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.insht.es%2FInshtWeb%2FContenidos%2FDocumentacion%2FFichasTecnicas%2FNTP%2FFicheros%2F301a400%2Fntp_330.pdf&usq=.