

TESIS DOCTORAL

2020

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL
ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD EN LAS
OPERACIONES ASOCIADAS AL DISEÑO,
CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE PLANTAS SATÉLITES
DE GAS NATURAL LICUADO**

FRANCISCO JAVIER GARCÍA GÓMEZ

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

DIRECTORA: Dra. Cristina González Gaya

CODIRECTOR: Dr. Víctor Francisco Rosales Prieto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales



Tesis Doctoral

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA
SEGURIDAD EN LAS OPERACIONES ASOCIADAS AL
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE PLANTAS SATÉLITES DE GAS
NATURAL LICUADO**

Francisco Javier García Gómez

MADRID, JUNIO 2020

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DE LA
SEGURIDAD EN LAS OPERACIONES ASOCIADAS AL
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE PLANTAS SATÉLITES DE GAS
NATURAL LICUADO

Francisco Javier García Gómez

Directora

Dra. Cristina González Gaya

Codirector

Dr. Víctor F. Rosales Prieto

CALIFICACIÓN:

Presidente

Vocal

Secretario

Fdo:

Fdo:

Fdo:

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo.

Un recuerdo especial para Francisco Castro Delgado, una figura importante en la historia de la ETSII de la UNED, y que ya no está entre nosotros, con el que he tenido el honor de compartir muchos momentos, primero como alumno suyo y años más tarde, las vueltas que da la vida, como su yerno.

A la ETSII de la UNED, al profesor Víctor F. Rosales Prieto, y en especial a mi tutora Cristina González Gaya, por su confianza y la oportunidad para realizar mis estudios de Doctorado.

Resumen

La industria del gas natural en general, y del Gas Natural Licuado (GNL) en particular, es un sector consolidado que sigue creciendo por la importancia que tiene este combustible para el suministro energético. El GNL permite realizar un suministro diversificado y flexible capaz de llegar a cualquier punto de consumo.

Las plantas satélites de GNL son las instalaciones concebidas para almacenar, regasificar y regular, según la presión requerida, el gas natural a inyectar en redes de distribución o en instalaciones receptoras para consumo del cliente final.

Las especiales características del GNL (inodoro, no tóxico ni corrosivo, más ligero que el agua, criogénico) requieren un tratamiento específico de los riesgos en su manipulación. Luego la seguridad será un aspecto fundamental a tener en cuenta en el diseño, construcción y operación de las plantas satélites de GNL.

Por ello se considera importante conocer el tratamiento de la seguridad en este tipo de instalaciones y la manera de afrontar los análisis de riesgos.

Este trabajo proporciona información de todos los aspectos relacionados con la seguridad en las plantas satélites de GNL, para ello se realiza una búsqueda y consulta de la legislación vigente, normativa sectorial, documentos y guías con las técnicas disponibles referentes a seguridad y sus aplicaciones en instalaciones de GNL. Se detecta que, si bien existe una protección adecuada, los procedimientos de seguridad en las plantas satélites se basan en la experiencia y conocimientos adquiridos en las grandes plantas regasificadoras, por lo que se realizará una investigación de las metodologías y procedimientos aplicables a este tipo de instalaciones, y se propondrá la selección de la técnica más apropiada como método de referencia para proponer una metodología específica de identificación y análisis de riesgos que optimice la seguridad de las plantas satélites de GNL, con una aplicación a uno de los procesos de la planta.

Además, se presenta una propuesta metodológica para regular las actuaciones de todas las empresas (contratistas y/o proveedores de servicios) que desarrollan sus actividades en plantas de GNL para asegurar el cumplimiento y cooperación en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales y protección del medio ambiente, y la información relacionada con el proceso de evaluación para mejorar la salud y la seguridad de los trabajadores en estos lugares.

Palabras Clave— *GNL, planta satélite GNL, riesgo, seguridad*

Abstract

The natural gas industry in general, and Liquefied Natural Gas (LNG) in particular, is a consolidated sector that continues to grow due to the importance of this fuel for energy supply. LNG allows a diversified and flexible supply capable of reaching any point of consumption.

The LNG satellite plants are the facilities designed to store, regasify and regulate, depending on the pressure required, the natural gas to be injected into distribution pipes or in receiving facilities for the final customer's consumption.

The special characteristics of LNG (odorless, non-toxic or corrosive, lighter than water, cryogenic) require a specific treatment of risks in handling. Then security will be a fundamental aspect to take into account in the design, construction and operation of LNG satellite plants.

Therefore, it is important to know how to deal with safety in this type of facility and how to deal with risk analysis.

This document provides information on all aspects related to the safety of LNG satellite plants, highlighting the importance of risk studies to achieve the required levels of safety in the LNG satellite plants, for this purpose a search and consultation of current legislation, sectoral regulations, documents and guides with the available safety techniques and its applications in LNG facilities are carried out. It is detected that, although there is adequate protection, safety procedures in satellite plants are based on the experience and knowledge acquired in large regasification plants, so an investigation of the methodologies and procedures applicable to this type of facilities, and the selection of the most appropriate technique will be proposed as a reference method to propose a specific identification and risk analysis methodology that optimizes the safety of LNG satellite plants, with an application to one of the plant's processes.

In addition, a methodological proposal is presented to regulate the actions of all companies (contractors and / or service providers) that carry out their activities in LNG plants to ensure compliance and cooperation in the application of regulations on occupational risk prevention and protection environment, and information related to the assessment process to improve the health and safety of workers in these places.

Keywords— *LNG, LNG satellite plant, risk, safety*

Índice general

Índice de Figuras	XVI
Índice de Tablas	XXIII
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. OBJETIVOS	3
1.2. ALCANCE Y LÍMITES DE INVESTIGACIÓN	4
2. ESTADO DEL ARTE. SISTEMA GASISTA Y GNL	7
2.1. SISTEMA GASISTA	7
2.1.1. Transportistas	9
2.1.2. Gestor Técnico del Sistema	10
2.1.3. Distribuidores	10
2.1.4. Comercializadores	11
2.1.5. Los consumidores finales	12
2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GASISTA	13
2.3. INCORPORACIÓN DEL GAS NATURAL AL SISTEMA	13
2.4. CADENA DEL GNL	14
2.5. CARACTERÍSTICAS DEL GNL	15
2.6. TRANSPORTE TERRESTRE DE GNL	18
2.6.1. Ámbito regulatorio en el transporte de GNL	19
2.6.2. Tipos de cisternas	19
2.6.3. Determinación de la carga máxima	21

3.	PLANTAS DE GNL	25
3.1.	INTRODUCCIÓN. FUNCIONAMIENTO	25
3.2.	OPERACIONES EN LAS PLANTAS DE GNL	28
3.3.	APLICACIONES DE LAS PLANTAS DE GNL	30
3.4.	EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA DE GNL	30
3.5.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD	35
3.6.	ELEMENTOS DE LAS PLANTAS DE GNL	36
	3.6.1. Cubeto de protección contra derrames	39
	3.6.2. Módulo de descarga de cisternas	46
	3.6.3. Módulo de almacenaje o depósito	59
	3.6.4. Módulo de regasificación o vaporización	69
	3.6.5. Módulo de regulación y odorización	79
	3.6.6. Módulo de control	83
3.7.	INSTALACIONES AUXILIARES Y DE SEGURIDAD	88
3.8.	PRUEBAS EN OBRA	91
3.9.	MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE GNL	92
	3.9.1. Aspectos relacionados con el mantenimiento	92
	3.9.2. Actuaciones de empresas mantenedoras	97
	3.9.3. Mantenimiento equipos de protección contra incendios	118
	3.9.4. Otras actuaciones asociadas al mantenimiento	121
4.	SEGURIDAD EN PLANTAS DE GNL	123
4.1.	CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD	123
4.2.	NIVEL DE SEGURIDAD	123
4.3.	RIESGOS EN PLANTAS DE GNL	125
4.4.	LEGISLACIÓN Y DOCUMENTACIÓN APLICABLE	128

4.5.	TIPOS DE INSTALACIONES AFECTADAS	131
4.5.1.	Plantas de GNL con almacenamiento mayor o igual a 200 toneladas	137
4.5.2.	Plantas de GNL con almacenamiento mayor de 50 y menor de 200 Toneladas	137
4.5.3.	Plantas de GNL con almacenamiento mayor o igual a 30 toneladas y menor a 50 toneladas	138
4.6.	PLANES DE AUTOPROTECCIÓN	139
4.7.	PLANES DE EMERGENCIA EXTERIOR	141
4.8.	ACTUACIÓN FRENTE A LA EMERGENCIA	143
4.9.	RIESGOS LABORALES EN PLANTAS SATÉLITES DE GNL	145
4.9.1.	Fugas en los depósitos	145
4.9.2.	Fugas desde el camión cisterna en la operación de descarga	146
4.9.3.	Fugas desde las líneas de gas	146
4.9.4.	Fugas de odorizante	147
4.9.5.	Incendios desde la cabeza tractora en la operación de descarga	147
4.9.6.	Incendios por fugas en el depósito	147
4.9.7.	Incendios por fugas en líneas de gas	148
4.9.8.	Explosiones durante el proceso de descarga	148
4.9.9.	Explosiones por fuga en el depósito	148
4.10.	SEGURIDAD DURANTE LA DESCARGA	149
4.10.1.	Agentes que intervienen en el transporte y descarga del GNL	149
4.10.2.	Procedimiento operativo para la descarga del GNL	151
4.10.3.	Asistencia a la descarga de cisternas de GNL	168
4.10.4.	Gestión logística	169

4.11.	SEGURIDAD DURANTE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	170
4.11.1.	Propuesta metodológica actuaciones contratistas	170
4.11.2.	Alcance de la propuesta	171
4.11.3.	Bases de la propuesta	172
4.11.4.	Fases de desarrollo	173
4.11.5.	Obligaciones de carácter general	175
4.11.6.	Registros del contratista	177
4.11.7.	Obligaciones del empresario principal con los contratistas	178
4.11.8.	Coordinación de actividades empresariales	178
4.11.9.	Ejemplo de aplicación	179
4.12.	PRINCIPALES INCIDENTES EN PLANTAS DE GNL	188
4.13.	RIESGOS ATEX EN PLANTAS SATÉLITE DE GNL	190
4.13.1.	Real decreto 681/2003	190
4.13.2.	Principios para la prevención de explosión y protección frente a éstas	192
4.13.3.	Evaluación de riesgos de explosión	192
4.13.4.	Áreas en que pueden formarse atmósferas explosivas	193
4.13.5.	Señalización de zonas de riesgo de atmósferas explosivas	195
4.13.6.	Documento de protección contra explosiones (DPCE)	196
4.14.	DAÑOS PERSONALES	197
4.14.1.	Quemaduras por contacto con gas	198
4.14.2.	Asfixias	198
4.15.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	199
4.16.	PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI'S)	200
4.17.	ACCIDENTES	203

5.	ESTUDIOS DE RIESGOS	211
5.1.	INTRODUCCIÓN A LOS ESTUDIOS DE RIESGOS	211
5.2.	SELECCIÓN DEL MÉTODO	212
5.3.	PROPUESTA APLICACIÓN METODOLÓGICA EN PLANTAS SATÉLITES DE GNL	215
5.3.1.	Ejemplo de aplicación	225
5.4.	EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	228
5.4.1.	Evaluación a contratistas	228
5.4.2.	Seguimiento trabajos realizados	233
6.	APORTACIONES AL CONOCIMIENTO	239
7.	CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS	241
	Bibliografía	245
	Apéndice. Fichas técnicas de seguridad	251
	Apéndice. <i>Curriculum Vitae</i> del autor	299

Índice de Figuras

Figura 1. Sistema Gasista	7
Figura 2. Mapa infraestructura de transporte	8
Figura 3. Esquema Transportista	9
Figura 4. Esquema Distribuidor	10
Figura 5. Esquema Comercializadores	11
Figura 6. Esquema Consumidor	12
Figura 7. Cadena del GNL	14
Figura 8. Planta GNL en punto de consumo	15
Figura 9. Camión cisterna en punto consumo	15
Figura 10. Gas natural. La molécula	15
Figura 11. Cisterna	18
Figura 12. Cisterna aislada al vacío	20
Figura 13. Cisterna aislada con poliuretano	20
Figura 14. Planta satélite GNL. Depósitos, vaporización y regulación	25
Figura 15. Planta satélite GNL. Detalle ERM	26
Figura 16. Planta satélite GNL. Vista general cubeto y vallado perimetral	27
Figura 17. Cisterna. Transporte GNL por carretera	28
Figura 18. Carga y pesaje cisterna	28
Figura 19. Operaciones planta satélite GNL	29
Figura 20. Protección mediante cerca metálica	30
Figura 21. Señalización medidas seguridad	31
Figura 22. Señalización riesgo ATEX	32
Figura 23. Puerta de acceso a cubeto	33
Figura 24. Alumbrado	34
Figura 25. Esquema general planta satélite GNL	36

Figura 26. Elementos principales planta satélite GNL	37
Figura 27. Esquema bloques de planta satélite GNL	38
Figura 28. Esquema bloques. Cubeto de protección contra derrames	39
Figura 29. Cubeto de protección contra derrames	40
Figura 30. Vista en planta del cubeto de protección contra derrames	41
Figura 31. Vista en alzado del cubero de protección contra derrames	41
Figura 32. Cubetos adyacentes	42
Figura 33. Cubetos no adyacentes	42
Figura 34. Distancia de paredes de cubeto a depósito	43
Figura 35. Separación entre depósitos	43
Figura 36. Extintor	44
Figura 37. Sistema irrigación	45
Figura 38. Módulo descarga de cisternas	46
Figura 39. Planta instalación descarga	47
Figura 40. Esquema elementos módulo descarga	48
Figura 41. Elementos módulo descarga	49
Figura 42. Bocas de descarga	50
Figura 43. Regasificador de descarga atmosférico	51
Figura 44. Regasificador con agua caliente	51
Figura 45. Depósito de cisterna. Fases gas y líquida	52
Figura 46. Esquema instalación descarga por diferencia de presión	52
Figura 47. Circuito regasificador descarga	53
Figura 48. Detalle válvulas circuito descarga	54
Figura 49. Esquema proceso descarga por diferencia presión	54
Figura 50. Descarga mediante bomba criogénica	55
Figura 51. Paro de emergencia en sistema descarga	56

Figura 52. Válvulas criogénicas	57
Figura 53. Señalización zona de descarga	58
Figura 54. Módulo de almacenaje	59
Figura 55. Planta módulo almacenaje	59
Figura 56. Esquema de módulo de almacenaje	61
Figura 57. Detalle manómetros, niveles y válvulas del módulo de almacenaje	61
Figura 58. Depósito vertical	62
Figura 59. Depósito horizontal	62
Figura 60. Esquema depósito. Aislamiento	62
Figura 61. Placa de identificación	64
Figura 62. Equipo de puesta a presión	65
Figura 63. Esquema zona manómetros y niveles	66
Figura 64. Detalle manómetros y niveles	66
Figura 65. Esquema ubicación válvulas seguridad	67
Figura 66. Detalle válvulas de seguridad	67
Figura 67. Alivio de válvulas de seguridad	69
Figura 68. Módulo de regasificación	69
Figura 69. Planta módulo de regasificación	70
Figura 70. Esquema regasificador	71
Figura 71. Regasificador	71
Figura 72. Detalle equipamiento regasificador	73
Figura 73. Sistema regasificación de agua caliente en cuba	74
Figura 74. Sistema regasificación de agua caliente por haz tubular	74
Figura 75. Detalle válvula seguridad salida regasificador	76
Figura 76. Detalle sistema cierre automático protección sistema	77
Figura 77. Detalle sistema alivio de presión tubería regasificador	78
Figura 78. Módulo de regulación y odorización	79

Figura 79. Planta módulo de regulación y odorización	79
Figura 80. Esquema módulo regulación	80
Figura 81. Módulo regulación	80
Figura 82. Elementos principales instalación regulación	81
Figura 83. Detalle sistema odorización	82
Figura 84. Módulo de control	83
Figura 85. Módulo de control. Parámetros básicos de proceso	84
Figura 86. Panel de control	85
Figura 87. Registros en el panel de control	86
Figura 88. Extintores de polvo seco	88
Figura 89. Detalle colocación extintores de polvo seco	89
Figura 90. Detalle sistema irrigación	89
Figura 91. Envolvente antideflagrante	91
Figura 92. Modelo ficha mantenimiento semestral	99
Figura 93. Manómetro presión depósito	100
Figura 94. Cuadro de control. Presión depósito	100
Figura 95. Nivel de depósito	101
Figura 96. Cuadro de control. Nivel de depósito	101
Figura 97. Termómetros control temperatura circuito agua caliente	102
Figura 98. Termómetro control temperatura agua del regasificador	103
Figura 99. Manómetros para lecturas de presión ERM	103
Figura 100. Cuadro de control. Presión de gas	104
Figura 101. Contador para lectura de caudal de gas en ERM	105
Figura 102. Depósito de odorización	105
Figura 103. Válvula neumática	106
Figura 104. Manómetro y compresores	106
Figura 105. Mangueras de descarga de cisternas	107

Figura 106. Telurómetro para medir resistencia red de tierras	107
Figura 107. Accesibilidad y señalización extintor	108
Figura 108. Fundas y carcasas protección extintores	108
Figura 109. Inspección ocular extintores	109
Figura 110. Detector de gas para comprobación fugas en uniones y válvulas	109
Figura 111. Aparato indicador para comprobación vacío en depósito	110
Figura 112. Detalle filtro de gas	111
Figura 113. Manómetros lectura presión en ERM	111
Figura 114. Lecturas temperaturas gas en ERM	112
Figura 115. Detalle manómetro diferencial del filtro en ERM	112
Figura 116. Detalle válvula para purgado de filtro en ERM	114
Figura 117. Detalle manómetro en caldera	114
Figura 118. Detalle elementos a comprobar en zona de sala de calderas	115
Figura 119. Hidrantes	118
Figura 120. Boca de incendio equipada (BIE)	118
Figura 121. Rociadores para sistemas de extinción automática	119
Figura 122. Pictogramas riesgos sustancias	125
Figura 123. Parte 1 Anexo I RD 840/2015	133
Figura 124. Parte 2 Anexo I RD 840/2015	135
Figura 125. Requerimientos documentación seguridad según capacidad planta satélite GNL	138
Figura 126. Ejemplo directorio comunicación emergencias	144
Figura 127. Ejemplo modelo carta de porte de GNL	153
Figura 128. Ejemplo certificado ADR de la cisterna	154
Figura 129. Lista comprobaciones equipamiento vehículo	155
Figura 130. Equipamiento vehículo	156
Figura 131. Elementos de la cisterna	157

Figura 132. Medios defensa contra incendios	158
Figura 133. Comprobación con explosímetro	158
Figura 134. Toma de tierra del camión	159
Figura 135. Comprobación llenado depósito	159
Figura 136. Puesta a tierra de la cisterna	160
Figura 137. Lista comprobaciones previas a la descarga	161
Figura 138. Lista comprobaciones durante la descarga	162
Figura 139. Conexiones de descarga del camión y de la instalación	162
Figura 140. Manómetros presión cisterna y depósito	163
Figura 141. Detalle válvula by-pass y regasificador de descarga	164
Figura 142. Detalle válvula mixta	165
Figura 143. Modelo tipo formulario precalificación contratistas	180
Figura 144. Modelo tipo clasificación precalificación contratistas	181
Figura 145. Modelo tipo Especificación de Seguridad y Salud	182
Figura 146. Modelo tipo Permiso de Trabajo	183
Figura 147. Requerimientos para contratistas en el centro de trabajo	184
Figura 148. Modelo tipo registro formación	185
Figura 149. Modelo tipo diagrama flujo formación seguridad y salud para contratistas	186
Figura 150. Fuga gas con inflamación	188
Figura 151. Fuga gas	188
Figura 152. Líneas de descarga	189
Figura 153. Línea de regulación y odorización	189
Figura 154. Fuga gas hacia la atmósfera	191
Figura 155. Límites explosividad	191
Figura 156. Principios prevención y protección frente a explosión	192
Figura 157. Señalización zona ATEX	195

Figura 158. Fuga gas. Peligro quemadura por contacto	198
Figura 159. Congelación tubería. Peligro quemadura por contacto	198
Figura 160. Guantes y manoplas de protección	200
Figura 161. Botas seguridad	200
Figura 162. Casco con visera de protección amplia y transparente	200
Figura 163. Ropa de algodón que cubra la totalidad del cuerpo y extremidades	201
Figura 164. Mantas ignífugas	201
Figura 165. Equipo de respiración	202
Figura 166. Accidente en planta de GNL	203
Figura 167. Accidente planta regasificación Cleveland, Ohio	204
Figura 168. Fuwairit. Puerto de Barcelona. Junio 2015	207
Figura 169. Accidente con vehículos. Cisterna GNL. Zarzalico, Lorca (Murcia). 2011	208
Figura 170. Accidente con vehículos. Cisterna GNL. Tivissa. Junio 2002	208
Figura 171. Esquema etapas elaboración estudios de riesgos según UNE-EN 31010	211
Figura 172. Técnicas y su aplicabilidad según norma UNE-EN 31010	212
Figura 173. Modelo formato acta sesión	223
Figura 174. Modelo formato registro resultados sesión	223
Figura 175. Modelo formato ficha registro acciones	224
Figura 176. Módulo descarga de cisternas, según esquema bloques Planta satélite GNL	225
Figura 177. Diagrama módulo de descarga	226

Índice de Tablas

Tabla 1. Masa específica del metano	22
Tabla 2. Categorías plantas GNL según capacidad geométrica. UNE 60210:2015	35
Tabla 3. Distancias seguridad según UNE 60210:2015	35
Tabla 4. Capacidad depósito odorización según consumo anual	83
Tabla 5. Personal acreditado para realización pruebas	94
Tabla 6. Operaciones a realizar de mantenimiento equipos de protección contra incendios	120
Tabla 7. Accidentes con cisternas de gas natural en España	209
Tabla 8. Extracto métodos estudio riesgos según NFPA 59 A y UNE EN 1473	213
Tabla 9. Variables de proceso a considerar en cada Nodo	218
Tabla 10. Palabras guía	220
Tabla 11. Compatibilidad Palabras guía / variables proceso	221
Tabla 12. Modelo desviaciones y causas en variable de proceso “Confinamiento”	222
Tabla 13. Resultados ejemplo aplicación método HAZOP a planta satélite GNL	227
Tabla 14. Fases de la etapa de ejecución de la evaluación	230
Tabla 15. Grupos y criterios para la evaluación	232
Tabla 16. Propuesta puntuaciones para la evaluación	232

Capítulo 1

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

La industria del gas natural en España es un sector consolidado con una amplia experiencia que se traduce en un diseño y operación que busca conseguir elevados estándares de seguridad. El gas natural empezó a introducirse en España a finales de la década de los 60 y en noviembre de 1970 se puso en servicio la primera planta satélite de Gas Natural Licuado (GNL), existiendo en la actualidad más de 900 plantas satélites de GNL que dan suministro a distintos puntos de consumo que no tienen conexión con las redes de gas canalizado.

Al comienzo de la utilización de gas natural, las tecnologías para el transporte de gases licuados ya estaban implantadas: los productos químicos como el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno se transportan fácilmente en fase líquida por la red de carreteras o ferrocarriles, y esta forma de transporte también se aplica al gas natural. Las plantas satélites surgen por la necesidad de realizar el suministro de gas natural a poblaciones o grandes consumidores fuera del alcance de la red de gasoductos, y donde por el consumo la inversión necesaria para llegar con una red de distribución a estos puntos tendría baja rentabilidad.

La conversión de gas natural a GNL facilita que se pueda transportar sin importar las distancias que existan entre consumidores y productores. El gas natural se utiliza en los hogares, en las instituciones públicas, en la agricultura y en la industria para cocinar, calentar, y generar electricidad. El gas natural es importante, no sólo como una fuente de energía limpia, sino también como la fuente de materia prima para la producción de plásticos, fibras, fertilizantes y muchos otros productos.

El GNL es un gas combustible compuesto aproximadamente en un 95% a 97% de metano (gas natural) en forma líquida, y el resto consiste en otros hidrocarburos, como etano y propano, nitrógeno u otros componentes que se encuentran normalmente en el gas natural (UNE-EN ISO 16903 [1]), que ha sido procesado para ser transportado y almacenado en forma líquida a presión atmosférica y a -160°C .

Una planta satélite es el conjunto de instalaciones de almacenamiento de GNL con capacidad de almacenamiento geométrica conjunta de hasta 1.000 metros cúbicos y presión máxima de operación superior a 1 bar, regasificación y regulación destinadas al suministro directo de gas natural a redes de distribución o instalaciones receptoras, y en las que el abastecimiento se efectúa mediante la descarga de cisternas que por vía terrestre transportan el GNL desde una planta de almacenamiento de mayor entidad. El diseño, construcción y montaje de las plantas satélite de GNL, así como la clasificación según su capacidad geométrica, se realizarán de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 60210 [2].

Hay que destacar que las operaciones que se realizan en las plantas de gas natural licuado tienen asociado un riesgo intrínseco al carácter extremadamente inflamable del producto, de forma que una fuga o derrame puede producir una nube inflamable o un incendio. La seguridad en la industria de GNL se logra contemplando los niveles de seguridad necesarios para mantener el gas natural y el GNL confinados, para evitar la inflamación

en caso de fuga o derrame y para disponer de los medios de extinción de incendios adecuados en caso de que finalmente no se pueda evitar la inflamación. De esta forma se proporciona la protección adecuada, tanto en relación con la seguridad de los trabajadores de la industria de GNL como la seguridad del personal ajeno a las instalaciones.

Mantener el gas natural y el GNL confinados es fundamental y el principal requisito a tener en cuenta en los aspectos de diseño relacionados con a la seguridad de las plantas. Para conseguirlo es imperativo el empleo de materiales adecuados para trabajar con GNL, realizar un diseño de ingeniería óptimo para la construcción de los elementos de la planta, y garantizar el compromiso con el cumplimiento de la normativa y aplicación de ésta a la operación y mantenimiento. Los sistemas de seguridad también prevén que cuando ocurran derrames en una planta satélite de GNL, éstos podrán contenerse y aislarse totalmente del exterior. También contemplan los medios de extinción adecuados para utilizar en caso necesario. El propósito es reducir al mínimo el número y volumen de fugas de gas o derrames y así prevenir las consecuencias y daños que puedan ocasionar.

En consecuencia, la realización de estudios de riesgos será esencial para aumentar los niveles de seguridad en las plantas satélites de GNL. Respecto a esta cuestión se propone la metodología que se considera más eficaz de entre todas las herramientas de análisis disponibles y se abren futuras líneas de investigación para desarrollarla en profundidad.

Adicionalmente, los trabajadores de las empresas contratistas pueden estar expuestos tanto a los riesgos que se derivan de sus propias actividades como de las de la planta de GNL, o de otras empresas concurrentes. Por ello también es importante regular las actuaciones de operación y mantenimiento de la planta, y realizar evaluaciones y seguimiento de las actividades.

1.1. OBJETIVOS

El objetivo de la presente tesis es proporcionar información específica de todos los aspectos relacionados con la seguridad en las plantas satélites de GNL, investigar los distintos métodos de análisis de riesgos y proponer la metodología que se considere más apropiada para optimizar la seguridad de este tipo de instalaciones.

El funcionamiento de una planta satélite de GNL tiene operaciones complejas debido a los riesgos existentes y requiere un análisis pormenorizado en materia de seguridad y protección. En la práctica no hay metodologías específicas para plantas satélites sino que se aplican las medidas de seguridad derivadas de la experiencia o que se extrapolan de los procedimientos empleados en las grandes plantas regasificadoras.

Debido a la existencia de estos riesgos se plantea realizar esta tesis para, a través del estudio de los diferentes sistemas de seguridad, conseguir el objetivo de resaltar la importancia de la seguridad en las plantas y la necesidad de realizar los adecuados estudios y análisis de riesgos para conseguir instalaciones cada vez más seguras.

1.2. ALCANCE Y LÍMITES DE INVESTIGACIÓN

Para conseguir los objetivos mencionados, se analizan y estudian las características tanto del producto como de las plantas satélites. De esta forma, revisando los sistemas de seguridad que se encuentran en las plantas satélites de GNL se pretende elaborar un documento que incluya los distintos aspectos de este producto partiendo desde un punto común, la seguridad.

En el presente trabajo se presenta la forma de conseguir una adecuada seguridad y protección en las plantas satélites de GNL, partiendo de:

- Información relacionada con las características del gas natural licuado, las plantas satélites de GNL, su funcionamiento y componentes principales, así como los aspectos relacionados con la seguridad de las instalaciones y los riesgos en la fase de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de las instalaciones.
- También se realiza una recopilación de la legislación y documentación aplicable, en base a la cual se presenta una clasificación de las plantas satélites de GNL en función de su capacidad de almacenamiento y los requerimientos en cuanto a planes de autoprotección y emergencia, así como actuaciones en caso de emergencia, los riesgos laborales y medidas de seguridad a adoptar.
- Información de los estudios de riesgos, repasando la normativa aplicable y realizando una investigación de los métodos de análisis de riesgos y procedimientos existentes que aplican a este tipo de instalaciones, y se propone una guía metodológica que optimice la seguridad en las plantas satélites de GNL, seleccionando para ello un método de referencia entre las herramientas disponibles.
- Se apoya la validez del método aplicándolo a un proceso específico, registrando los resultados que permiten especificar las conclusiones, justificando y verificando debidamente el método seleccionado.
- La metodología propuesta para realizar evaluaciones de seguridad y salud, y su posterior seguimiento, permitirá desarrollar un procedimiento para todos los contratistas que desarrollen cualquier tipo de actividad o servicio en el recinto de la planta de GNL.

Como resultado se concluye que, aunque el GNL ha sido utilizado y puede seguirse utilizando con seguridad en las plantas satélite, el empleo de métodos de análisis de riesgos específicos para las plantas satélites permitirá optimizar la seguridad en estas instalaciones. Y para mantener los niveles de seguridad requeridos se hace imprescindible realizar una buena identificación y análisis de riesgos seleccionando las técnicas más adecuadas para ello, lo que también requerirá de posteriores desarrollos en profundidad de éstas y abre futuras líneas de investigación para la aplicación de los métodos más apropiados a cada uno de los procesos de este tipo de instalaciones. Como complemento, la realización de evaluaciones de seguridad y salud a los contratistas permitirá implementar prácticas de trabajo seguras y desarrollar acciones de mejora continua.

Capítulo 2

Estado del Arte. Sistema Gasista y GNL

2. SISTEMA GASISTA Y GNL

2.1. SISTEMA GASISTA

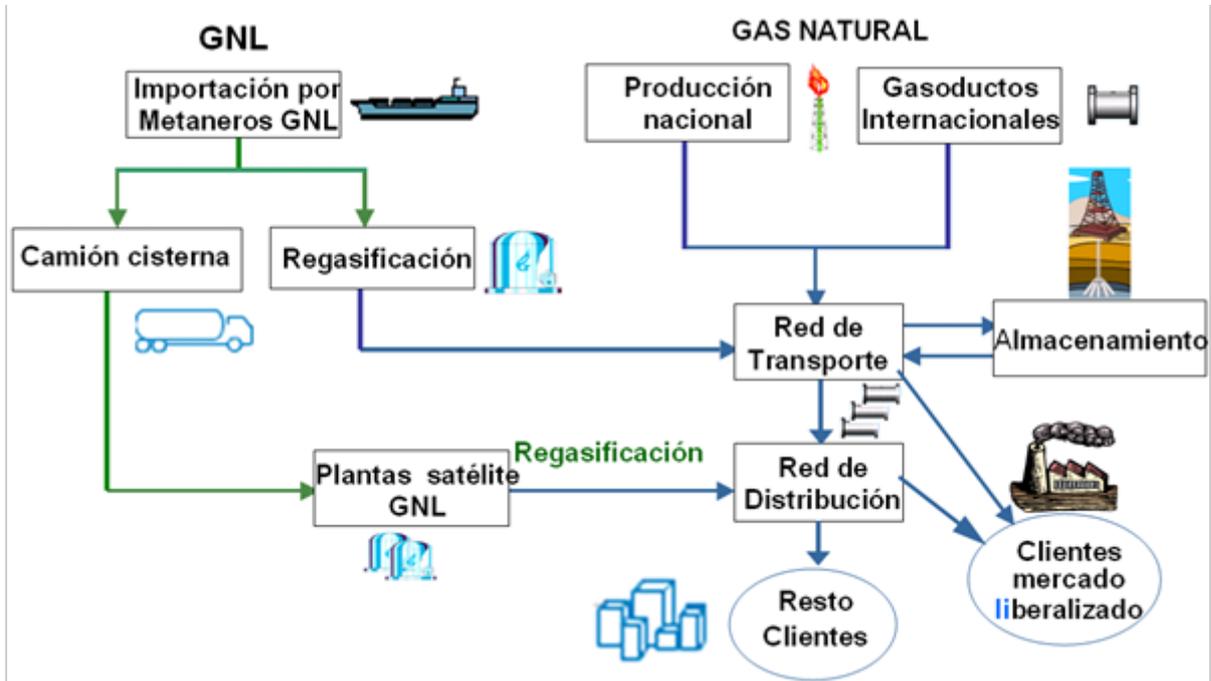


Figura 1. Sistema Gasista

(fuente “Informe Enagás 2019: El Sistema gasista español” [3])

El sistema gasista comprenderá las siguientes instalaciones:

- Las incluidas en la red básica.
- Las redes de transporte secundario.
- Las redes de distribución.
- Los almacenamientos no básicos.
- Instalaciones complementarias.

La red básica de gas natural estará integrada por:

- Los gasoductos de transporte primario de gas natural a alta presión. Se considerarán como tales aquellos cuya presión máxima de diseño sea igual o superior a 60 bares.
- Las plantas de regasificación de gas natural licuado que puedan abastecer el sistema gasista y las plantas de licuefacción de gas natural.
- Los almacenamientos básicos de gas natural, que puedan abastecer el sistema gasista.

- Las conexiones de la red básica con yacimientos de gas natural en el interior o con almacenamientos.
- Las conexiones internacionales del sistema gasista español con otros sistemas o con yacimientos en el exterior.



Figura 2. Mapa infraestructura de transporte (fuente “Informe Enagás 2019: El Sistema gasista español” [3])

Los agentes que integran el sistema gasista y se desarrollan a continuación son:

- Transportistas.
- Gestor Técnico del Sistema.
- Distribuidores.
- Comercializadores.
- Consumidores finales.

2.1.1. Transportistas

Sociedades mercantiles autorizadas para la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de regasificación de gas natural licuado, de transporte o de almacenamiento básico de gas natural.

Es responsable del desarrollo y ampliación de la red troncal de transporte en el sector gasista, de tal manera que garantiza el mantenimiento y mejora de una red configurada bajo criterios homogéneos y coherentes.

Deberán permitir la utilización de sus instalaciones por parte de:

- Distribuidores.
- Otros transportistas.
- Consumidores Directos en Mercado.
- Los comercializadores.

El precio por el uso de las redes de transporte vendrá determinado por los peajes reglamentariamente aprobados.

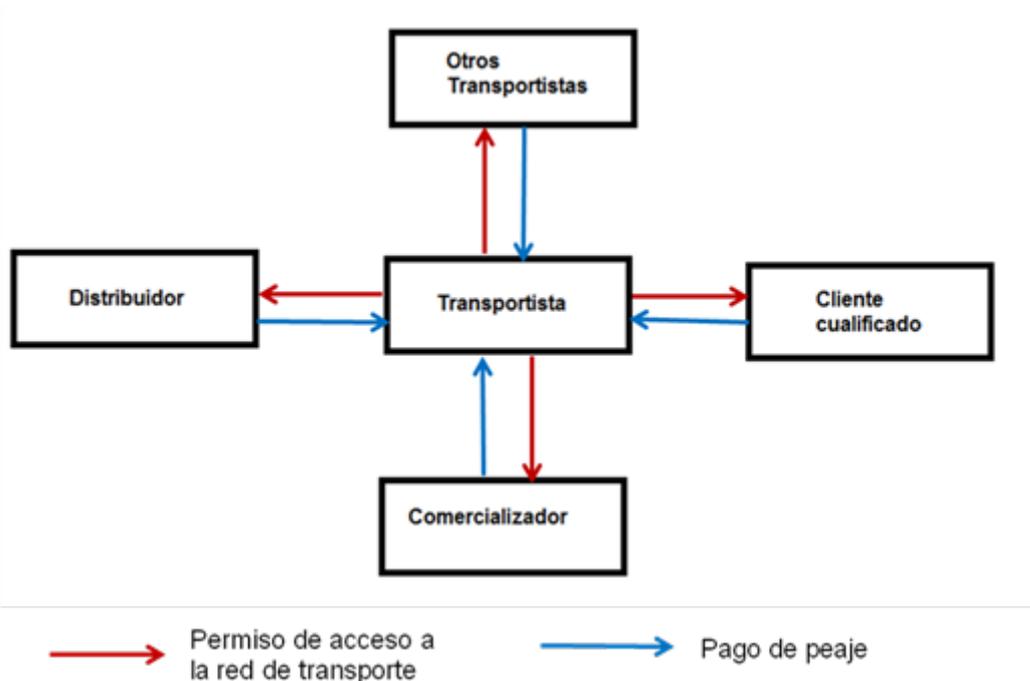


Figura 3. Esquema Transportista
(fuente: elaboración propia)

2.1.2. Gestor Técnico del Sistema.

El Gestor Técnico del Sistema, será responsable de la operación y de la gestión técnica de la Red Básica y de transporte secundario, y garantizará la continuidad y seguridad del suministro de gas natural y la correcta coordinación entre los puntos de acceso, los almacenamientos, el transporte y la distribución.

El Gestor del Sistema ejercerá sus funciones en coordinación con los distintos sujetos que operan o hacen uso del sistema gasista bajo los principios de transparencia, objetividad e independencia.

En España el Gestor Técnico del Sistema es ENAGAS.

2.1.3. Distribuidores.

Sociedades mercantiles autorizadas para la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de distribución destinadas a situar el gas en los puntos de consumo.

Los distribuidores también podrán construir, mantener y operar instalaciones de la red de transporte secundario, debiendo llevar en su contabilidad interna cuentas separadas de ambas actividades.

Deberán permitir la utilización de sus instalaciones a:

- Consumidores Directos en Mercado.
- Comercializadores.

El precio por el uso de redes de distribución vendrá determinado por los peajes administrativamente aprobados.

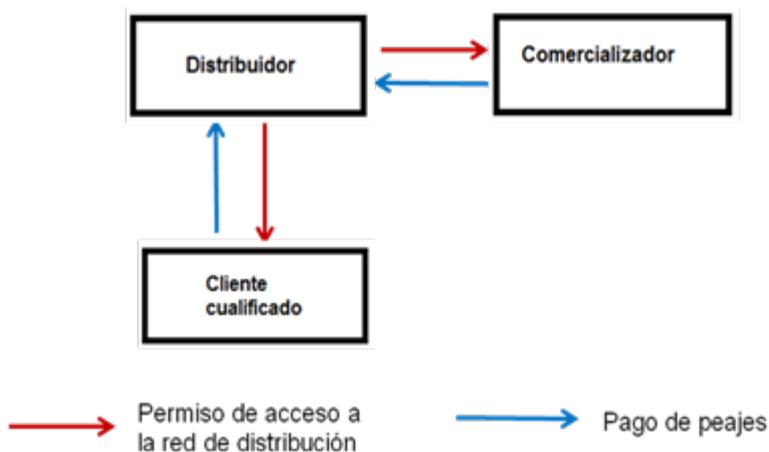


Figura 4. Esquema Distribuidor
(fuente: elaboración propia)

2.1.4. Comercializadores.

Sociedades mercantiles que:

- Acceden a las instalaciones de terceros.
- Adquieren el gas natural para su venta a:
 - Los consumidores.
 - Otros comercializadores.
 - Para realizar tránsitos internacionales.

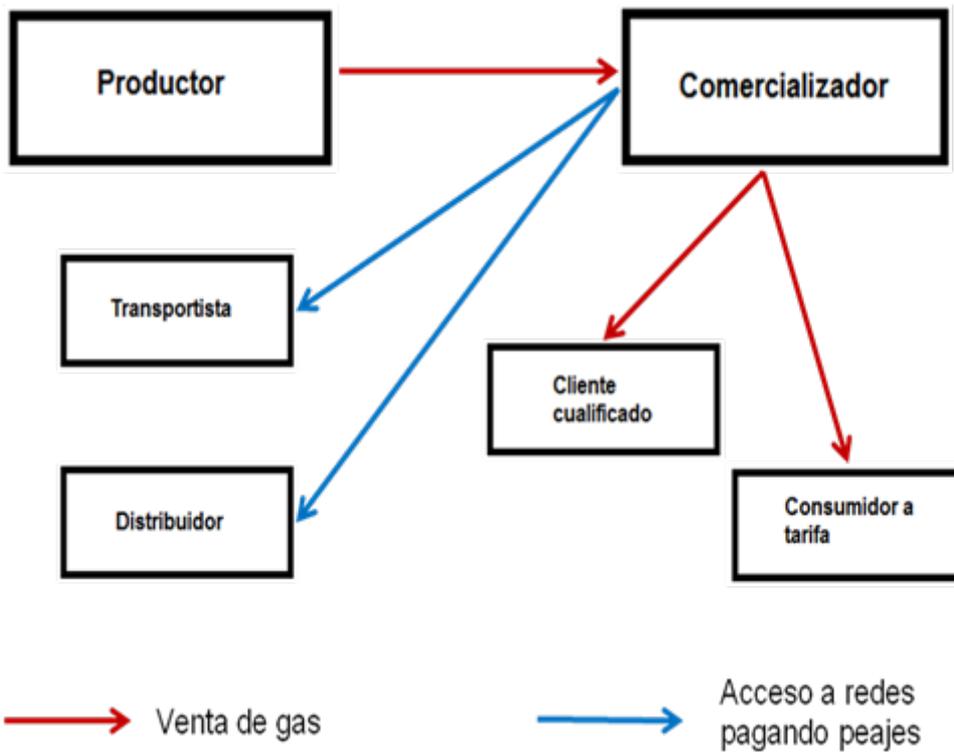


Figura 5. Esquema Comercializadores
(Fuente: elaboración propia)

2.1.5. Los consumidores finales.

Adquieren gas para su propio consumo y tendrán derecho a elegir suministrador. En el caso de que accedan directamente a las instalaciones de terceros se denominarán Consumidores Directos en Mercado.

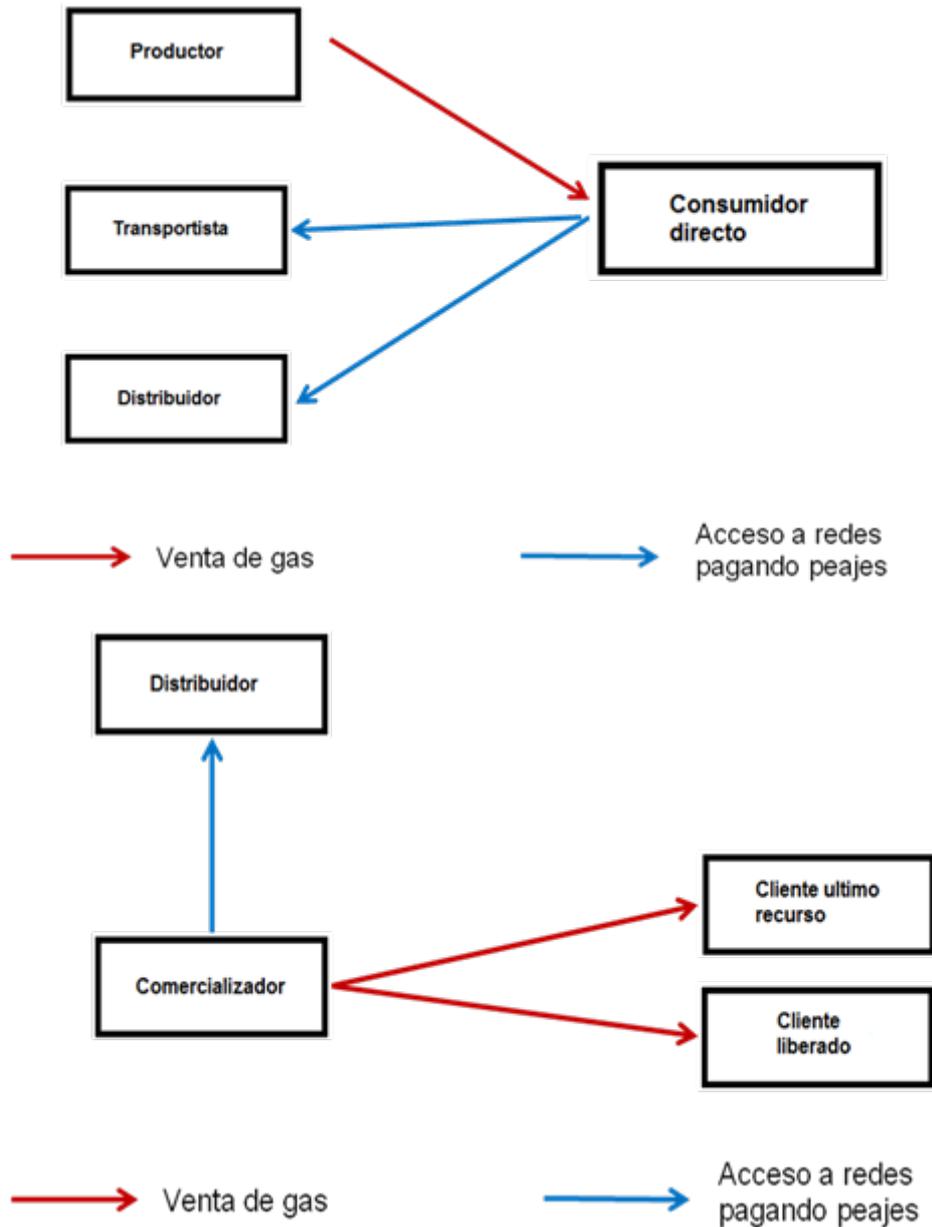


Figura 6. Esquema Consumidor
(fuente: elaboración propia)

2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GASISTA

La regasificación, el almacenamiento básico, el transporte, y la distribución tienen carácter de actividades reguladas, cuyo régimen económico y de funcionamiento se ajustará a lo previsto en la Ley.

Sin perjuicio de lo establecido para los suministradores de último recurso, la actividad de comercialización se desarrollará en régimen de libre competencia, y su régimen económico vendrá determinado por las condiciones que se pacten entre las partes.

Se garantiza el acceso de terceros a las instalaciones de la red básica y a las instalaciones de transporte y distribución en las condiciones técnicas y económicas establecidas en la Ley. El precio por el uso de estas instalaciones vendrá determinado por el peaje aprobado por el Ministerio competente en la materia.

Salvo pacto expreso en contrario, la transmisión de la propiedad del gas se entenderá producida en el momento en que el mismo tenga entrada en las instalaciones del comprador.

Las actividades para el suministro de gas natural que se desarrollen en los territorios insulares y extra-peninsulares serán objeto de una regulación reglamentaria singular, previo acuerdo con las Comunidades y Ciudades Autónomas afectadas y atenderá a las especificidades derivadas de su situación territorial.

2.3. INCORPORACIÓN DEL GAS NATURAL AL SISTEMA

Podrán incorporar gas natural en el sistema:

- Los comercializadores.
- Los Consumidores Directos en Mercado.
- Los transportistas para:
 - Obtener en nivel mínimo de llenado de:
 - Tanques de GNL.
 - Gasoductos de transporte.
 - Almacenamientos.
 - Redes de distribución.
 - Las funciones reglamentarias que no tenga como finalidad el suministro.
- El Gestor Técnico del Sistema para:
 - Las funciones reglamentarias que no tenga como finalidad el suministro.

Los sujetos autorizados para adquirir gas natural tendrán derecho de acceso a las instalaciones de regasificación, almacenamiento, transporte y distribución en los términos que reglamentariamente se establezcan.

En el caso del acceso a instalaciones de regasificación, almacenamiento básico, transporte y distribución el acceso será regulado.

2.4. CADENA DEL GNL

El gas natural es transportado por una red interconectada con el fin de suministrar a los distribuidores o, en su caso, a los consumidores finales, así como para atender los intercambios internacionales.

Este gas natural puede provenir de los yacimientos:

- A través de las conexiones de gasoductos internacionales.
- Por barcos metaneros a través de terminales de regasificación.

Para que se produzca el transporte en forma de GNL es necesaria la cadena representada en la figura 7:

- Planta de tratamiento y licuación de gas natural.
- Transporte de GNL en barcos metaneros.
- Terminal de recepción, almacenamiento y regasificación.

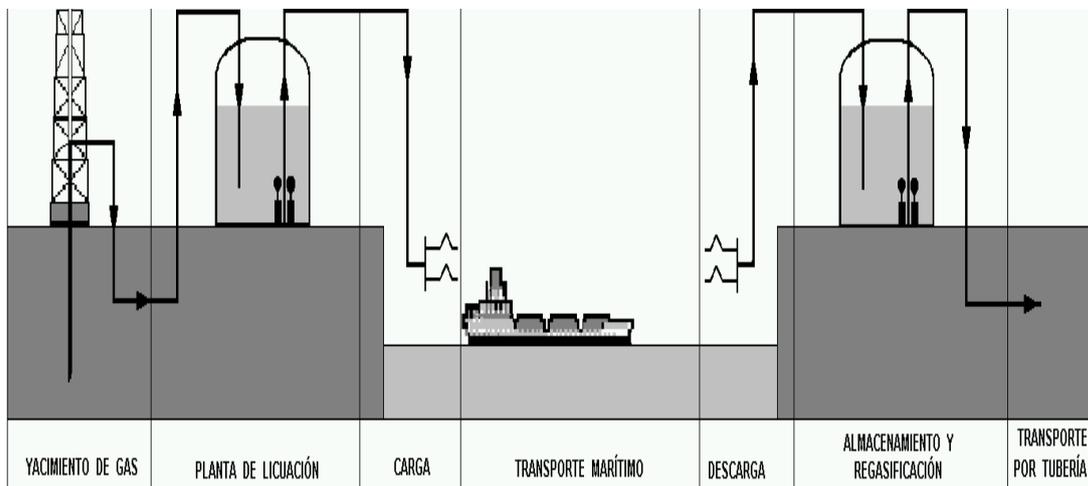


Figura 7. Cadena del GNL.
(fuente: archivo)

Como alternativa a la regasificación en la terminal, queda como opción el transporte de GNL mediante camiones cisterna criogénica hasta una pequeña planta de almacenamiento próxima a los puntos de consumo (figuras 8 y 9). En esta planta tiene lugar un proceso similar al de la terminal.



Figura 8. Planta GNL en punto de consumo (fuente: archivo) Figura 9. Camión cisterna en punto de consumo (fuente: archivo)

2.5. CARACTERÍSTICAS DEL GNL (según UNE-EN ISO 16903) [1].

En la figura 10 se representa la molécula del metano (CH_4), que es el principal componente del gas natural, aunque contiene también otros hidrocarburos ligeros como el etano (C_2H_6), el propano (C_3H_8), el butano (C_4H_{10}) o el pentano (C_5H_{12}) en mucha menor proporción. Habitualmente, se encuentra en una proporción del 85%, mezclado con un 10% de etano, un 3% de propano, un 0,1% de butano y un 0,7% de nitrógeno.

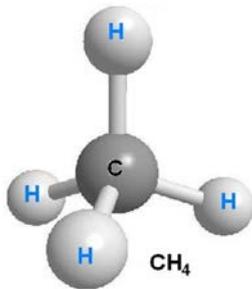


Figura 10. Gas natural. La molécula (fuente: archivo)

El GNL es gas natural en estado líquido. Para mantenerlo líquido a presiones relativamente bajas, su temperatura debe ser del orden de los -160 a -140 °C bajo cero, en función de la mezcla de gases (metano, etano, N_2 , etc.), del gas natural de que se trate y de la presión de servicio.

La relación volumétrica del GN respecto del GNL es de 580/600 aproximadamente. De la regasificación de cada m³ de GNL, se obtienen aproximadamente 580-600 Nm³ de gas natural.

Los riesgos potenciales ligados a la manipulación del GNL son debidos especialmente a:

- El gas natural es inflamable. En condiciones ambientales es inflamable cuando el contenido de gas natural está comprendido aproximadamente entre el 5% y el 15% en volumen.
- El GNL es sumamente frío. A la presión atmosférica el punto de ebullición se sitúa alrededor de los -160°C. Siendo, a esta temperatura, el vapor más denso que el aire ambiente.
- Cantidades pequeñas de líquido se convierten en volúmenes grandes de gas. Un volumen de GNL produce aproximadamente 600 volúmenes de gas.

En la industria del GNL deben utilizarse materiales que sean resistentes a la rotura frágil cuando se someten a temperaturas muy bajas.

La baja temperatura del GNL puede provocar efectos nocivos en las partes expuestas del cuerpo en una persona.

Evaporación del GNL.

El GNL se almacena al por mayor en forma de líquido a ebullición en grandes depósitos aislados térmicamente, cualquier entrada de calor en el depósito provoca la evaporación en forma de gas de una parte del líquido. Este gas se conoce como gas de evaporación. La composición del gas de evaporación dependerá de la composición del líquido. Como ejemplo general, el gas de evaporación puede contener un 20% de nitrógeno, un 80% de metano y trazas de etano. El contenido de nitrógeno del gas de evaporación puede ser unas 20 veces el del GNL.

A medida que el GNL se evapora, el nitrógeno y el metano son los primeros en desprenderse dejando un líquido con una proporción mayor de los hidrocarburos pesados.

Los gases de evaporación cuyas temperaturas sean inferior es a aproximadamente -113 ° C, para el metano puro, y a -85 ° C para el metano con un 20% de nitrógeno son más pesados que el aire ambiente. En condiciones normales, la densidad de estos gases de evaporación será aproximadamente 0,6 veces la del aire.

Flash.

Como en cualquier fluido, si la presión del GNL presurizado desciende por debajo de su presión de ebullición, por ejemplo, al atravesar una válvula, una parte del líquido se evaporará y la temperatura del líquido caerá a su nuevo punto de ebullición para esa presión. Esto se conoce como flash.

Derrames.

Cuando se derrama GNL en el suelo (por causas accidentales), hay un período inicial de ebullición intensa, tras el cual la velocidad de evaporación disminuye rápidamente hasta un valor constante determinado por las características térmicas del suelo y el calor absorbido del aire circundante.

Esta velocidad puede reducirse substancialmente mediante el uso de superficies aisladas térmicamente cuando sea probable.

Pequeñas cantidades de líquido pueden convertirse en grandes volúmenes de gas cuando se produce un derrame. Un volumen de líquido producirá aproximadamente 600 volúmenes de gas en condiciones ambientales.

Cuando se produce un derrame sobre agua, la convección en el agua es tan intensa que la velocidad de evaporación por unidad de superficie permanece constante. El tamaño de la capa de GNL derramado aumentará hasta que la cantidad de gas que se evapora sea igual a la cantidad de gas líquido producido por la fuga.

Expansión y dispersión de nubes de gas.

Inicialmente, el gas producido por evaporación está aproximadamente a la misma temperatura que el GNL y es más denso que el aire ambiente. Este gas fluirá inicialmente en una capa sobre el suelo hasta que se caliente absorbiendo calor de la atmósfera.

Cuando la temperatura se haya elevado hasta unos -113°C para el metano puro o unos -80°C para el GNL (dependiendo de su composición), el gas será menos denso que el aire ambiente, no obstante, la mezcla de gas y aire se elevará solamente cuando su temperatura haya aumentado de tal modo que toda la mezcla sea menos densa que el aire ambiente.

Después de un derrame, se forman nubes de "niebla" por condensación del vapor de agua en la atmósfera, cuando puede verse la niebla (de día y sin niebla natural), la niebla visible es un indicador útil del desplazamiento del gas evaporado y la nube dará una indicación conservadora del grado de inflamabilidad de la mezcla de gas y aire.

En el caso de fugas en recipientes a presión o en tuberías, el GNL se proyectará como un chorro de vapor a la atmósfera con expansión y vaporización simultáneas, Este proceso coincide con una mezcla íntima con el aire. Una gran parte del GNL estará contenida en la nube de gas inicialmente en forma de aerosol Este GNL se evaporará eventualmente mezclándose más con el aire.

2.6. TRANSPORTE TERRESTRE DE GNL

Se utilizan cisternas como las de la figura 11 de hasta 56,5 m³, con capacidad útil de carga de 48 m³ de GNL (28.000 Nm³ de GN aprox.).

Sistemas de transporte:

- **Modalidad punto a punto**, descargas totales en destino de la carga transportada, la descarga se efectúa por diferencia de presiones entre la cisterna de llegada y el depósito a llenar. Este sistema imposibilita prácticamente las descargas parciales de GNL a varias plantas en un mismo recorrido de una cisterna.
- **Descargas parciales** iniciado en 2004 utilizando con cisternas de doble pared y aislamiento al vacío, equipadas con bombas criogénicas de descarga, de un modo análogo a las habituales descargas de gases técnicos, por ejemplo Oxígeno para hospitales, etc.

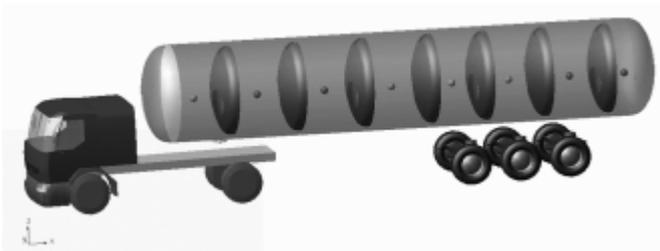


Figura 11. Cisterna
(fuente: archivo)

La compra del GNL se efectúa a través de una Cía. Comercializadora que efectúa su entrega contractual del GNL al cliente final.

El transporte es efectuado por empresas transportistas especializadas por cuenta de cualquiera de los agentes que intervienen en el proceso.

La limitación de la capacidad de las plantas satélite de GNL viene limitada por el suministro a través de cisternas, se considera que suministros superiores a 6/8 cisternas/día, equivalentes a 12/16 horas de descarga/día, presentan dificultades de organización en planta y de logística en general.

2.6.1. Ámbito regulatorio en el transporte de GNL

Las normas y leyes que afectan a los transportistas y al transporte del GNL son:

- **Ley sobre Tráfico.** Circulación de vehículos a motor y seguridad vial [4].
Establece una regulación legal en materia de tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial.
- **Real Decreto 551/2006** [5], por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español
- **Acuerdo Europeo sobre el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR)** [6].
Se aplica no solo en el diseño y la fabricación de las cisternas, sino también en las revisiones periódicas, así como a la capacitación de los conductores y la gestión de la seguridad por parte de la empresa transportista.
- Adicionalmente existen **requerimientos técnicos específicos del cargador.**

2.6.2. Tipos de cisternas

Las cisternas para el transporte de GNL son cisternas aisladas térmicamente para poder contener el líquido en su interior (- 160°C) el tiempo suficiente para poder realizar las operaciones de suministro.

Todos los materiales en contacto con el líquido criogénico deberán ser materiales de alta resistencia, materiales que no fragilizan por baja temperatura (acero inoxidable, bronce, aluminio, etc.).

- **Cisterna aislada al vacío.**

Como las de la figura 12. Se utilizan para distribución de GNL realizando descargas parciales y equipadas con bombas criogénicas para la descarga.

Constituidas por dos depósitos. Un depósito interior en acero inoxidable (baja temperatura) y un depósito exterior en acero al carbono (hierro) a temperatura ambiente.

El aislamiento térmico se consigue mediante un material aislante y un alto grado de vacío entre ambos depósitos.



Figura 12. Cisterna aislada al vacío
(fuente: archivo)

- **Cisterna aislada con poliuretano.**

Como las de la figura 13. Se utilizan para transporte con descargas totales, modalidad punto a punto. Efectuándose la descarga por diferencia de presión entre la cisterna y el depósito.

Está constituida por un único depósito en acero inoxidable (baja temperatura) alrededor del cual se le hace un forro de espuma de poliuretano.

Exteriormente se acaban con una chapa de aluminio lacado.

La transferencia térmica en este tipo de cisternas es del orden de 10 veces superior que en las unidades de vacío.



Figura 13. Cisterna aislada con poliuretano
(fuente: archivo)

2.6.3. Determinación de la carga máxima

La carga máxima de la cisterna se determinará en función de:

- El peso máximo autorizado (40 t).
- El grado máximo de llenado (85%).

Utilizándose el más restrictivo de los dos

Según ADR [6], se debe garantizar el 95% de llenado máximo de GNL en la cisterna en el momento de disparar las válvulas de seguridad, generalmente taradas a 7 bar.

El ADR indica que en el momento de disparo de las válvulas de seguridad de una cisterna de GNL todavía debe existir en el interior de la cisterna un 5% de su volumen que sea fase de gas.

Dado que el GNL durante su carga en la Planta de origen y en su transporte hasta la Planta Satélite de destino se habrá calentado y por lo tanto dilatado, el margen de seguridad que se establece, dependiendo de la masa específica del metano a bajas temperaturas y presiones de saturación que se indica en la tabla adjunta, es que la carga máxima en origen sea del 85% del volumen de la cisterna en fase líquida.

En la Tabla 1 se relaciona la masa específica del metano a bajas temperaturas y presiones de saturación:

T* (K)	T* (°C)	Ps (bar abs)	d (kg/litro líquido)
90,680	-182,47	0,11719	0,45123
92	-181	0,1385	0,44952
94	-179	0,1767	0,44691
96	-177	0,2231	0,44426
98	-175	0,2787	0,44159
100	-173	0,3448	0,43901
102	-171	0,4229	0,43615
104	-169	0,5143	0,43338
106	-167	0,6206	0,43059
108	-165	0,7432	0,42776
110	-163	0,8839	0,42489
111,631	-161,52	1,0132	0,42253
112	-161	1,0444	0,42200
114	-159	1,2263	0,41906
116	-157	1,4316	0,41610
118	-155	1,6619	0,41310
120	-153	1,9193	0,41004
122	-151	2,2057	0,40697
124	-149	2,5230	0,40385

90,680	-182,47	0,11719	0,45123
92	-181	0,1385	0,44952
94	-179	0,1767	0,44691
96	-177	0,2231	0,44426
98	-175	0,2787	0,44159
100	-173	0,3448	0,43901
102	-171	0,4229	0,43615
104	-169	0,5143	0,43338
106	-167	0,6206	0,43059
108	-165	0,7432	0,42776
110	-163	0,8839	0,42489
111,631	-161,52	1,0132	0,42253
112	-161	1,0444	0,42200
114	-159	1,2263	0,41906
116	-157	1,4316	0,41610
118	-155	1,6619	0,41310
120	-153	1,9193	0,41004
122	-151	2,2057	0,40697
124	-149	2,5230	0,40385
126	-147	2,8732	0,40068
128	-145	3,2583	0,39748
130	-143	3,6804	0,39423
132	-141	4,1416	0,39093
134	-139	4,6439	0,38757
136	-137	5,1895	0,38416
138	-135	5,7805	0,38069
140	-133	6,4191	0,37715
142	-131	7,1075	0,37354
144	-129	7,8478	0,36985
146	-127	8,6423	0,36609
148	-125	9,4933	0,36222
150	-123	10,403	0,35826
152	-121	11,374	0,35420
154	-119	12,408	0,35001
156	-117	13,508	0,34569
158	-115	14,677	0,34123

Tabla 1. Masa específica del metano
(fuente: UNE-EN ISO 16903 [1])

Ejemplo

Supongamos que la cisterna de volumen geométrico V parte de la planta de carga a 0,9 bar efectivos, equivalente a $1,013 + 0,9 = 1,913$ bar absolutos

De la tabla se obtiene que, supuesto que el GNL sea metano puro, la densidad (masa específica) del GNL a su salida de planta es de 0,41 Kg/litro.

T° (K)	T° (°C)	Ps (bar abs)	d (kg/litro liquido)
90,680	-182,47	0,11719	0,45123
92	-181	0,1385	0,44952
94	-179	0,1767	0,44691
96	-177	0,2231	0,44426
98	-175	0,2787	0,44159
100	-173	0,3448	0,43901
102	-171	0,4229	0,43615
104	-169	0,5143	0,43338
106	-167	0,6206	0,43059
108	-165	0,7432	0,42776
110	-163	0,8839	0,42489
111,631	-161,52	1,0132	0,42253
112	-161	1,0444	0,42200
114	-159	1,2263	0,41906
116	-157	1,4316	0,41610
118	-155	1,6619	0,41310
120	-153	1,9193	0,41004
122	-151	2,2057	0,40697
124	-149	2,5230	0,40385

Si la cisterna se para y la presión alcanza los 7 bar efectivos y abre su válvula de seguridad, la presión absoluta en la cisterna es de $1,013 + 7 = 8,013$.

De la tabla se obtiene que la densidad es de 0,368 Kg/litro

130	-143	3,6804	0,39423
132	-141	4,1416	0,39093
134	-139	4,6439	0,38757
136	-137	5,1895	0,38416
138	-135	5,7805	0,38069
140	-133	6,4191	0,37715
142	-131	7,1075	0,37354
144	-129	7,8478	0,36985
146	-127	8,6423	0,36609
148	-125	9,4933	0,36222
150	-123	10,403	0,35826
152	-121	11,374	0,35420
154	-119	12,408	0,35001
156	-117	13,508	0,34569
158	-115	14,677	0,34123

El GNL ha sufrido pues una dilatación volumétrica de $0,41/0,368 = 1,114$, es decir, un 11,4% respecto al volumen de salida.

Si el de salida es de $V \times 0,85$, el final es de $1,114 \times 0,85 \times V = 0,947 \times V$, es decir inferior al 95% de V , que es lo que quiere ADR

Capítulo 3

Plantas de GNL

3. PLANTAS DE GNL.

3.1. INTRODUCCIÓN. FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GNL.



Figura 14. Planta satélite GNL. Depósitos, vaporización y regulación
(fuente: archivo)

La composición de las plantas satélites de GNL no es diferente de la estructura de las instalaciones de almacenamiento y regasificación a gran escala. En España, encontramos que su capacidad oscila entre 5 y 200 metros cúbicos. Algunas incluso pueden llegar a 1.000 metros cúbicos. La cantidad de depósitos por planta puede variar de 1 a 5, y pueden ser horizontales o verticales según el espacio y los equipos disponibles.

Las plantas, como la que se presenta en la figura 14, incluyen varios elementos clave: sistemas de descarga de tanques, sistemas de almacenamiento del gas licuado (con uno o más depósitos de tipo criogénico aislados al vacío, con configuración horizontal o vertical), calentamiento del GNL para pasarlo a fase gas, regulación y odorización del gas natural antes de abandonar la planta, sistema de control y registro de los parámetros de operación de los equipos, además de otras instalaciones adicionales como obras de construcción, instalaciones eléctricas, instalaciones de seguridad y protección contra incendios.

El GNL se transporta a la planta satélite a una temperatura de -161°C . Cuando llega a la instalación, se procede a la descarga del gas licuado en el tanque. Para las plantas con depósitos de almacenamiento de menor capacidad, la duración de las descargas del gas licuado es de 20 a 25 minutos, mientras que en las plantas más grandes puede tardar aproximadamente en torno a una hora y media o dos horas. Las cisternas, los tanques de almacenamiento, equipos y accesorios se construyen con tecnologías criogénicas para que pueden operar a temperaturas tan bajas.

Tras la descarga, el gas natural licuado almacenado en el estado líquido en el almacenamiento criogénico fluye lentamente a través de las tuberías hacia el vaporizador, donde será calentado y gasificado.

Cuando se encuentra en fase gas, se mueve hacia la estación de regulación y medida (ERM), equipo de la figura 15, donde se controla la presión de salida (generalmente menos de 4 bar). A la salida de la ERM, se procede a incorporar un odorizante (THT) para identificar su presencia en el caso de una fuga. Desde este punto el gas natural se encuentra preparado con todos los requisitos que debe cumplir para poder inyectarse a la red de distribución. En algunos casos, la mayoría industriales, no hay equipos de medición porque la comercialización se basa en datos proporcionados por las terminales de llenado de cisternas y la documentación de carga.



Figura 15. Planta satélite GNL. Detalle ERM
(fuente: archivo)

La totalidad del proceso se controla mediante el panel de control que es responsable de monitorizar todos los parámetros de la planta satélite y verificar que su funcionamiento está dentro de las condiciones estándar. La potencia total requerida para operar los componentes de la planta es inferior a 10 kW, debido a lo cual la instalación eléctrica se realiza en baja tensión.

También es habitual, por seguridad de suministro, montar un sistema compuesto por baterías y un pequeño grupo electrógeno para disponer de energía eléctrica ininterrumpida, que puede alimentar los dispositivos principales si se produce una caída de tensión. Mediante un vallado perimetral, como el que se puede ver en la figura 16, se protegen todas las instalaciones de la planta para evitar el acceso de personal no autorizado.



Figura 16. Planta satélite GNL. Vista general cubeto y vallado perimetral (fuente: archivo)

3.2. OPERACIONES EN LAS PLANTAS DE GNL.

La planta satélite de GNL es el conjunto de instalaciones destinadas a suministrar gas natural a consumos locales situados en zonas no abastecidas por redes de gas natural canalizado. Las principales operaciones que se realizan en estas plantas son:

- El abastecimiento y la descarga de GNL.

Se realiza por vía terrestre con camiones cisterna criogénica como el de la figura 17, siendo normalmente el origen del abastecimiento las terminales portuarias donde descargan los buques metaneros con GNL. En la figura 18 se presenta la carga de la cisterna en la terminal.

Una vez en la planta satélite de GNL este combustible es descargado, para su posterior uso, en depósitos criogénicos.



Figura 17. Cisterna. Transporte GNL por carretera.
(fuente: archivo)



Figura 18. Carga y pesaje cisterna
(fuente: archivo)

- El almacenamiento del GNL.

El GNL descargado es almacenado en estos depósitos criogénicos para su posterior uso.

- La regasificación del GNL.

El GNL almacenado en los depósitos es regasificado de nuevo para su uso según sea la necesidad de la instalación a la que suministra.

En la figura 19 se resumen las principales operaciones expuestas.



Figura 19. Operaciones planta satélite GNL
(fuente: archivo)

3.3. APLICACIONES DE LAS PLANTAS DE GNL.

- **Industrias.**

Industrias distantes de las redes de suministro que no puedan disponer de gas natural canalizado.

- **Nuevas distribuciones domésticas y comerciales.**

Permite la gasificación de núcleos urbanos alejados de las redes de distribución de gas, y promover la creación de infraestructuras gasistas con niveles de inversión más reducidos que mediante la conexión por canalización.

3.4. EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA DE GNL.

A la hora de seleccionar el emplazamiento de la planta de GNL se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Existencia de planta de abastecimiento suficientemente próxima.
- Impacto mínimo sobre zonas pobladas o en sus proximidades.
- Existencia de infraestructura de transporte terrestre básica.
- Proximidad de infraestructura eléctrica.
- Proximidad de puntos de abastecimiento de agua.

Se deben mantener en todo caso las distancias de seguridad que establece la norma **UNE 60210 –2015** [2] de aplicación.

Protección.

Tal como se observa en la figura 20, se debe disponer de una cerca metálica aproximadamente de dos metros de altura incluyendo todos componentes de la planta, esta cerca metálica impedirá que personas ajenas al servicio puedan manipular las instalaciones o acercarse a las mismas.



Figura 20. Protección mediante cerca metálica (fuente: archivo)

No será necesaria la cerca metálica si la planta se halla en el interior de un recinto cerrado al que no acceden personas ajenas al servicio.

Avisos.

Debe colocarse en sitio visible un cartel donde se indique el tipo de instalación, los peligros específicos y las medidas de seguridad recomendadas.

Se deben tener carteles con los siguientes tipos de señalizaciones (figura 21):

- Riesgos y prohibiciones.
- Peligros específicos.
- Medidas de seguridad recomendadas:
 - No fumar.
 - Prohibido el uso
 - Teléfono móvil.
 - Aparatos eléctricos no antideflagrantes.



Figura 21. Señalización medidas seguridad
(fuente: archivo)

- Señalización de zonas de riesgo de atmósferas explosivas (ATEX) en las zonas clasificadas (figura 22).



Figura 22. Señalización riesgo ATEX (fuente: archivo)

- Riesgo de quemaduras por frío en la zona de mangueras de descarga.
- Obligatoriedad del uso de los equipos de protección individual (EPI's), etc.

Accesos.

Como mínimo deben existir dos salidas contrapuestas, con puertas de apertura en dirección de salida (figura 23).

Cuando la unidad de descarga de cisternas esté ubicada en un cubeto adyacente, distinto al que contiene las unidades de almacenaje, regasificación, regulación y odorización, deberán tener los accesos citados.

Fácil acceso de los vehículos de abastecimiento, mantenimiento y extinción de incendios, así como del personal autorizado.



Figura 23. Puerta de acceso a cubeto
(fuente: archivo)

Circulación de vehículos

La circulación de vehículos estará limitada a los estrictamente necesarios para las labores de abastecimiento, mantenimiento y extinción de incendios.

Se debe disponerse la circulación de tal forma que se eviten maniobras, debiendo el estacionamiento de los vehículos permitir la forma más rápida de evacuación del vehículo.

Alumbrado.

El alumbrado (figura 24) de que disponga la planta de GNL, debe ser suficiente para garantizar la seguridad general de las operaciones que se realicen en la planta.

La instalación de luminarias debe ser el suficiente sobre todo en zona de descarga de GNL y estación de regulación y odorización (ERM).



Figura 24. Alumbrado
(fuente: archivo)

3.5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

La UNE 60210:2015 [2] presenta una clasificación (tabla 2) de las plantas satélite de GNL según su capacidad geométrica conjunta de almacenamiento, y en función de cada categoría establece unas distancias de seguridad mínimas (tabla 3) a mantener entre las paredes del depósito o depósitos y los elementos que se relacionan.

Categoría	Capacidad
A	>2 m ³ hasta 5 m ³
B	>5 m ³ hasta 10 m ³
C	>10 m ³ hasta 20 m ³
D	>20 m ³ hasta 40 m ³
E	>40 m ³ hasta 80 m ³
F	>80 m ³ hasta 160 m ³
G	>160 m ³ hasta 400 m ³
H	>400 m ³ hasta 1.500 m ³

Tabla 2. Categorías plantas GNL según capacidad geométrica. UNE 60210:2015 (fuente: UNE 60210 [2])

Categoría	A	B	C	D	E	F	G	H
Elementos	Distancias en metros							
Aberturas de inmuebles, sótanos, alcantarillas o desagües	5	7	9	12	15	20	20	25
Motores, interruptores (no antideflagrantes), depósitos de material inflamable, puntos de ignición controlados	5	7	9	12	15	15	15	15
Proyección líneas eléctricas	10	12	15	15	15	15	15	15
Límite de propiedad, vías públicas, carreteras, ferrocarriles	7	8	9	12	15	25	30	35
Aberturas de edificios de pública concurrencia, uso administrativo, docente, comercial, hospitalario, etc.	9	12	14	20	24	34	44	55

Tabla 3. Distancias seguridad según UNE 60210:2015 (fuente: UNE 60210 [2])

3.6. ELEMENTOS DE LAS PLANTAS DE GNL.

Esquema general de una planta de GNL.

En la figura 25 se muestra un plano en planta donde se representan los elementos más importantes en una planta de GNL. Estos son:

- Cubeto de protección contra derrames.
- Estación de descarga de camiones cisterna de GNL.
- Regasificadores de descarga.
- Depósito de GNL.
- Regasificadores.
- Estación de regulación y odorización.

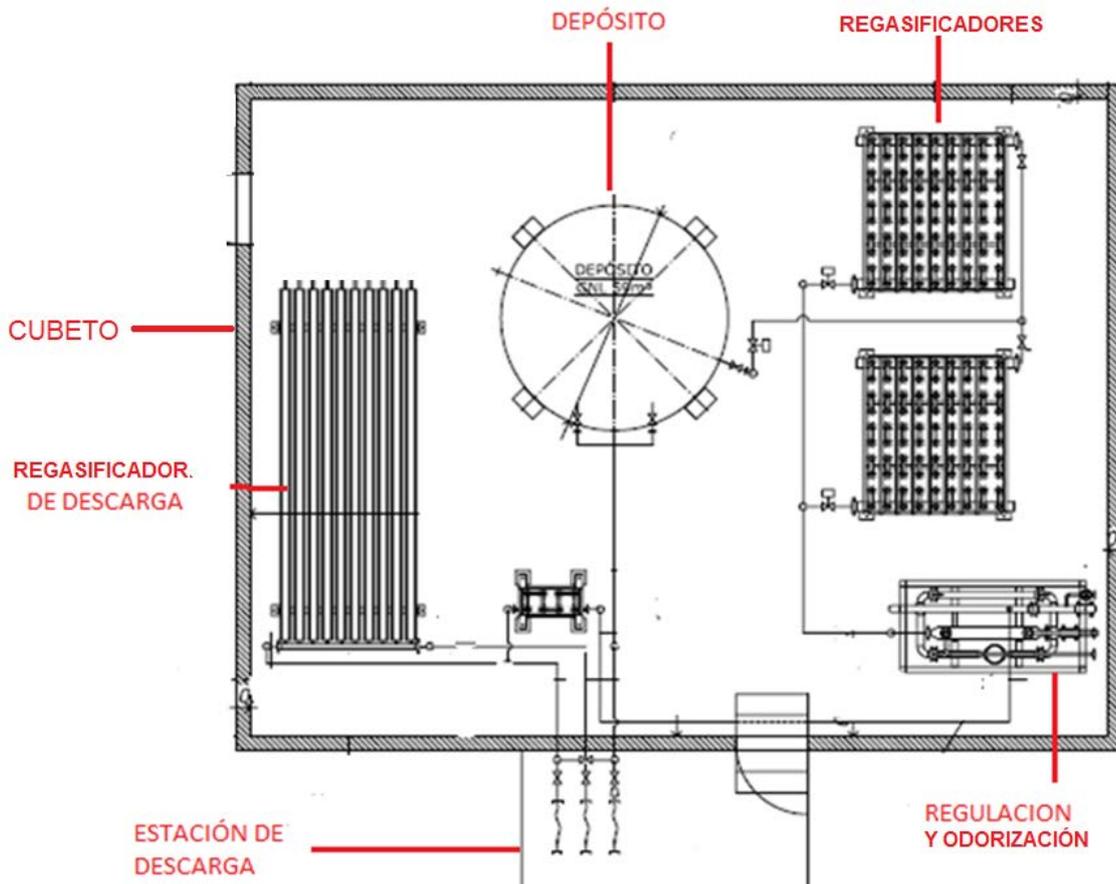


Figura 25. Esquema general planta satélite GNL
(fuente: archivo)

A continuación, en la figura 26, se representan en alzado de los elementos principales de que consta una instalación de planta satélite de GNL.

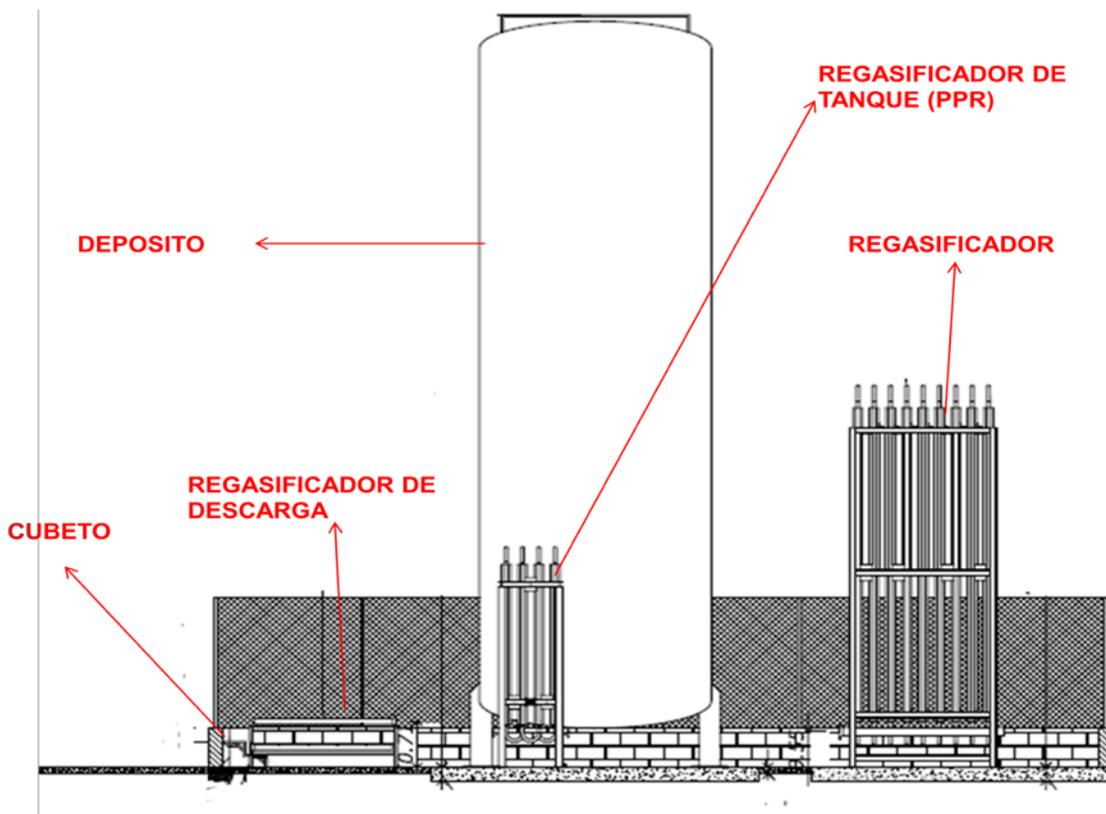


Figura 26. Elementos principales planta satélite GNL
(fuente: archivo)

Esquema por bloques de una planta de GNL.

Los elementos que aparecen en las imágenes anteriores los podemos ubicar en los bloques principales que representamos a continuación en la figura 27 y que integran una planta de GNL.

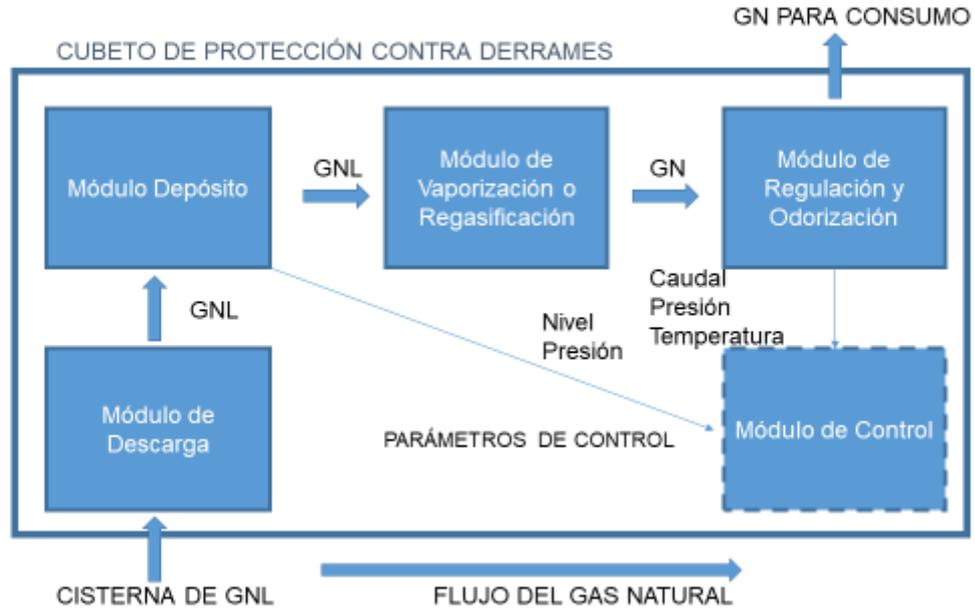


Figura 27. Esquema bloques de planta satélite GNL
(fuente: elaboración propia)

Por lo tanto, en una planta satélite de GNL podemos considerar los siguientes bloques principales:

- Cubeto de protección contra derrames.
- Módulo de descarga de cisternas.
- Módulo de almacenaje o depósito.
- Módulo de regasificación o vaporización.
- Módulo de regulación y odorización.
- Módulo de control.

3.6.1. Cubeto de protección contra derrames.

Las figuras 28 y 29 representan el bloque correspondiente al cubeto de protección contra derrames.

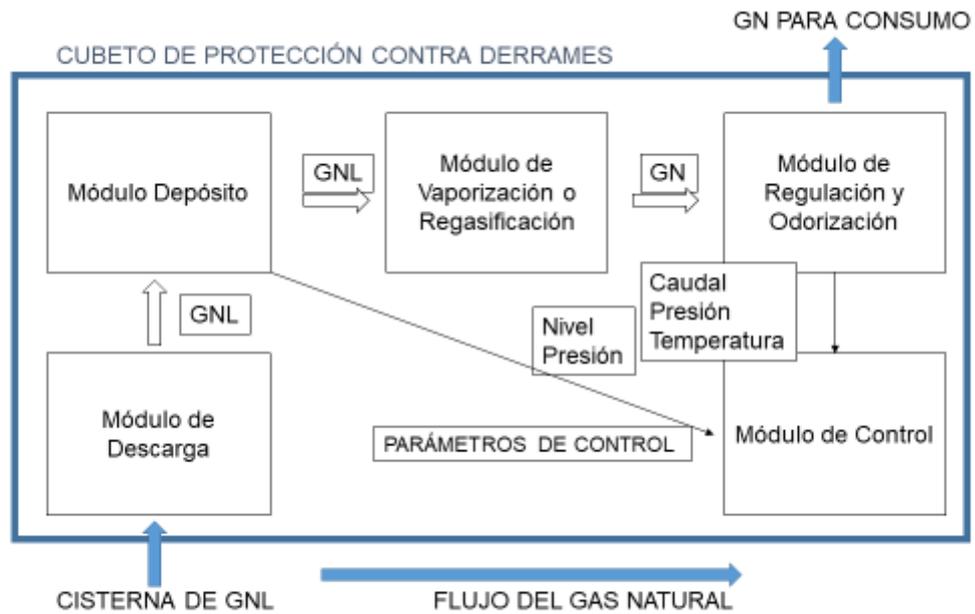


Figura 28. Esquema bloques. Cubeto de protección contra derrames (fuente: elaboración propia)

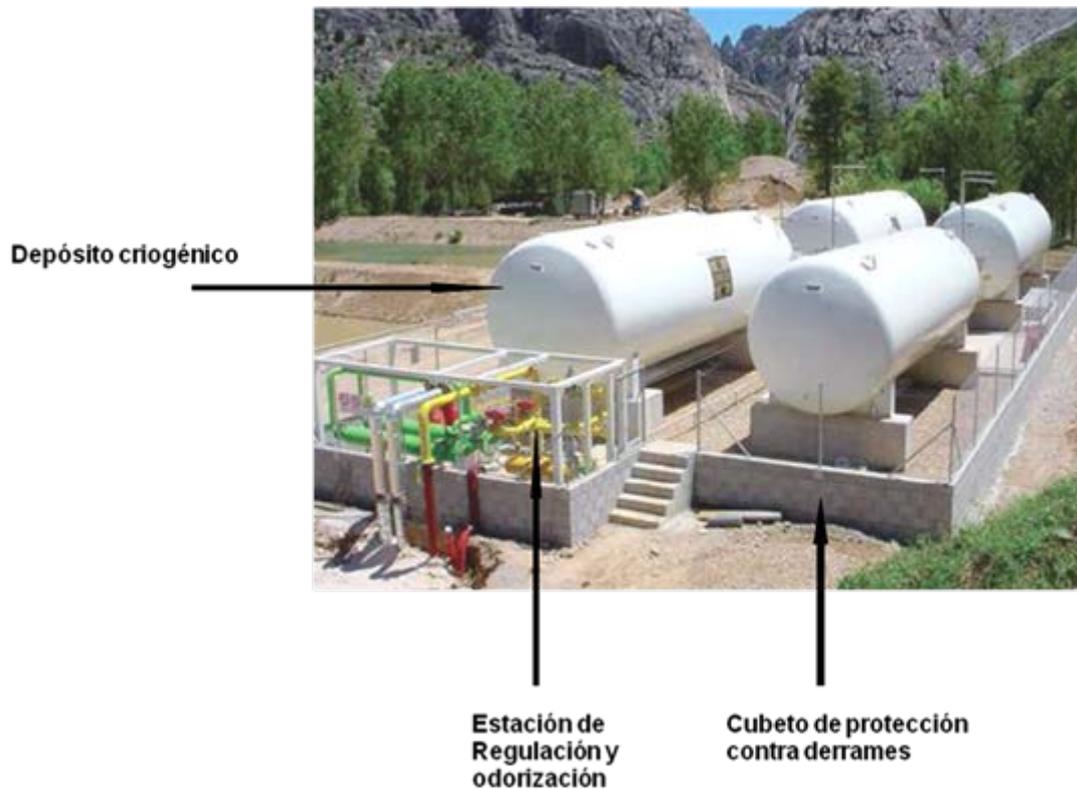


Figura 29. Cubeto de protección contra derrames
(fuente: archivo)

Función del cubeto de protección contra derrames.

Recoge y confina el GNL que, por causas accidentales, pueda verterse en las instalaciones de la planta evitando su salida al exterior.

Debido a los requerimientos estrictos en el diseño de las instalaciones, los derrames de GNL son muy improbables, ya que el diseño de los tanques y ductos los evitan.

Sin embargo, podría ocurrir un derrame de GNL si llegara a romperse alguna parte de la instalación, para cual se incluye el cubeto de protección contra derrames.

El líquido se acumularía en el fondo del cubeto en donde posteriormente se evaporaría.

Las figuras 30 y 31 presentan distintas vistas del cubeto.

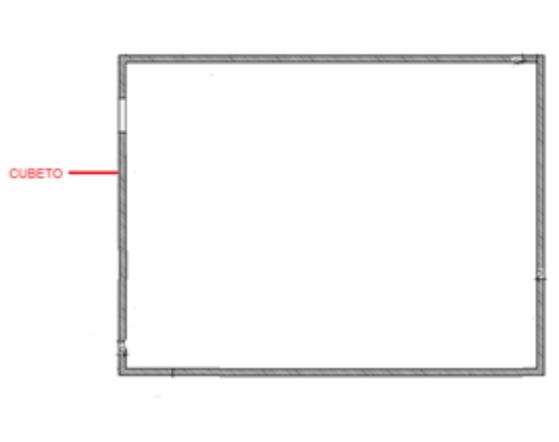


Figura 30. Vista en planta del cubeto de protección contra derrames
(fuente: archivo)

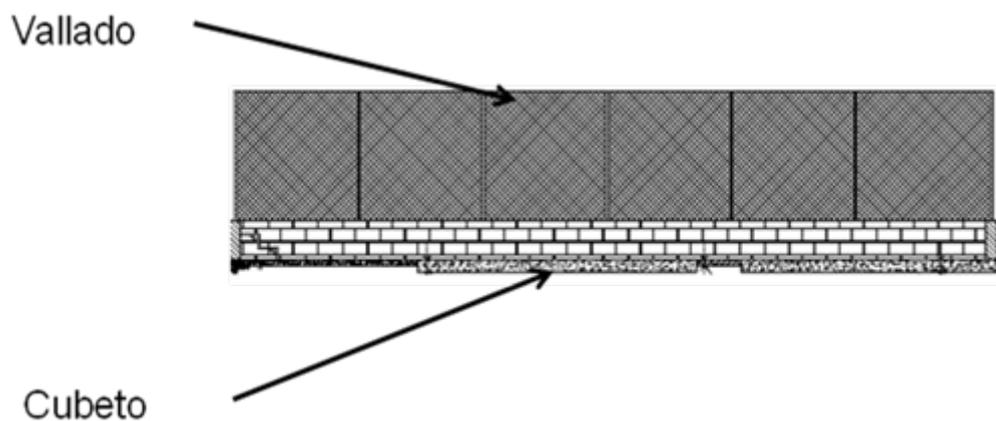


Figura 31. Vista en alzado del cubeto de protección contra derrames
(fuente: archivo)

Construcción.

Según el material de construcción, pueden estar formados por los siguientes elementos capaces de resistir las acciones mecánicas, térmicas o químicas del GNL:

- Barreras naturales.
- Diques.
- Muros de contención.
- Excavación en el terreno.

Según su ubicación, los cubetos pueden ser:

- Adyacentes (muro de contención común). Según figura 32.

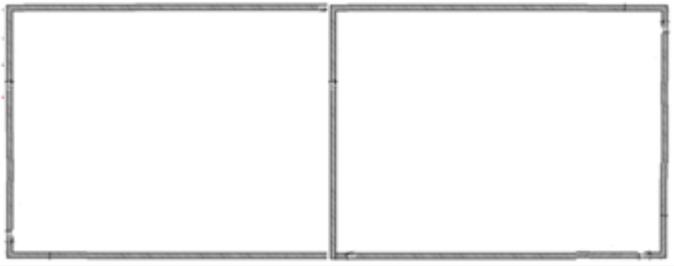


Figura 32. Cubetos adyacentes
(fuente: archivo)

- No adyacentes, les debe separar una distancia mínima de 4 m para permitir el paso de vehículos. Según figura 33.

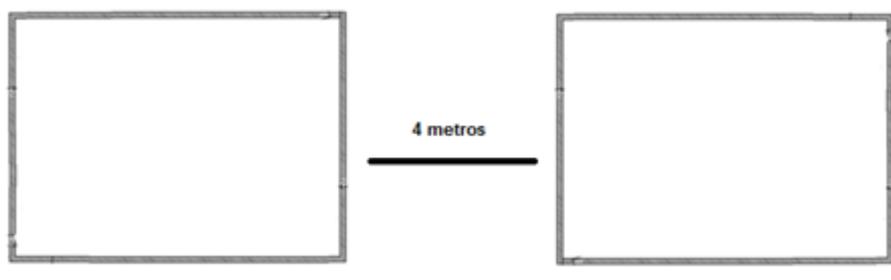


Figura 33. Cubetos no adyacentes
(figura: archivo)

Las paredes de los cubetos de contención de los depósitos deben estar como mínimo a 1,5 m de cualquier superficie lateral o frontal de los mismos (ver figura 34).

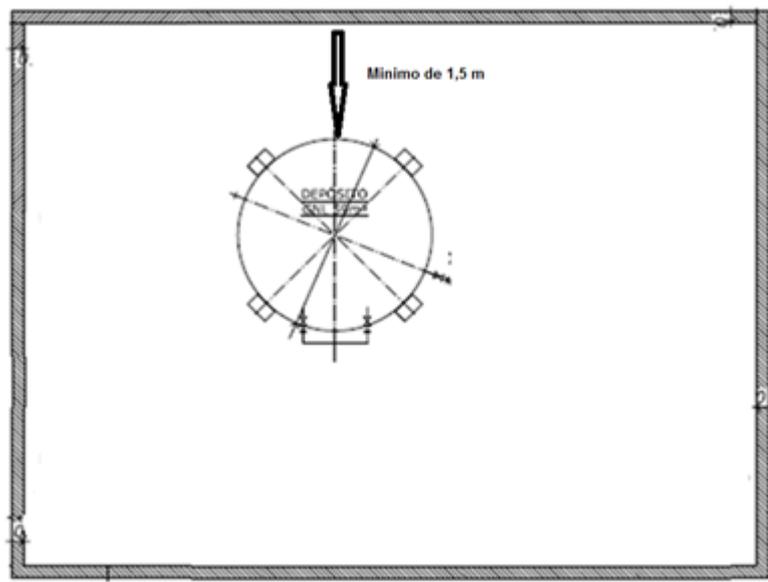


Figura 34. Distancia de paredes de cubeto a depósito
(fuente: archivo)

Si un cubeto alberga más de un depósito se deben dar las siguientes condiciones:

- La capacidad máxima conjunta de los depósitos no debe ser superior a 270 m^3 .
- La separación mínima entre depósitos debe ser de 2 m (ver figura 35).

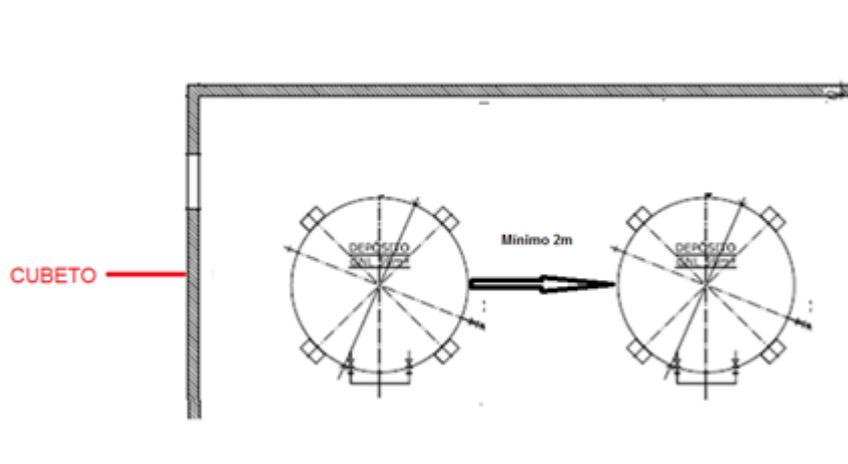


Figura 35. Separación entre depósitos
(fuente: archivo)

La instalación de toda tubería criogénica, que son las diseñadas para trabajar a temperaturas de -196°C o inferiores, que estén en el exterior a los cubetos debe garantizar que cualquier posible derrame de GNL que se produzca en estas tuberías sea canalizado al cubeto de mayor capacidad.

En los posibles puntos de derrame de GNL (válvula, brida, equipos auxiliares, etc.) donde la proyección del vertido pueda salir del cubeto, la altura de la pared de éste debe ser superior a la altura de dichos puntos, excepto en aquellos casos en que la distancia de éstos a la pared del cubeto sea superior a 5 m y la altura de los mismos sea inferior a 1,5 m o se hayan adoptado medidas antiproyección del vertido (como pantallas, vainas, etc.).

Elementos que debe contener el cubeto de protección contra derrames.

En el interior del cubeto deben existir:

- Elementos asociados al depósito o conjunto de depósitos.
- Instalaciones criogénicas asociadas a los vaporizadores de emisión.

En las inmediaciones del cubeto debe haber:

- Medidas necesarias de actuación contra incendio como:
 - Extintores de polvo seco en proporción de 10 kg de polvo por cada 1000 kg de producto, con un mínimo de 2 kg en dos extintores. En la figura 36 representa un extintor tipo.



Figura 36. Extintor
(fuente: archivo)

- Si la capacidad de almacenamiento de la planta satélite es superior a 400 m³ y la distancia entre depósitos es inferior a 15 m, se exigirá irrigación (figura 37) superior de refrigeración de los mismos de una capacidad de 3 l/mín./m².



Figura 37. Sistema irrigación
(fuente: archivo)

Capacidad del cubeto de protección contra derrames.

La capacidad que debe tener el cubeto de protección contra derrames se establece según los siguientes principios:

- Si el cubeto contiene **un solo depósito**:
 - La capacidad del cubeto será según la capacidad geométrica del depósito.
- Si el cubeto contiene **más de un depósito** la capacidad depende de si se toman o no, medidas de protección para evitar que las bajas temperaturas o exposición al fuego, a causa de derrames en cualquier recipiente de los incluidos en el cubeto, afecte a los otros.

Estas medidas de protección pueden ser muros o sistemas de contención entre los depósitos existentes en el cubeto.

Por lo tanto la capacidad del cubeto será:

- **Si se toman medidas de protección.**
 - La capacidad del cubeto será según la capacidad geométrica que tenga el depósito mayor de los que haya instalados.
- **Si no se toman medidas de protección.**
 - La capacidad del cubeto será la suma de la capacidad geométrica de los depósitos instalados.

3.6.2. Módulo de descarga de cisternas.

La figura 38 representa el módulo de descarga de cisternas.

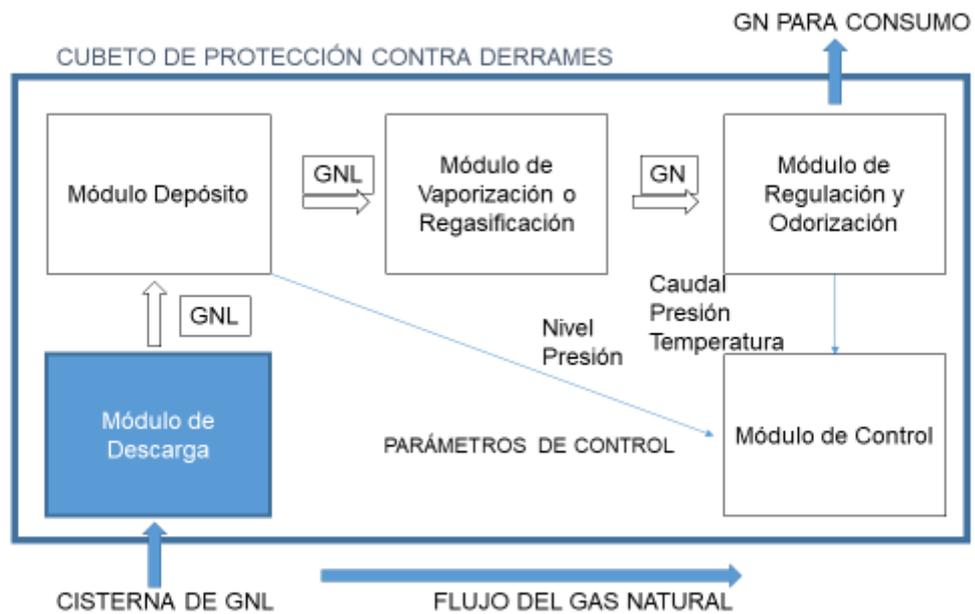


Figura 38. Módulo descarga de cisternas
(fuente: elaboración propia)

Función.

El proceso de descarga se realiza normalmente por presurización de la fase de gas de la cisterna del camión.

La función del módulo de descarga es realizar el trasvase de GNL de la cisterna al depósito, este trasvase se puede hacer mediante bombas criogénicas o por diferencia de presión, en el segundo caso deberán existir regasificadores de descarga.

Para producir la descarga de los camiones cisterna es preciso regasificar una fracción del GNL transportado para, así, desplazar el GNL del camión. Esta función se realizará en el regasificador de descarga.

Instalación.

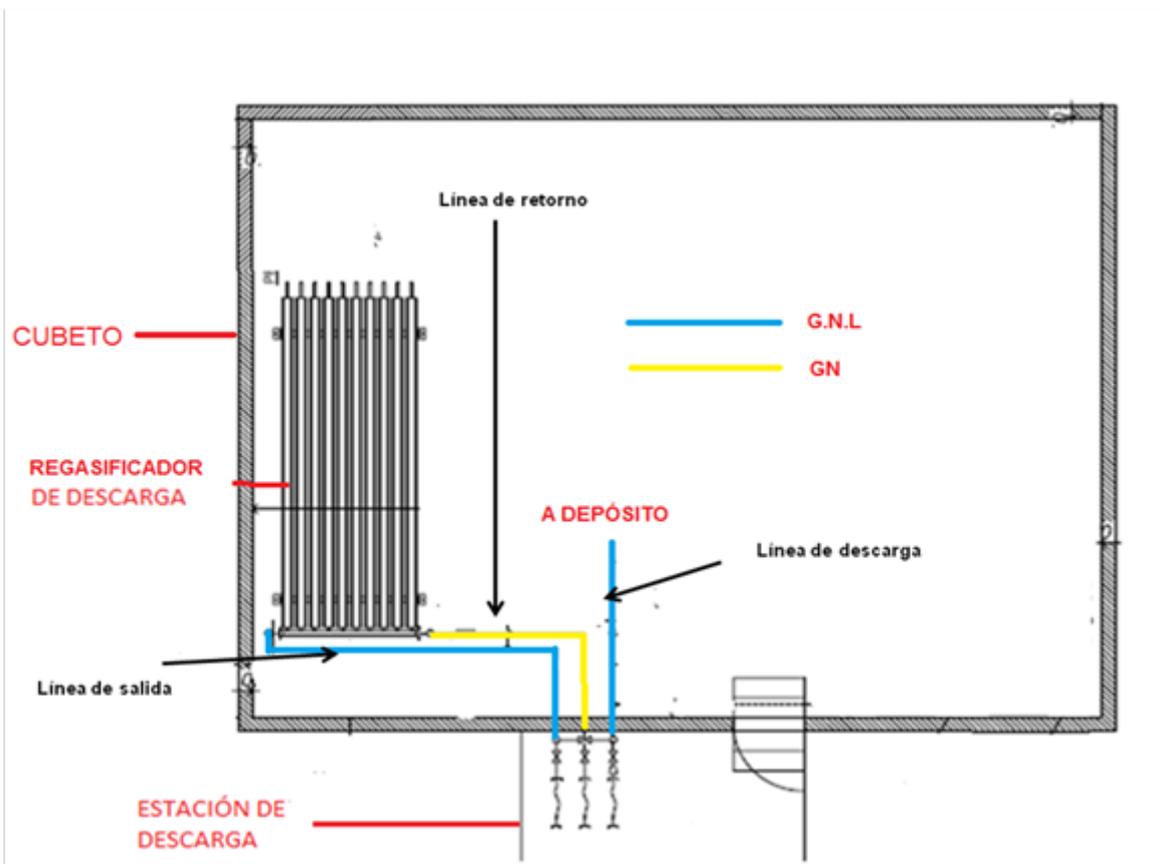


Figura 39. Planta instalación descarga
(fuente: archivo)

La instalación (ver figura 39) se compone de tres líneas:

- La línea de descarga propiamente dicha que conduce el GNL desde el camión cisterna hasta los depósitos de almacenamiento.
- La línea de salida de GNL del camión cisterna hacia el regasificador de puesta en presión rápida.
- La línea del GNL regasificado de retorno hacia el camión cisterna.

Elementos.

Las figuras 40 y 41 representan los elementos que componen el módulo de descarga:

- Bocas de descarga.
- Regasificador de descarga.
- Válvulas criogénicas.

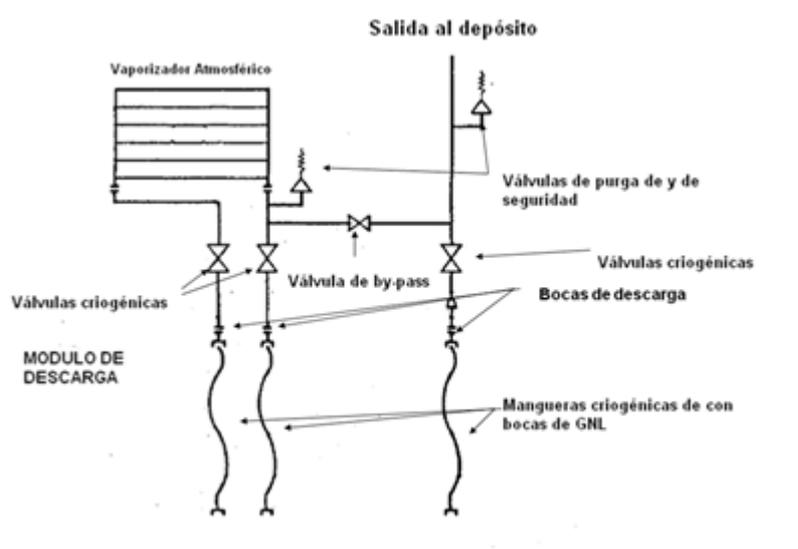


Figura 40. Esquema elementos módulo descarga (fuente: archivo)

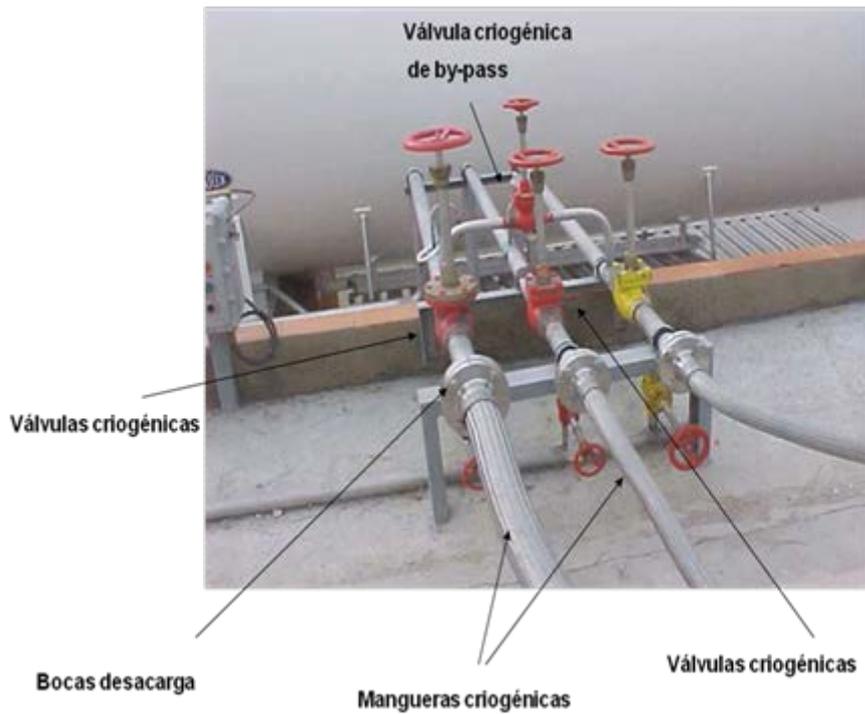


Figura 41. Elementos módulo descarga
(fuente: archivo)

- Bocas de descarga.

Son los enlaces de las bocas de interconexión normalizados con la cisterna del camión (figura 42).

Las condiciones que deben tener las bocas de conexión de las mangueras para la descarga son:

- Se situarán dentro del vallado.
- Tendrán fácil accesibilidad.
- La conexión las mangueras de descarga se debe realizar sin que se generen tensiones.
- Situadas en línea al muro del cubeto.
- Se situarán paralelamente a la cisterna durante la descarga.

Las condiciones que deben tener los flexibles o mangueras criogénicas de descarga son:

- Estar permanentemente conectados en planta.
- Es recomendable que exista un juego de recambio.
- Deben estar almacenados en lugar adecuado.
- No descansarán en el firme dispondrán de soportes adecuados



Bocas de descarga

Mangueras de descarga

Soporte de mangueras

Figura 42. Bocas de descarga
(fuente: archivo)

- Regasificador de descarga.

Los regasificadores ceden la energía térmica al GNL que circula por su interior para efectuar el cambio de fase de líquido a gas, operación que, a las bajas presiones que trabajan las plantas satélite (aprox. 3-5 bar), tiene lugar aproximadamente a -140°C / -135°C , así como para efectuar su recalentamiento desde estas temperaturas hasta la temperatura ambiente o próximas a ella. La energía total precisa es el orden de las 190 Kcal/ kg.

Al volver el gas del regasificador a la cisterna en estado gaseoso aumenta la presión de ésta permitiendo que por diferencia de presión se realice la descarga de la cisterna en el depósito.

Suelen ser de tipo atmosféricos, como el de la figura 43, por su simplicidad e independencia de otras fuentes de energía.



Figura 43. Regasificador de descarga atmosférico
(fuente: archivo)

Pueden utilizarse regasificadores en los cuales se dispone de un serpentín inmerso en una cuba, como el reflejado en la figura 44, con los siguientes sistemas:

- Agua calentada mediante resistencias eléctricas Debido a la elevada potencia eléctrica requerida, del orden de los 10-15 kW, son poco empleados.
- Con agua caliente procedentes del circuito de regasificación.
- Con sobrantes de agua caliente de recuperación de procesos locales.



Figura 44. Regasificador con agua caliente
(fuente: archivo)

Sistemas de descarga.

Existen dos sistemas para realizar la descarga del GNL desde las cisternas a los depósitos criogénicos:

- Por diferencia de presión.
- Mediante bomba criogénica.
- Por diferencia de presión (Cisterna sin bomba).

La transferencia de GNL de la cisterna al regasificador de descarga se realiza por el método de vasos comunicantes.

Para realizar la descarga se crea una presión superior en la fase de gas de la cisterna en relación con el depósito de la planta (figura 45 y 46).

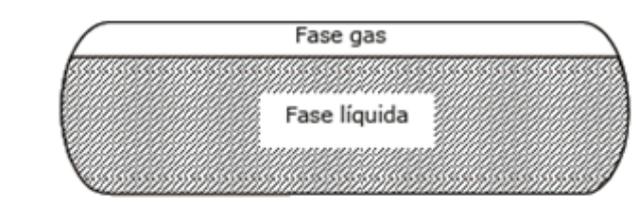


Figura 45. Depósito de cisterna. Fases gas y líquida (fuente: archivo)

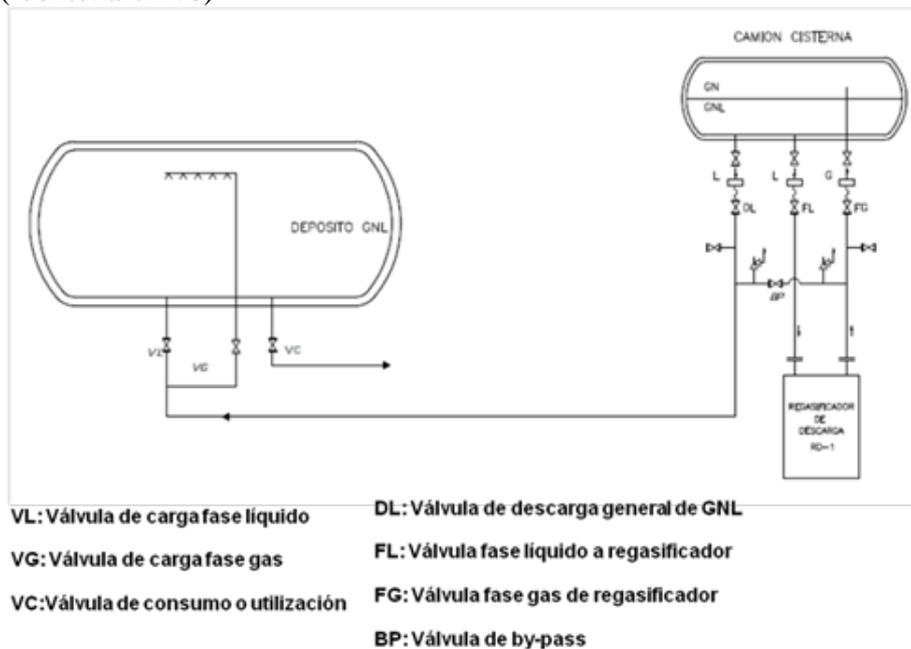


Figura 46. Esquema instalación descarga por diferencia de presión (fuente: archivo)

Para ello se utiliza un circuito y un regasificador exterior que se encuentra instalado en la planta (figura 47).



Figura 47. Circuito regasificador descarga
(fuente: archivo)

Se abren las válvulas del circuito del regasificador y las dos válvulas de la cisterna, fases de líquido y gas, el GNL de la cisterna, que se halla a un nivel superior al regasificador, fluye por vasos comunicantes hasta el regasificador de descarga (figura 48).



Figura 48. Detalle válvulas circuito descarga
(fuente: archivo)

El GNL al circular por el regasificador de descarga absorbe el calor de la atmósfera pasando a estado gaseoso, aumenta su volumen (aproximadamente 600 veces), haciendo que la presión de la cisterna aumente al volver a ésta.

Abriendo la válvula de llenado fase líquido del depósito el GNL fluye por diferencia de presiones desde la cisterna al depósito, entrando por la parte inferior del mismo.

Este proceso se puede ver gráficamente en la figura 49.

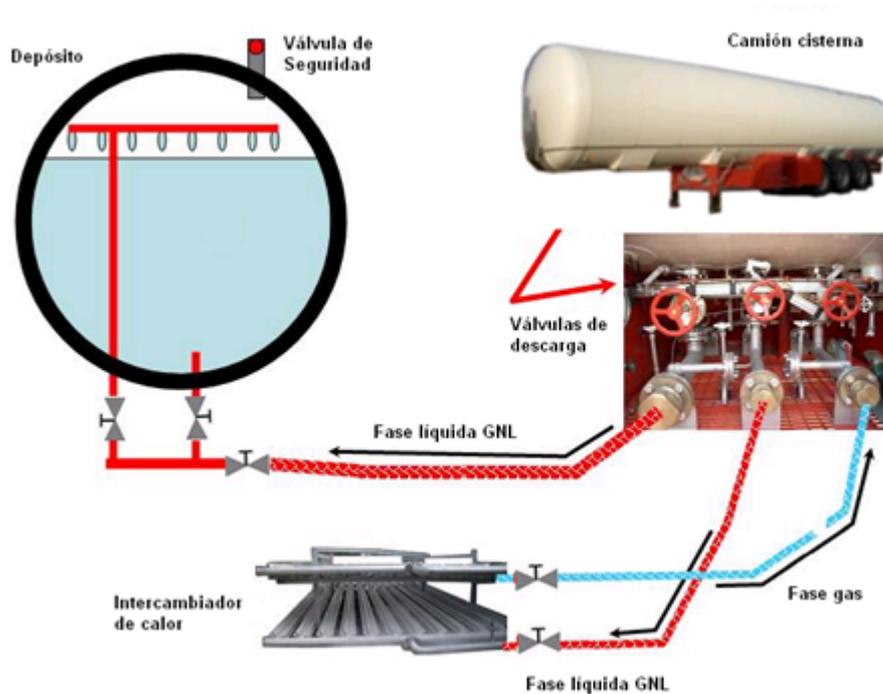


Figura 49. Esquema proceso descarga por diferencia presión
(fuente: archivo)

- Mediante bomba criogénica (trasvase por bomba)

Es un sistema (figura 50) utilizado para la distribución de GNL para plantas de pequeña capacidad (20m^3 , 30m^3 o 40m^3 de capacidad del depósito), que no permiten la descarga completa de una cisterna de descarga total (cisternas del orden de los 50m^3 de capacidad geométrica aisladas con espuma de poliuretano).

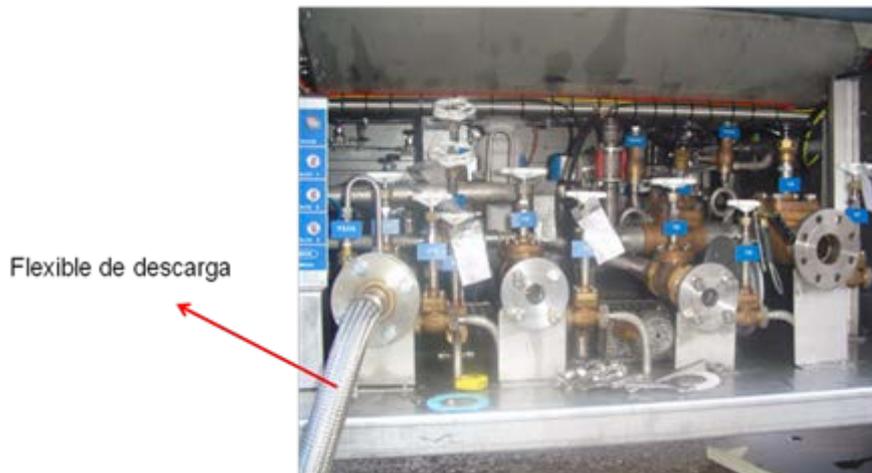


Figura 50. Descarga mediante bomba criogénica
(fuente: archivo)

Se podrá realizar si la bomba criogénica del camión es eléctrica o está instalada en la unidad de descarga de la planta, sustituyendo al vaporizador atmosférico y las conexiones de fase gas.

Si la descarga se realiza mediante bomba criogénica para GNL, no es necesaria la existencia del regasificador de descarga ya que no se debe presurizar la cisterna, existiendo pues solo un flexible de descarga.

No se permitirán instalaciones que supongan la realización de descargas con bomba criogénica hidráulica acoplada al camión cisterna.

Las bombas deben ser homologadas para ser utilizadas con posible presencia de gas.

La instalación de descarga debe contar con un sistema de paro de emergencia (figura 51) que actúe sobre la instalación interrumpiendo el funcionamiento de las bombas.

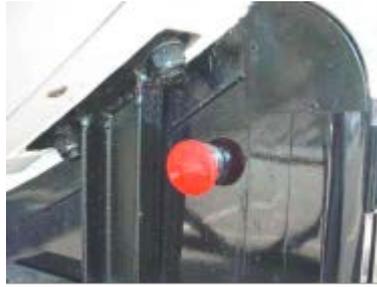


Figura 51. Paro de emergencia en sistema descarga
(fuente: archivo)

Válvulas.

Las líneas de conexión entre los equipos de regasificación y depósitos de almacenamiento deben disponer de las válvulas criogénicas (figura 52) necesarias para las maniobras de presurización y descarga, así como de válvulas criogénicas de purga para la despresurización de las mangueras antes de su desconexión.

- Válvulas criogénicas de servicio en las tuberías de conexión del Regasificador de descarga y de servicio en la línea de descarga a depósito.
- Válvula de bypass de entre la línea de gas del regasificador y la línea de descarga al depósito para equilibrado de presiones.
- Válvulas de purga y de seguridad.

Las válvulas de cierre (válvulas criogénicas) estarán identificadas y serán de fácil maniobra especialmente las correspondientes al bypass de fase gas.

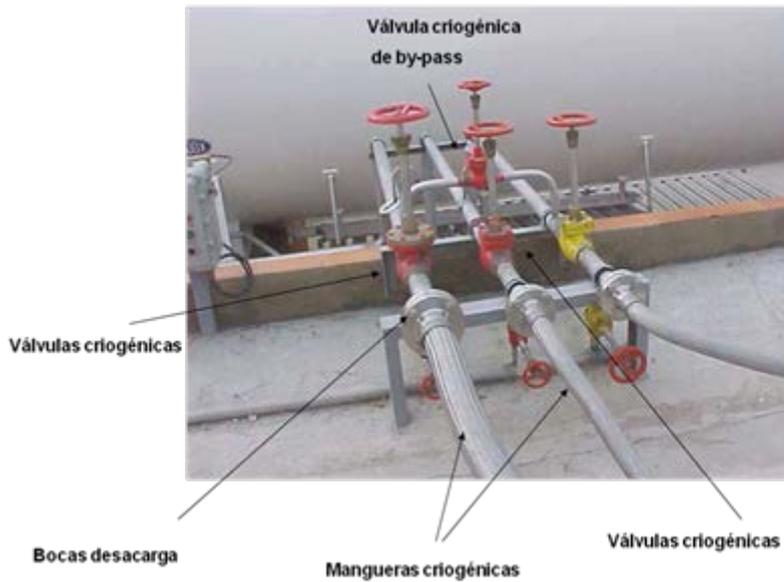


Figura 52. Válvulas criogénicas
(fuente: archivo)

Condiciones de instalación.

La conexión entre la instalación de descarga y la cisterna se debe realizar con mangueras flexibles criogénicas que deben estar permanente conectadas a la instalación fija.

La distancia (según UNE 60210 [2]) en el momento de la descarga será como mínimo de **10 metros** desde la conexión fija existente en la planta de GNL para las mangueras de descarga a los siguientes elementos:

- Cualquier inmueble.
- Depósitos de materiales inflamables.
- Motores.
- Interruptores que no sean antideflagrantes.
- Proyección de líneas eléctricas.
- Límite de propiedad.
- Vías públicas.
- Llamas controladas.
- Aberturas de edificios de uso docente, sanitario, etc.

La zona de descarga para ubicación de la cisterna de transporte se deberá señalizar (figura 53) en el firme siempre que sea posible.



Señalización de zona de descarga

Figura 53. Señalización zona de descarga
(fuente: archivo)

Se dispondrá de suministro de agua de red que permita la conexión de una manguera, que por medio de la aportación de agua, acelere el proceso de deshielo del vaporizador en caso de necesidad.

3.6.3. Módulo de almacenaje o depósito.

Las figuras 54 y 55 representan el módulo de almacenaje o depósito.

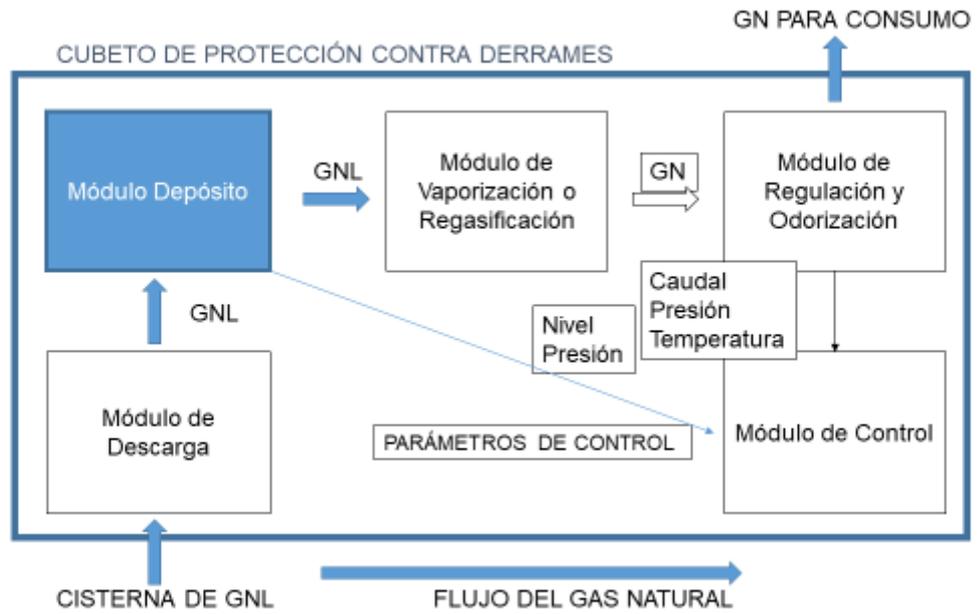


Figura 54. Módulo de almacenaje
(fuente: elaboración propia)

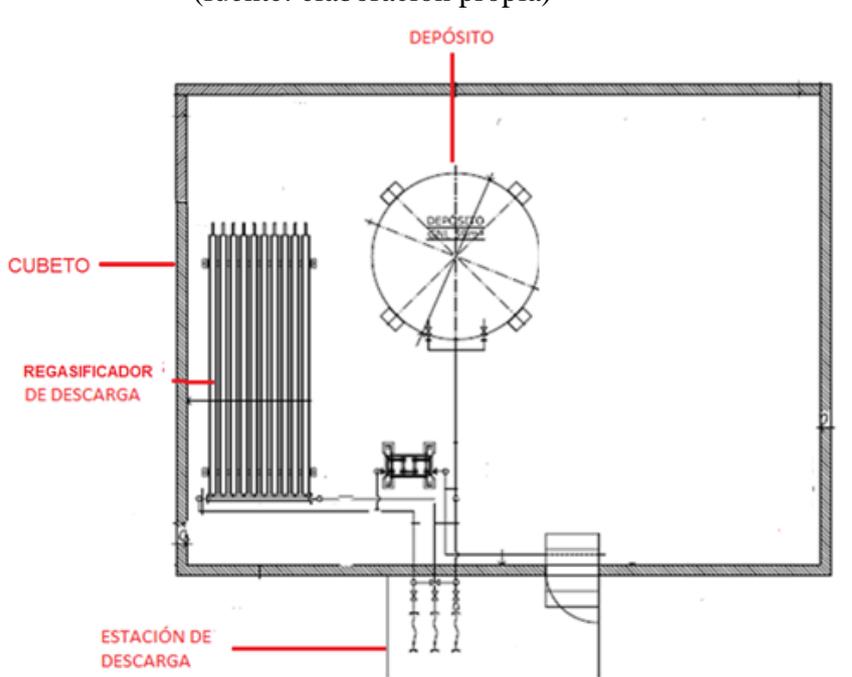


Figura 55. Planta módulo almacenaje
(fuente: archivo)

Función.

Este módulo almacena el GNL en depósitos criogénicos estándar homologados y lo suministra a la instalación de regasificación de acuerdo con la demanda de gas.

Elementos del módulo de almacenaje.

Estos elementos del módulo de almacenaje que se desarrollarán más adelante, y cuyo esquema se refleja en la figura 56, y detalles de elementos en la figura 57, son:

- Depósitos.
- Soportes de los depósitos.
- Equipos de puesta en presión.
- Tuberías.
- Válvulas.
- Manómetros:
 - Multiválvula, compuesta por manómetro para la medición de la presión interior.
- Niveles:
 - Indicador de nivel de llenado de tipo magnético de medida continua y lectura directa. Irá provisto de flotador de aluminio, acero inoxidable o latón.
 - Indicador de nivel de máximo llenado (85% de la capacidad del depósito).
- Toma de tierra de resistencia igual o inferior a 20 ohmios.

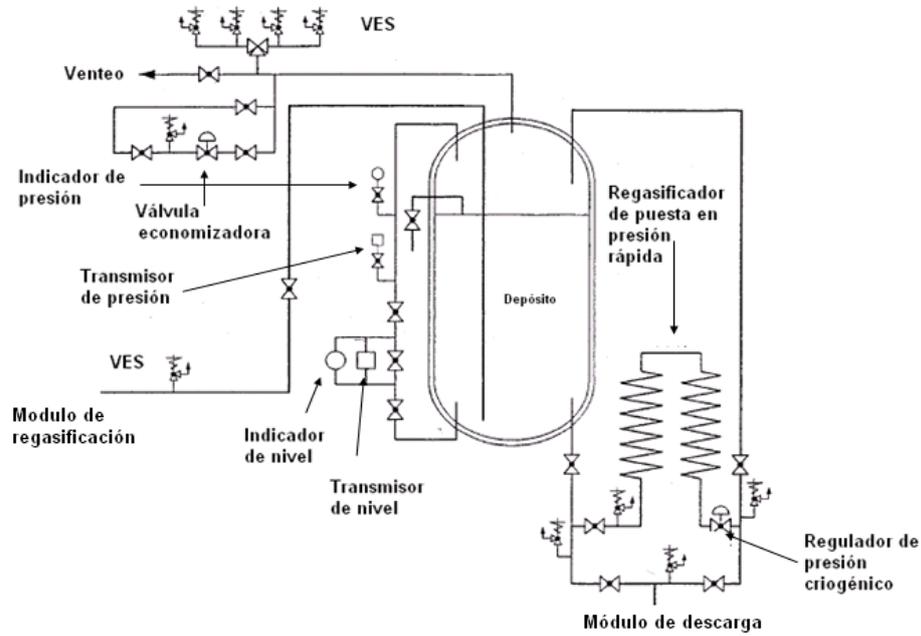


Figura 56. Esquema de módulo de almacenaje
(fuente: archivo)

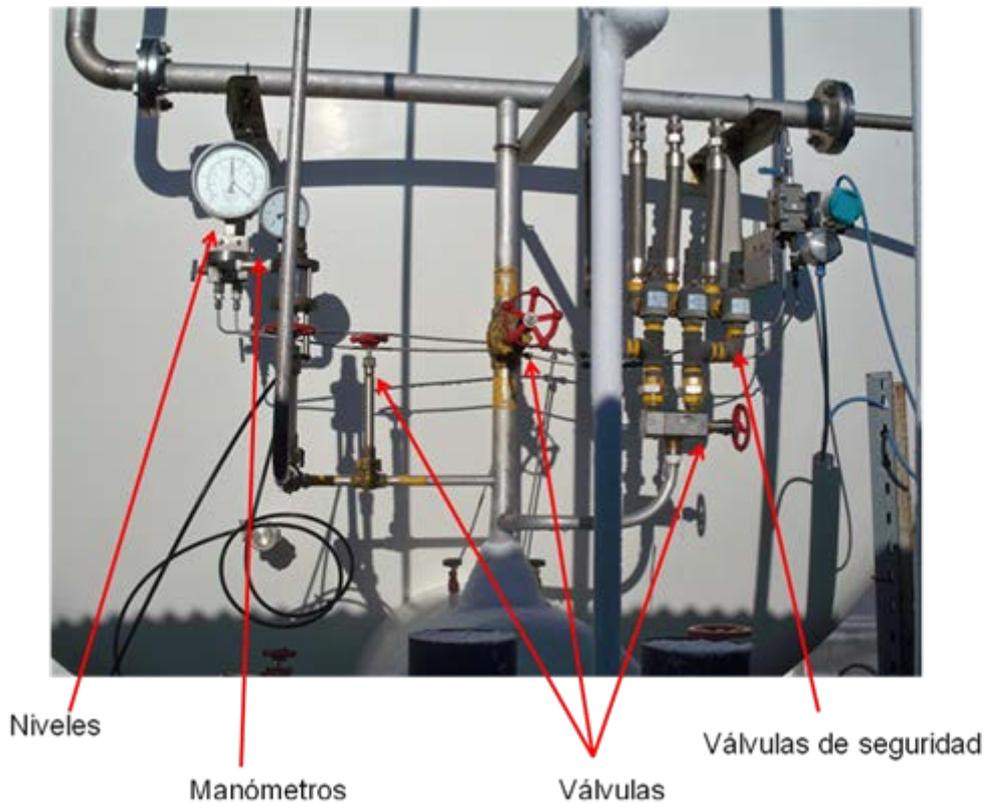


Figura 57. Detalle manómetros, niveles y válvulas del módulo de almacenaje
(fuente: archivo)

- Depósitos.



Figura 58. Depósito vertical
(fuente: archivo)



Figura 59. Depósito horizontal
(fuente: archivo)

Los depósitos pueden ser verticales (figura 58) u horizontales (figura 59), son de doble envoltura metálica, con un espacio intermedio en el cual se ha efectuado el vacío y se ha rellenado de perlita (figura 60). El material de las envolturas metálicas será:

- Interior de acero inoxidable.
- Exterior de acero al carbono.

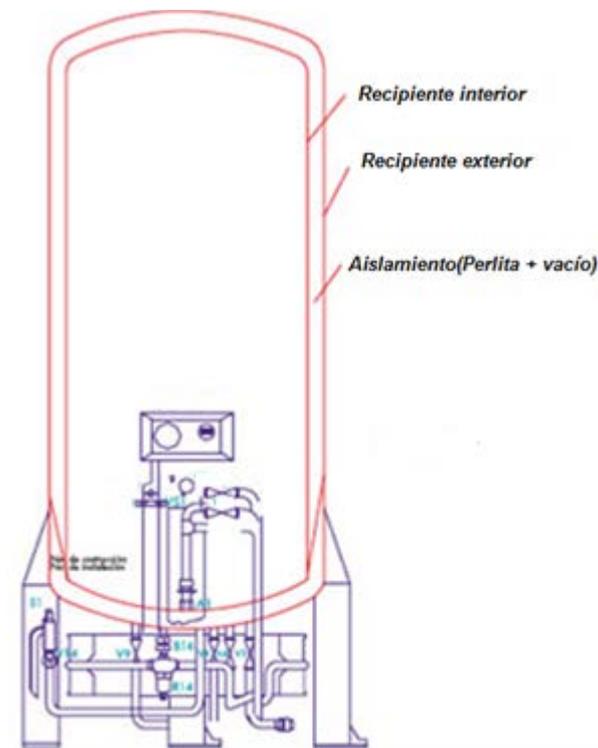


Figura 60. Esquema depósito. Aislamiento
(fuente: archivo)

La disposición de los depósitos puede ser cilíndricos horizontales o verticales según sea:

- Sus capacidades y necesidades de empleo.
- El espacio disponible para cumplimiento de las distancias de seguridad exigibles a las plantas.

La presión de trabajo de los depósitos será de:

- 5 bar máximos, son posibles presiones superiores lo que encarecería los costes de fabricación.
- La presión de trabajo debe tener un margen suficientemente amplio, respecto a la presión de diseño, que evite o minimice la frecuencia de disparo de las válvulas de seguridad por exceso de presión.

La instalación debe ir provista de un sistema con válvulas o economizadores que deben actuar en los casos en que el consumo de GNL se reduzca, dirigiendo parte de la fase gas o boil-off del interior del depósito al circuito de regasificación y de ahí adicionarse al gas de emisión, evitando con ello el aumento de presión en el interior del depósito.

Además de la **placa de diseño** los depósitos deberán llevar otra **placa de identificación** (figura 61) en la que se indicará como mínimo lo siguiente:

- Nombre o razón social del fabricante.
- Contraseña de registro de tipo, si procede.
- Modelo y número de serie.
- Presión de prueba en bar.
- Presión máxima de trabajo en bar.
- Capacidad geométrica en litros.
- Capacidad útil en litros.
- Máxima y mínima temperaturas de servicio.
- Tipo de aislamiento.
- Año de fabricación.
- Gas licuado: GNL.



Figura 61. Placa de identificación
(fuente: archivo)

- Soportes de los depósitos.

Los soportes y fijaciones de los depósitos deben evitar la creación de corrosión galvánica y permitir los movimientos debido a la contracción o dilatación térmica.

- Equipos de puesta en presión.

Tiene la función de mantener la presión de servicio de la instalación. Coge gas licuado del interior del tanque, lo vaporiza instantáneamente y lo introduce de nuevo en la zona gaseosa del tanque. La presión del gas natural vaporizado se mantiene por un regulador que existe en el circuito de conexión.

La presión de la fase gaseosa del interior del depósito es la que empuja el gas natural licuado hacia la instalación de gasificación.

Permite mantener la presión en el interior del depósito cuando su valor desciende del valor de consigna, en torno a los 4 y 5 bar.

La figura 62 lo muestra.



Figura 62. Equipo de puesta a presión
(fuente: archivo)

- Tuberías y válvulas.

Los materiales de las tuberías y válvulas se deben elegir de acuerdo a lo recomendado en la Norma UNE-EN ISO 16903 [1] que nos indica los materiales a utilizar en las instalaciones y equipos para gas natural licuado.

Se deben tomar medidas, como protecciones por aislamiento, para evitar cualquier contracción que pueda causar deformaciones, variaciones dimensionales, atascos o formación de hielo.

Todos los componentes y materiales situados aguas arriba de la Válvula Automática de interrupción por mínima temperatura, de la que se hablará en el punto 3.6.4, deben ser adecuados para operar a -196°C .

Para los materiales que puedan tener contacto accidental con el GNL debido a una fuga o derrame, deben estar protegidos con aislamientos o medios para evitar su deterioro.

- Manómetros y niveles.

El manómetro estará conectado a la fase gas para conocer su presión interior y un nivel o báscula para determinar la cantidad de producto, así como de un dispositivo que permita la medida de vacío, en su caso. El manómetro debe tener marcado la máxima presión de trabajo o de disparo de la válvula de seguridad. Estos elementos se pueden ubicar en las figuras 63 y 64.

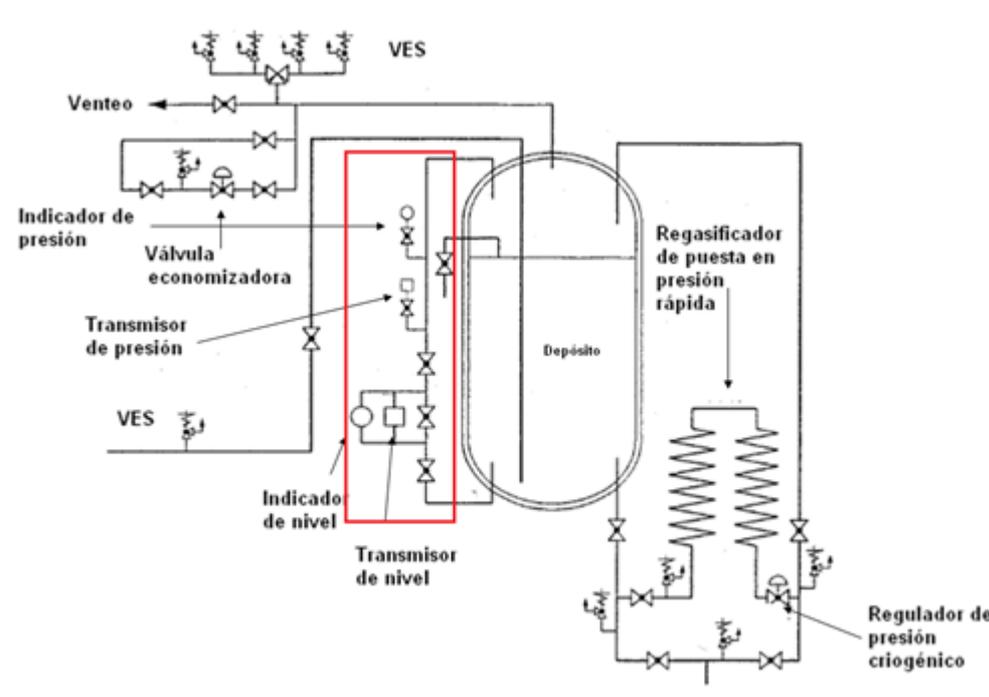


Figura 63. Esquema zona manómetros y niveles (fuente: archivo)



Nivel de depósito

Manómetro de presión del depósito

Figura 64. Detalle manómetros y niveles (fuente: archivo)

- Elementos de seguridad.

- En el recipiente interior

Válvulas de seguridad (figuras 65 y 66), colocadas en la fase gas y en comunicación permanente con el interior del recipiente.

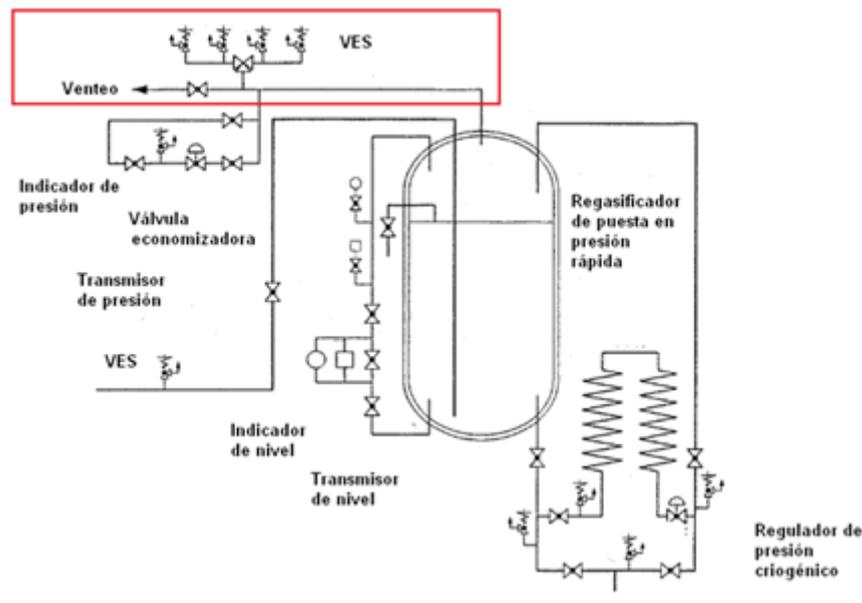


Figura 65. Esquema ubicación válvulas seguridad (fuente: archivo)

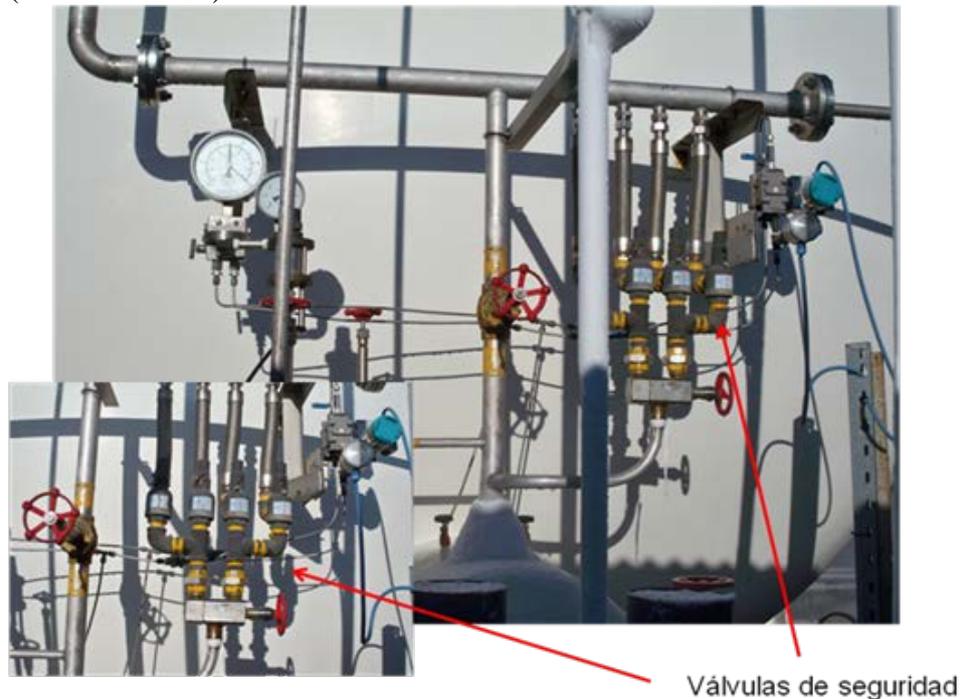


Figura 66. Detalle válvulas de seguridad (fuente: archivo)

Los sistemas de venteo de las válvulas de seguridad deben evitar reducir el caudal exigido al sistema, así como la acumulación de materias extrañas.

Estarán provistas de apagallamas y efectuarán las descargas en puntos donde no se cree la atmósfera explosiva.

- Una tarada a la máxima presión de trabajo y diseñada para evitar que la presión sobrepase el 110 por 100 de la máxima presión de trabajo.
- La segunda tarada como máximo al 130 por 100 de la máxima presión de trabajo y debe ser capaz, conjuntamente con la primera válvula, de aliviar, a una presión del 130 por 100 de la máxima presión de trabajo.

Deben colocarse de forma que la posibilidad de quedar bloqueadas por formación de hielo sea mínima. Posibilidad de precintar el sistema de tarado.

El tarado del sistema de seguridad debe ser tal que empiece a abrir a una presión no superior a la presión máxima de trabajo.

No debe existir ninguna válvula de cierre entre el depósito y el sistema de seguridad. En caso de existir doble sistema de seguridad (cuatro válvulas), éste puede tener un sistema de válvulas de cierre que permita aislar uno de los sistemas, pero que en ningún momento permitan aislar a todos los sistemas simultáneamente.

- En la envolvente

Los depósitos que tengan cámara de aislamiento al vacío o envolvente estanca deben proteger ésta por medio de un sistema capaz de eliminar la presión que pueda generarse en la cámara de aislamiento.

- Apagallamas

Los alivios a la atmósfera de las válvulas de seguridad, reflejados en la figura 67, estarán protegidos por los correspondientes apagallamas, y efectuarán la descarga en puntos donde no se puedan crear atmósferas explosivas.



Figura 67. Alivio de válvulas de seguridad
(fuente: archivo)

3.6.4. Módulo de regasificación o vaporización.

Las figuras 68 y 69 representan el módulo de regasificación o vaporización.

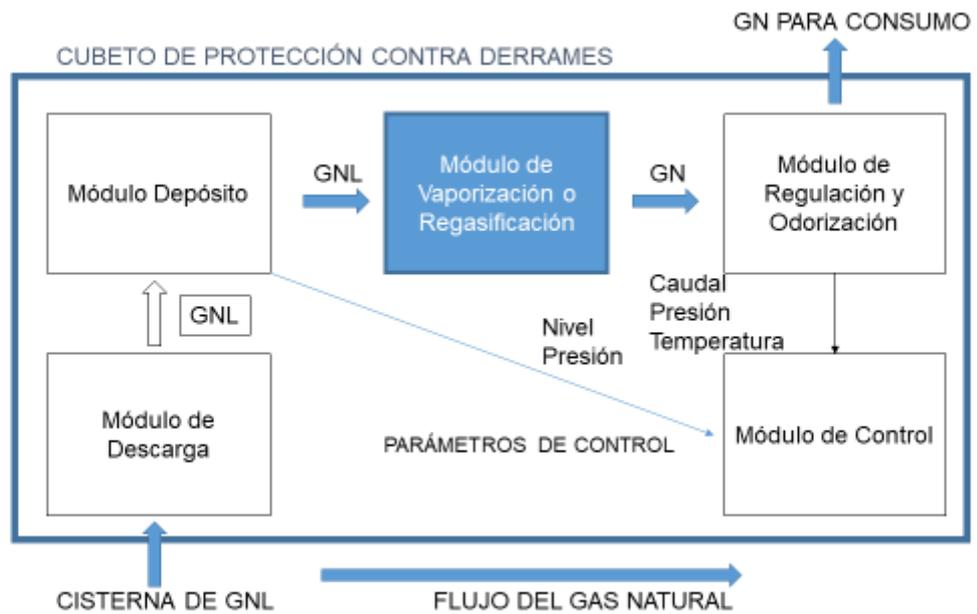


Figura 68. Módulo de regasificación
(fuente: elaboración propia)

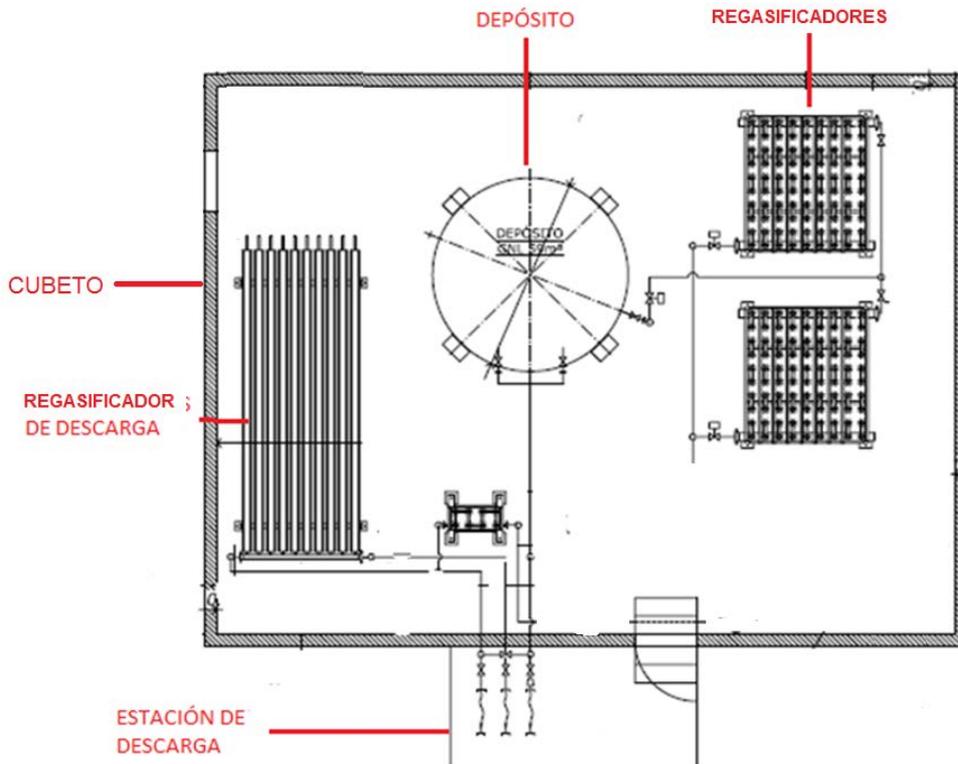


Figura 69. Planta módulo de regasificación
(fuente: archivo)

Función.

El objeto de la instalación de vaporización o regasificación (figuras 70, 71) tiene como misión calentar el GNL procedente de los depósitos hasta la temperatura ambiente (10-15 °C) para el total del caudal de emisión.

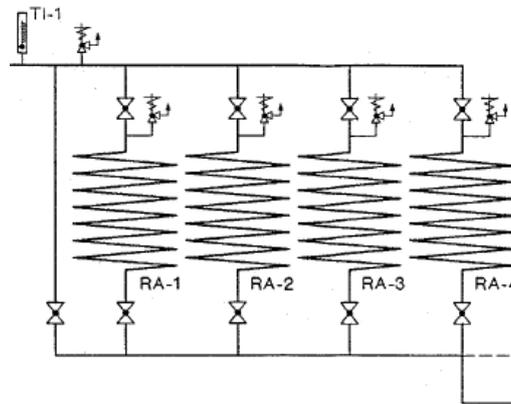


Figura 70. Esquema regasificador
(fuente: archivo)



Figura 71. Regasificador
(fuente: archivo)

Ceden energía térmica al GNL circulante por su interior para efectuar el cambio de fase de líquido a gas.

Efectúan su recalentamiento hasta la temperatura ambiente o próxima a ella.

Condiciones de instalación.

Los regasificadores y demás elementos complementarios deberán estar anclados y sus tuberías de conexión ser lo suficientemente flexibles para evitar los efectos debidos a las dilataciones y contracciones por los cambios de temperatura.

Tipos de regasificadores.

Los tipos de regasificadores pueden ser:

- Atmosféricos.
- Por intercambio térmico mediante un fluido calefactor, casi siempre agua caliente.

Preferentemente siempre se instalará la Unidad de Regasificación Atmosférica, sola o con apoyo de intercambiador forzado cuando las condiciones atmosféricas del emplazamiento de la planta así lo recomienden.

- Unidades de regasificación atmosférica.

Se utilizan preferentemente para caudales pequeños, su uso también está condicionado por el uso del gas y las condiciones medio ambientales del lugar donde se ubica la instalación.

Difícilmente utilizables en zonas de climas muy fríos, con días consecutivos bajo cero, en que no es posible su deshielo intermitente.

Su capacidad debe corresponder al caudal máximo requerido por la instalación de consumo y estará equipada (figura 72) como mínimo con:

- Regasificadores atmosféricos verticales.
- Válvulas criogénicas de entrada a cada gasificador
- Válvulas criogénicas con actuador neumático a la salida de cada regasificador.



Figura 72. Detalle equipamiento regasificador
(fuente: archivo)

Su rendimiento depende de:

- La superficie total de intercambio de las aletas.
- El grado de humedad ambiente.
- La velocidad del viento.

Se puede utilizar en combinación con regasificadores de agua caliente, que pueden estar instalados de las siguientes formas:

- **En serie**, aguas abajo de los atmosféricos, actuando como recalentadores del gas frío procedente de los atmosféricos, los cuales tienen una función de ahorro de energía.
- **En paralelo**, en cuyo caso son utilizables en épocas de bajos consumos, como por ejemplo en verano en distribuciones domésticas de gas.

Los regasificadores atmosféricos están generalmente contruidos con tubos de aletas de aluminio extrusionado para lograr la superficie adecuada de intercambio.

- Unidades de regasificación de agua caliente.

Para caudales elevados y constantes deben emplearse regasificadores de agua caliente.

Este tipo de regasificadores han dejado de autorizarse desde la revisión de la norma UNE 60210 de 2011, por su gasto energético y de agua caliente evaporada.

En instalaciones construidas anteriormente podemos encontrarnos los siguientes sistemas:

- Son serpentines o haces de tubos con aletas por los que circula el GNL, estos están sumergidos en cubas cilíndricas (figura 73) o paralelepípedicas llenas con agua caliente circulando en serie con calderas de calefacción convencionales.



Figura 73. Sistema regasificación de agua caliente en cuba
(fuente: archivo)

- Intercambiadores, con circulación de GNL por el haz tubular y agua caliente circulando por la envolvente (figura 74).



Figura 74. Sistema regasificación de agua caliente por haz tubular
(fuente: archivo)

La regulación de temperatura se hace mediante sondas de control en la salida de gas de los regasificadores y agua caliente directa o mediante válvulas de tres vías.

Al no poner regasificadores atmosféricos se deberá reforzar las medidas de seguridad que eviten la llegada de fase líquida a la Estación de Regulación (ER) y a la red de consumo.

Estas medidas consistirán como mínimo, en la instalación de dos válvulas de frío, una antes y otra después de la ER, con temperaturas de consigna secuenciales.

En caso de regasificación forzada, se deberán duplicar las calderas de apoyo.

Se debe monitorizar el estado de la caldera, la presión del circuito así como la temperatura del agua tanto de impulsión como de retorno.

Las tuberías del circuito de agua caliente deben ir aisladas.

- Elementos de seguridad.

Los elementos de seguridad que nos encontraremos instalados tanto en los regasificadores como en las tuberías son los siguientes:

- En los regasificadores.

- Una válvula de seguridad (figura 75) capaz de aliviar el gas suficiente para evitar que la presión pueda exceder del 110 por 100 de la presión máxima de trabajo. La presión de tarado será como máximo la de diseño del regasificador.

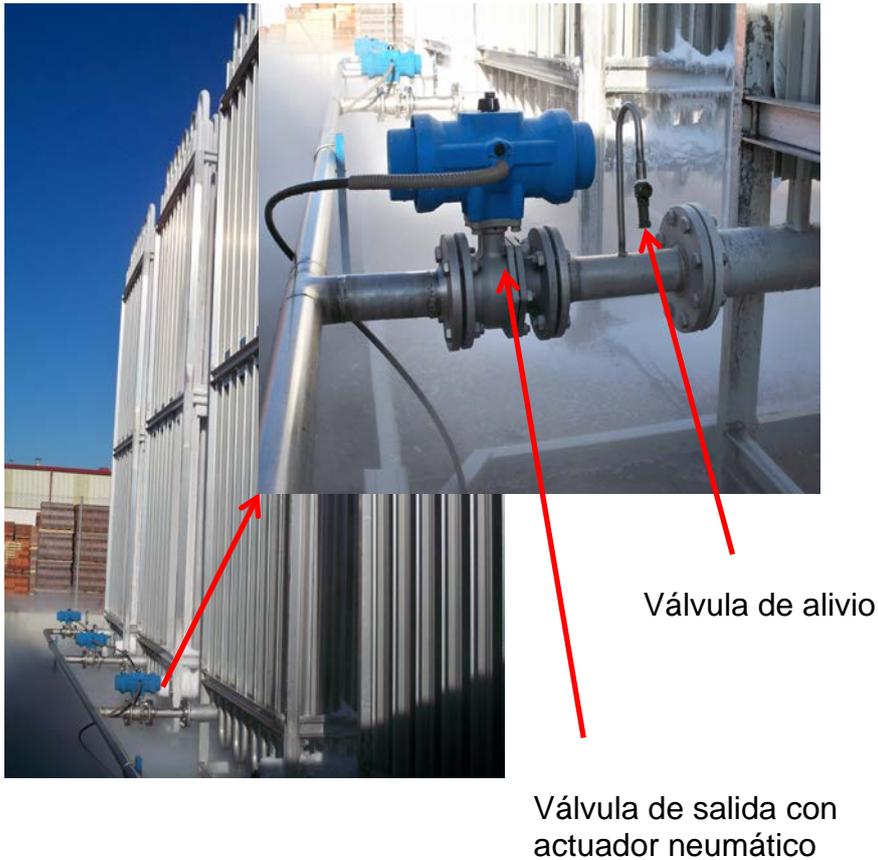


Figura 75. Detalle válvula seguridad salida regasificador
(fuente: archivo)

Cada regasificador podrá aislarse mediante válvulas de interceptación manual, siendo obligatoria, según norma, la instalación de una válvula de seguridad de frío (figura 75) aguas abajo del sistema de regasificación, que proteja la instalación de salida – grupo de regulación, odorización, red de salida de distribución, etc. – de gas de salida excesivamente frío.

- Sistema de cierre automático para protección del sistema de envío por baja temperatura.

El sistema de cierre automático (figura 76) está generalmente formado por dos termostatos que en caso de baja temperatura inferior a -10°C o la recomendada por el fabricante de los materiales, mandarían primeramente una señal de alarma para su corrección y posteriormente en caso de no ser subsanada la anomalía proceder al cierre de la emisión de gas mediante la actuación de una electroválvula que activará el cierre de la válvula automática de interrupción por mínima temperatura de salida de emisión.

La válvula debe ser de rearme manual y ante un posible fallo que imposibilite su funcionamiento debe quedar en posición de cerrada.



Figura 76. Detalle sistema cierre automático protección sistema (fuente: archivo)

- En la tubería.

Los tramos de tubería comprendidos entre dos válvulas de cierre deben estar protegidos por un sistema de alivio de presión que evite daños a la misma (figura 77). Los sistemas de venteo de las válvulas de seguridad deben evitar reducir el caudal exigido al sistema, así como la acumulación de materias extrañas.



Figura 77. Detalle sistema alivio de presión tubería regasificador
(fuente: archivo)

Estos dispositivos deben tener un tramo de tubería de longitud mínima de 10 centímetros que los separe de la zona fría, para evitar que queden bloqueadas por el hielo. La presión de tarado de estos dispositivos será inferior a la presión nominal de diseño de la tubería protegida.

Los alivios a la atmósfera de las válvulas de seguridad estarán protegidos por los correspondientes apagallamas, y efectuarán la descarga en puntos donde no se puedan crear atmósferas explosivas.

3.6.5. Módulo de regulación y odorización.

Las figuras 78 y 79 representan el módulo de regulación y odorización.

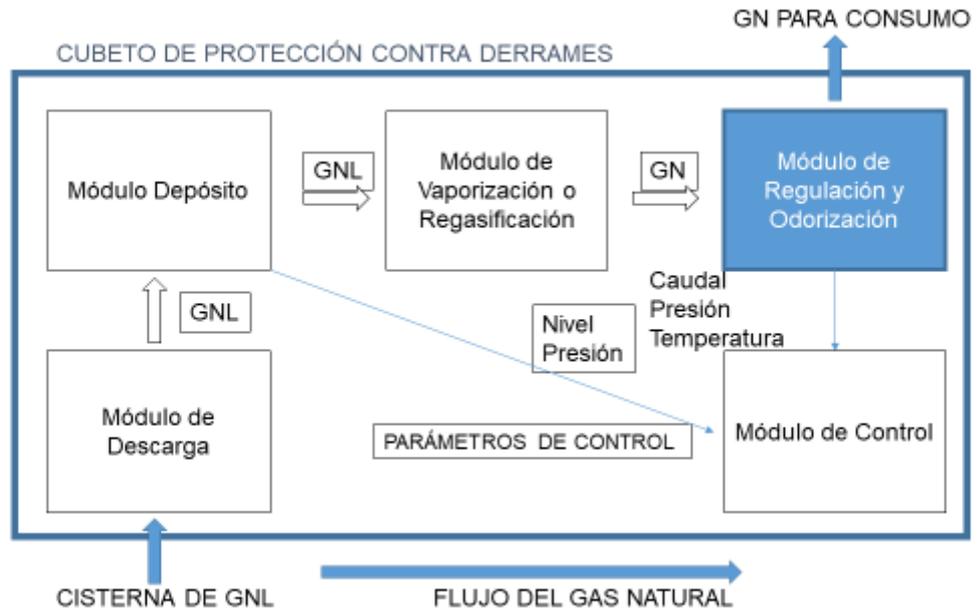


Figura 78. Módulo de regulación y odorización (fuente: elaboración propia)

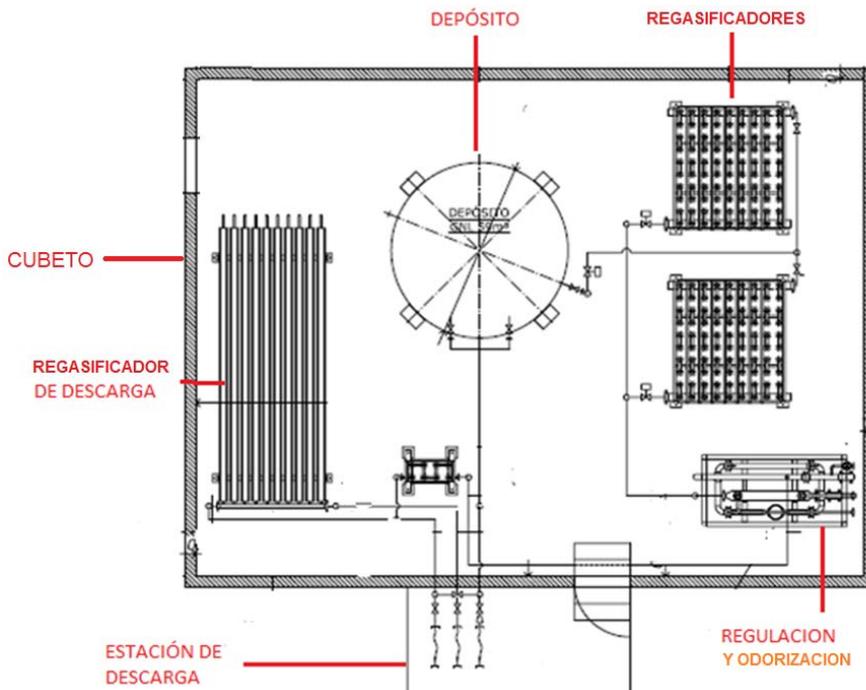


Figura 79. Planta módulo de regulación y odorización (fuente: archivo)

Función del módulo de regulación.

El módulo de regulación ajusta y mantiene constante la presión de salida del gas natural de planta, y eventualmente efectúa la medición del gas a través del contador o cuantómetro incorporado en la instalación (figuras 80 y 81).

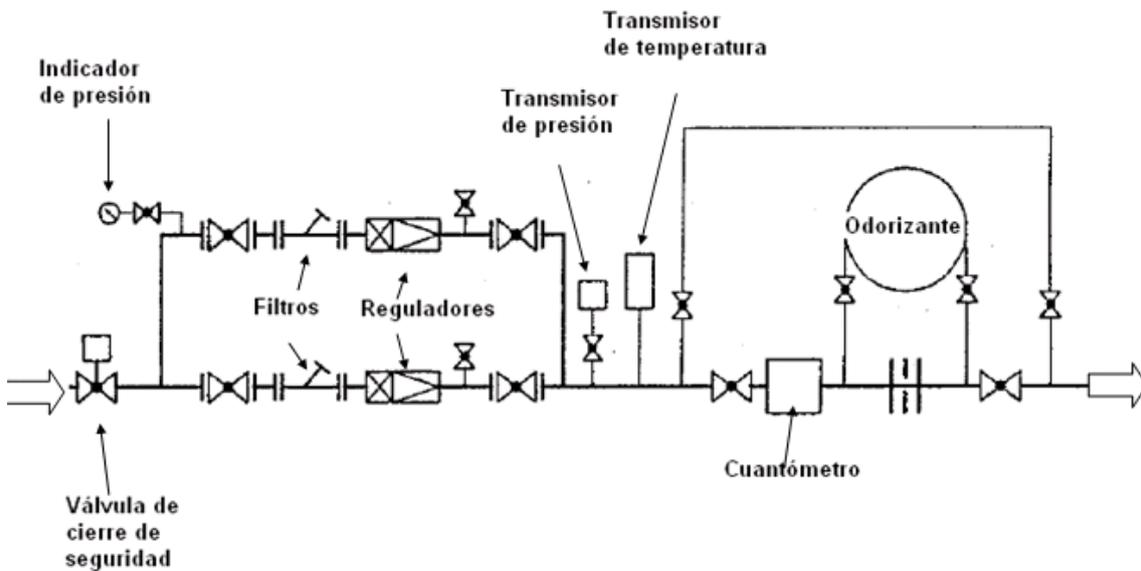


Figura 80. Esquema módulo regulación
(fuente: archivo)

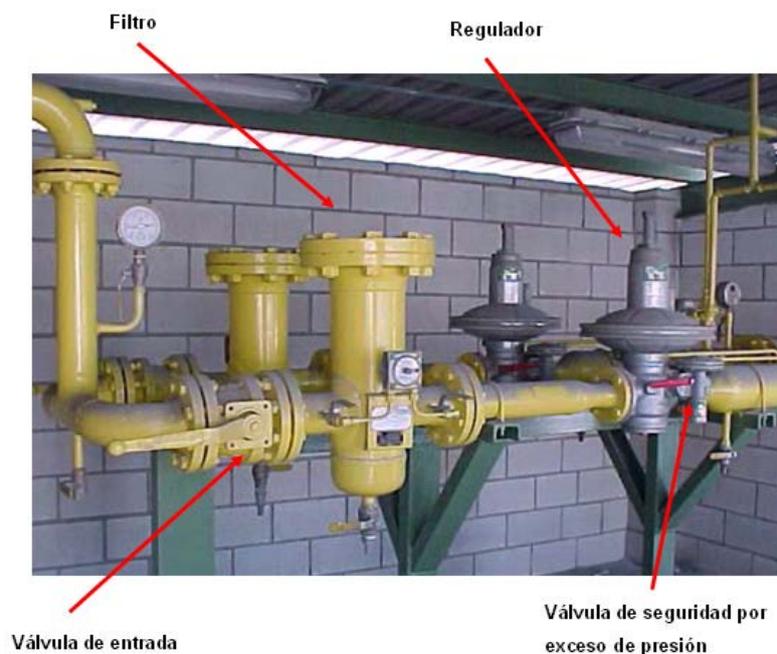


Figura 81. Módulo regulación
(fuente: archivo)

Condiciones de instalación.

En el caso de industrias, y dado que generalmente la presión de planta es como máximo de 5 bar, la instalación de regulación puede ser de dos o de una sola línea, con reguladores de acción directa, que en caso de mal funcionamiento permanece abierto.

La línea general de entrada de gas deberá tener instalada una válvula con actuador neumático antes de la Estación de Regulación y se ubicará en el interior del cubeto y se dimensionará en base a los consumos horarios de la planta.

Los elementos principales de la instalación de regulación vienen representados en la figura 82.

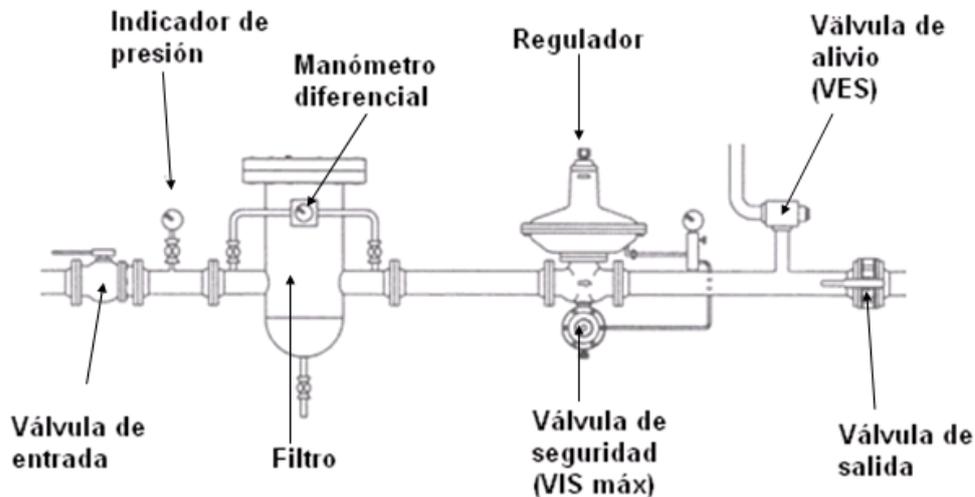


Figura 82. Elementos principales instalación regulación
(fuente: archivo)

Diseño de la Estación de Regulación.

- Consumo $> 500 \text{ m}^3 \text{ (n)/h}$.
 - 2 líneas completas (Filtro + Vis + Regulación), con Válvula de Escape y Seguridad (VES)
- Consumo $> 200 \text{ m}^3 \text{ (n) /h} < 500 \text{ m}^3 \text{ (n) /h}$.
 - 1 línea completa (Filtro + Vis + Regulador), con línea by-pass y VES.
 - 2 líneas si la producción es constante, turnos rotativos, riesgo alto de interrupción de suministro, etc.

- Consumo < 200 m³ (n)/h.
 - 1 línea completa (Filtro + Vis + Regulador).
 - Línea de by-pass y VES.

Sistema de odorización.

El objeto del sistema de odorización (figura 83) es facilitar la detección del gas natural ante una eventual fuga, añadiéndose a la corriente de salida del gas emitido una pequeña cantidad odorizante.



Figura 83. Detalle sistema odorización
(fuente: archivo)

La instalación de odorización deberá garantizar que la concentración de odorizante en el gas emitido se sitúe en el rango de 5 mg/Nm³ a 30 mg/Nm³ para un caudal emitido que varíe entre el caudal nominal de emisión y un caudal de 1/50 del anterior.

Generalmente:

Una parte del gas se deriva hacia un depósito de THT por efecto de la pérdida de carga creada por un diafragma intercalado en la red de salida de planta.

El gas derivado se satura de THT y se mezcla aguas abajo con el flujo principal, asegurando el diafragma una cierta proporcionalidad con el caudal circulante.

La capacidad del depósito será como mínimo de 50 lts. y su llenado deberá cubrir el consumo máximo anual o en su defecto el de seis meses como mínimo para su reposición sea realizada en las visitas de mantenimiento semestral. En la Tabla 4 se presentan

referencias de capacidades de depósitos de odorización en función de los consumos anuales.

Capacidad depósito odorización	Consumo anual
50 litros	1 - 30 GWh
100 litros	31 - 60 GWh
200 litros	61 - 125 GWh

Tabla 4. Capacidad depósito odorización según consumo anual (fuente: elaboración propia)

Deberá ir instalado a la salida de regulación y previo a la salida del gas de cubeto.

El odorizante a utilizar es el THT (tetrahidrotiofeno: C_4H_8S). Las cantidades normalmente utilizadas están entre 15 a 20 partes por millón (mg/Nm^3).

3.6.6. Módulo de control.

La figura 84 representa el módulo de control.

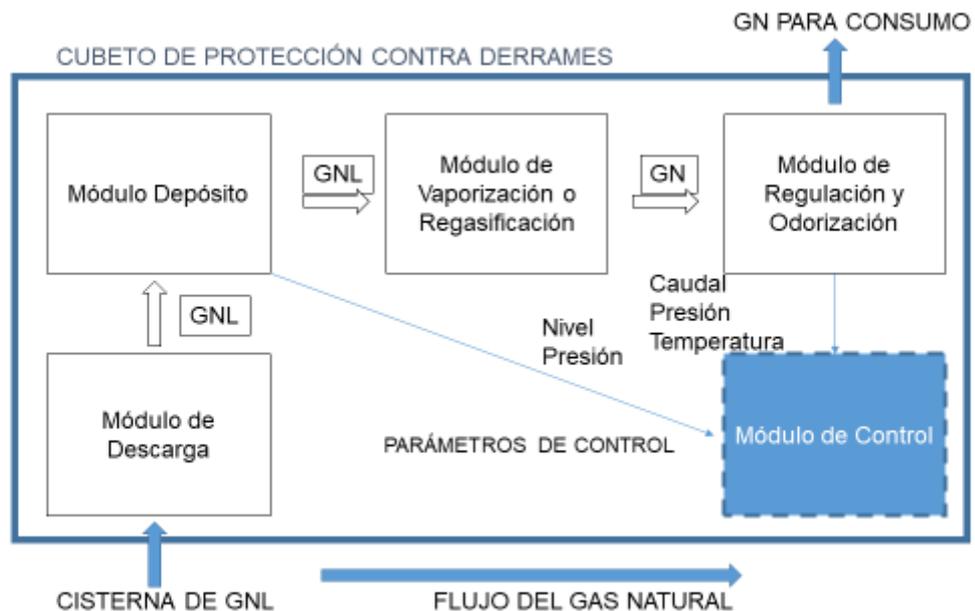


Figura 84. Módulo de control (fuente: elaboración propia)

Función.

Vigilar y controlar la seguridad de la planta y los parámetros básicos de proceso representados en la figura 85.

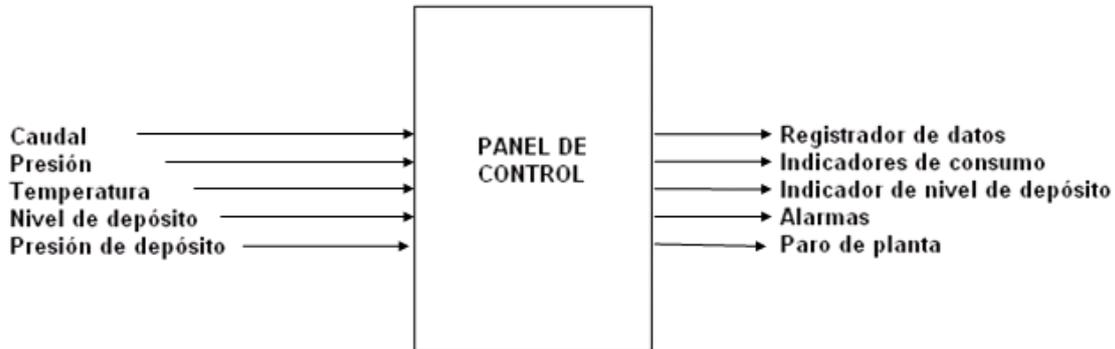


Figura 85. Módulo de control. Parámetros básicos de proceso (fuente: elaboración propia)

El control y las alarmas deben transmitirse directamente al operador que pudiera estar en un lugar alejado y quedar asimismo registradas en el ordenador de control (PLC), si existiera en la propia planta.

Toda la instrumentación de control y alarmas, debe ser independiente del funcionamiento normal de la planta.

Condiciones de la instalación.

El panel de control y alarmas (figura 86), se situará en zona no clasificada como zona de riesgo y preferiblemente en la sala de calderas. Este cuadro dispondrá de aisladores de seguridad intrínseca, y controlará los principales parámetros de funcionamiento.



Figura 86. Panel de control
(fuente: archivo)

Estos aisladores de seguridad intrínseca mantienen limitados a niveles seguros la corriente y el voltaje (energía eléctrica) en el área peligrosa, lo que impide que se produzcan chispas capaces de generar una explosión.

Elementos según establece la norma UNE 60210 [2].

Se puede distinguir entre plantas de operación presencial o no presencial.

- Plantas de operación presencial:

Los elementos de control mínimos que debemos tener son:

- Manómetro de presión de servicio.
- Nivel de indicación continua de llenado.
- Nivel de punto alto o máximo nivel admitido.
- Válvulas de servicio.

Se deben registrar (figura 87) en un cuadro de control los siguientes valores:

- Presión de gas antes de la salida de planta.
- Temperatura del gas antes de la salida de planta.
- Otros variables de servicio que se consideren convenientes.



Figura 87. Registros en el panel de control
(fuente: archivo)

- Plantas de operación no presencial:

Se deben establecer los controles y alarmas siguientes como mínimo:

- Presión de servicio de los depósitos.
- Nivel continuo de GNL en los depósitos.
- Temperatura del gas de emisión.
- Falta de alimentación eléctrica a la planta.
- Avería en el sistema de vaporización.
- Presencia de gas en la sala de calderas y/o grupos alternativos de alimentación eléctrica.
- Accionamiento de válvulas de interrupción por mínima temperatura.
- Intrusismo en planta.

El control y las alarmas se deben transmitir directamente al operador y quedar registrado en el ordenador de control (PLC), si existiera este en la misma planta.

Todo el instrumental de control y alarmas debe ser independiente del funcionamiento normal de la planta, debiéndose poder hacer el mantenimiento de esta instrumentación sin poner fuera de funcionamiento parte de la planta.

Telegestión según UNE 60210 [2].

La información de los parámetros anteriores se obtienen a través del sistema de telecontrol.

El equipo de telegestión podrá o no realizar el control operativo del funcionamiento de la planta de GNL.

Si el equipo de control y telegestión se encuentran por separados en la instalación, el equipo de control será capaz de transferir toda la información de las señales citadas anteriormente a través de un bus de comunicación, para así aprovechar los elementos de campo existentes y no duplicarlos.

El equipo realizará un histórico de las señales con una capacidad mínima de memoria para almacenar hasta 1 mes a una frecuencia de captura de 10 minutos.

Sistema de control, instrumentación y telegestión para la construcción y mantenimiento de plantas de GNL. Recomendaciones.

Los sistemas de control de la planta satélite deberán permitir vigilar y controlar la seguridad de la planta y los parámetros básicos de proceso.

El control y las alarmas deben transmitirse directamente al operador que pudiera estar en un lugar alejado y quedar asimismo registradas en el ordenador de control (PLC), si existiera en la propia planta.

A continuación, se describen los distintos equipamientos:

A) Cuadro de Control.

El cuadro de control de la planta de GNL permitirá efectuar, entre otras, las siguientes operaciones de control e información:

- Arranque y paro de la planta.
- Actuación sobre el sistema de corte general de salida de gas natural.
- Visualización de los parámetros de funcionamiento de la instalación.
- Activación del sistema de corte general:
 - Paro de emergencia.
 - Accionamiento de válvulas de interrupción por mínima temperatura.
 - Baja temperatura de gas a consumos (-10 °C).
 - Baja y alta presión de gas.
 - Baja temperatura del agua de calefacción y/o refrigeración.
- Alarma en caso de:
 - Baja temperatura de salida de gas a consumo.

- Fallo de alimentación eléctrica.
- Avería en el sistema de vaporización.
- Presencia de gas en sala de calderas y/o grupos alternativos de alimentación eléctrica.

B) Instrumentación.

Adquisición remota de las señales operativas de funcionamiento de la planta de GNL. Se deberá tener información de los siguientes parámetros:

- Nivel de llenado del tanque.(diferencia de presión o galga extensiométrica)
(En el de diferencia de presión se deben instalar 2 válvulas de purga, intercaladas en cada uno de los tubos de conexión con el indicador de nivel).
- Nivel del THT (máximo y mínimo).
- Presión del tanque.
- Presión del gas de salida de ER.
- Presión del agua de calefacción (vaporización forzada).
- Temperatura del gas a salida de regasificadores.
- Temperatura del gas a salida ER (consumo).
- Temperatura agua calefacción (gasificación forzada).
- Temperatura del gas a salida (gasificación forzada).
- Integración del corrector de gas.

3.7. INSTALACIONES AUXILIARES Y DE SEGURIDAD.

Equipos contra incendios.

Se deberán instalar los extintores de polvo seco (figura 88) en una proporción superior a 10 kilogramos de polvo seco por cada 1.000 kilogramos de producto.



Figura 88. Extintores de polvo seco
(fuente: archivo)

Los extintores deberán colocarse en lugares fácilmente accesibles y distribuirse alrededor del perímetro del cubeto (figura 89) y en su interior, en las escaleras de acceso a éste.



Extintores

Figura 89. Detalle colocación extintores de polvo seco
(fuente: archivo)

Si la capacidad geométrica de almacenamiento de la planta satélite es superior a 450 m^3 y la distancia entre depósitos es inferior a 15 m, se exige instalar un sistema de irrigación (figura 90) superior de refrigeración de los mismos de una capacidad de 3 l/min/m^2 .



Figura 90. Detalle sistema irrigación
(fuente: archivo)

Las instalaciones que no dispongan de suministro exterior de agua deben estar dotadas de depósitos de almacenamiento y medios de bombeo que permitan el funcionamiento de la red durante 30 min a la presión y caudal establecidos.

Llegado el caso de un derrame en un cubeto con peligro de incendio, o incendiado, deben irrigarse los depósitos adyacentes al mismo para protegerlos de los efectos de la radiación presente o posible.

Como principio general no debe utilizarse agua directa sobre un derrame de GNL ya que ello produciría salpicaduras violentas y se favorecería la vaporización del GNL por aporte de calor del agua en contacto directo con el GNL.

En algunas instalaciones grandes se han utilizado cañones de espuma de alta densidad para aislar un eventual derrame del contacto directo con la atmósfera.

En cualquier caso citar que no se han dado en España percances por incendio en plantas satélite.

Instalación eléctrica.

Las distintas zonas de emplazamiento de las plantas satélite se clasificarán según UNE-EN 60079 [7] (Clasificación de emplazamientos peligrosos), y la instalación eléctrica, de iluminación y la instalación de cuadros eléctricos o de control se efectuarán de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-029 (Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión) del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, RD 842/2002 [8].

Todas las partes metálicas de la planta, así como la cisterna durante la operación de descarga, se hallarán conectadas a tierra, de modo que la resistencia de puesta a tierra sea inferior a 20 Ω .

Concretamente, la instalación consistirá en:

- Puesta a tierra de equipos situados en el cubeto.
- Instalación y suministro de pinza de puesta a tierra en la estación de descarga de cisternas.
- Instalación de luminarias (2) en zona de descarga de GNL y ERM. (El alumbrado, sobre todo de la zona de descarga, debe ser suficiente para garantizar la seguridad de estas operaciones).
- Instalación de iluminación en sala de calderas.

Los sistemas de protección usuales son las envolventes antideflagrantes (figura 91), diseñadas para que si se produce una ignición dentro de ella, ésta resiste a la presión, es decir, la explosión no se propaga al exterior. Se identifica como "Ex d". En caso de existir instalaciones que las precisen (iluminación, interruptores, etc.), o mediante seguridad intrínseca en el caso de los instrumentos y circuitos de señales de control.



Figura 91. Envolvente antideflagrante
(fuente: archivo)

Debe prestarse especial atención al sistema de puesta a tierra del conjunto de planta y de la cisterna de descarga.

3.8. PRUEBAS EN OBRA.

En una Planta satélite se efectúan las siguientes pruebas:

- Radiográficas o de líquidos penetrantes de las soldaduras y conexiones criogénicas efectuadas.
- De presión y estanqueidad con nitrógeno gaseoso, de todos los circuitos de GNL y de gas natural. Por ejemplo a 7,5 bar durante 24 horas para una planta cuya presión de servicio máxima sea de 5 bar.
- De control de la presión de disparo de sus válvulas de seguridad.
- De presión y estanqueidad del depósito de GNL, que se realiza conjuntamente con su puesta en frío (según UNE 60210 [2]).
- La puesta en frío del depósito se realiza a partir de un camión cisterna de N₂ líquido provisto de regasificador incorporado que permite ir enfriando el depósito lentamente.
- Antes de la primera descarga de GNL se debe vaciar el N₂ líquido remanente en el depósito para no diluir el poder calorífico del GNL descargado.

3.9. MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE GNL.

Para realizar el mantenimiento de una planta de GNL deberemos tener en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- **UNE 60210** [2]. Plantas satélites de GNL.
- **Real Decreto 919/2006** [9], Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles, y en especial la **ITC-ICG 04** [10].
- **Real Decreto 2060/2008** [11], por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

3.9.1. Aspectos relacionados con el mantenimiento.

A continuación se describen cada uno de los aspectos que es necesario tener en cuenta en el mantenimiento de las plantas de GNL.

Responsabilidades del titular de la instalación o en su defecto los usuarios

En el Reglamento Técnico de Distribución y utilización de combustibles gaseosos [9] y su ITC 04 [10] establece que el titular de la instalación o en su defecto los usuarios serán responsables de los siguientes aspectos respecto a la planta:

- Mantenimiento.
- Conservación.
- Explotación.
- Buen uso.
- Disposición permanente en servicio.
- Nivel de seguridad adecuado.
- Atender las recomendaciones que, en orden a la seguridad, les sean comunicadas por el suministrador.
- Disponer de un contrato de mantenimiento suscrito con un especialista criogénico que disponga de un servicio de atención de urgencias permanente
- Vigencia del contrato de mantenimiento.
- Custodia de:
 - Libro de Mantenimiento o copia del archivo documental.
 - Certificado de la última revisión periódica realizada.

Mantenimiento

El Reglamento Técnico de Distribución y utilización de combustibles gaseosos en su ITC 04 [10] y la norma UNE 60210 [2] establece que el mantenimiento de las instalaciones son obligación de la propiedad, y deben ser realizadas por instaladores autorizados de gas, expertos en recipientes a presión y en temas criogénicos. No se indica ni su frecuencia ni sus contenidos.

En la práctica se efectúan 2 mantenimientos programados por año en las Plantas industriales y dos o más en el caso de Plantas de distribución si la compañía distribuidora lo considera.

Libro de mantenimiento

El Reglamento Técnico de Distribución y utilización de combustibles gaseosos en su ITC 04 [10] establece que debe existir un Libro de Mantenimiento para poder ser consultado por el órgano competente de la Administración Pública uno de los siguientes documentos:

- Libro de Mantenimiento.
- Archivo documental con copia de las actas de todas las operaciones realizadas, si la empresa encargada del mantenimiento está sujeta a un sistema de calidad certificado.

En estos se dejará constancia de cada visita anotando:

- El estado general de la instalación.
- Defectos observados.
- Reparaciones efectuadas.
- Lecturas de potencial de protección.

Los titulares de la instalación que acrediten poseer capacidad y medios para realizar el mantenimiento de sus instalaciones, podrán ser eximidas de la necesidad del contrato de mantenimiento, siempre que se comprometan a:

- Cumplir los plazos de control de la instalación y en las condiciones que fije el órgano competente de la Comunidad Autónoma.
- Tener al día el Libro de Mantenimiento o un archivo documental de la instalación desde su puesta en servicio.

Revisiones periódicas

Las revisiones periódicas deberían ser reguladas administrativamente por Instrucciones Técnicas Complementarias (RD 919/2006 [9]) o disposiciones análogas (Reglamento de equipos a presión, RD 2060/2008 [11]).

Sobre las revisiones periódicas, la UNE 60210 [2] cita, en su apartado 7.3, cinco comprobaciones a realizar, más la prueba reglamentaria del depósito cuando proceda. Son las siguientes:

- Medición del vacío del depósito.
 - Que dada su facilidad se efectúa dentro de los mantenimientos preventivos (por ejemplo una vez al año).
- Prueba de estanquidad (puede sustituirse por una medida del vacío).
 - Equivale a la anterior.
- Comprobación y precintado de válvulas del depósito.
 - Viene regulado por las revisiones periódicas de los aparatos a presión sobre las que van montadas (Ver Cap III – Artículo 6 - Inspecciones periódicas, y el Anexo III – Inspecciones periódicas, del Real Decreto 2060/2008 [11], por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias, según categorías y niveles de inspección).
- Comprobación del cumplimiento de las condiciones reglamentarias.
 - Según indicado en el apartado 6.2 de la ITC 04 [10] (que es anterior al Reglamento de Aparatos a Presión).
- Comprobación de la toma de tierra.

El titular es responsable de hacer revisar la instalación cada cinco años, incluyendo las pruebas y verificaciones establecidas en la norma UNE 60210 [2].

En función del producto del Volumen Geométrico (m^3) por la Presión Máxima de Trabajo, en bar (P), las pruebas serán realizadas por el personal acreditado (Tabla 5) que corresponda:

Volumen geométrico (m^3) x Presión máxima de trabajo (bar)	≤ 300	Especialista criogénico Servicio de mantenimiento del usuario Organismo de control
	> 300	Organismo de control

Tabla 5. Personal acreditado para realización pruebas
(fuente: elaboración propia)

Se extenderá un certificado de que la revisión periódica ha sido efectuada con resultado satisfactorio de estas pruebas. Se entregará a:

- Usuario.
- Propiedad.
- Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Además, cada quince años se realizará una prueba de presión neumática, con arreglo a los criterios que se establecen en la norma UNE 60210 [2].

Esta prueba de presión neumática será realizada por un organismo de control, asistido por un especialista criogénico, quien deberá emitir un acta de pruebas una vez concluida con éxito la citada operación.

Retirada de servicio de las plantas

El Reglamento Técnico de Distribución y utilización de combustibles gaseosos en su ITC 04 [10] establece una instalación podrá ser retirada de servicio por:

- Deseo expreso del titular.
- Resolución del Órgano Competente de la Comunidad Autónoma.
- Cese de actividad.

En el caso en que una instalación no reciba ninguna carga de GNL durante un período de un año, el titular de la instalación deberá proceder al inertizado de la misma.

Plan de mantenimiento

Se establece un plan de mantenimiento cuyos aspectos se desarrollan a continuación.

- Finalidad del plan de mantenimiento:

Garantizar la fiabilidad, seguridad y rentabilidad de los sistemas de:

- Descarga.
- Almacenamiento.
- Regasificación de GNL.
- Distribución de gas.

- Áreas que comprende el mantenimiento:

Las áreas del mantenimiento que se desarrollan a continuación son:

- **Mantenimiento Preventivo (asistencia técnica programada)**
El mantenimiento preventivo de las plantas de almacenamiento y regasificación de GNL consistirá en tres visitas anuales, conforme al siguiente programa:
 - o 2 visitas de inspección.
 - o 1 visita de revisión.Deberá cumplimentarse un informe de mantenimiento preventivo según modelo de Informe de Mantenimiento Preventivo y, además, el Libro de visitas.

- **Atención de Urgencias (asistencia técnica no programada, en incidencias)**
El titular de la instalación dispondrá de personal (propio o contratado) para atender cualquier fallo que se pudiera producir en la Planta, comunicado por el cliente, la compañía o por el personal de mantenimiento y/o control de la Planta.

El personal necesario se dimensionará para que el equipo de intervención atienda la incidencia en el plazo máximo de:

- o 1 hora en plantas que den servicio a un solo cliente industrial.
 - o 30 minutos para plantas que den suministro a una red de distribución.
- **Control de la Planta**
Acciones de vigilancia y detección de fallos encaminadas a asegurar el correcto y continuado funcionamiento de la Planta. El sistema de control permitirá la recepción y gestión de las prealarmas de la Planta.

Los parámetros mínimos a controlar serán:

- o Nivel de los depósitos.
- o Presión en depósitos.
- o Temperatura del gas a consumo.
- o Presión de salida del gas a consumo.
- o Temperatura del agua del vaporizador.

Se mantendrá también un control del caudal de consumo, ya sea por señal directa de la unidad de medida –si la hubiera-, ya sea por diferencia de nivel en los depósitos.

- **Mantenimiento correctivo**
Actividades que surgen como consecuencia de los avisos generados por la detección de incidencias en las plantas de GNL.
- **Otras actividades de mantenimiento**
Actividades que, estando asociadas o no al mantenimiento preventivo o al mantenimiento correctivo, no están sometidas a una frecuencia fija de realización o bien son actividades temporales. Estos trabajos son actividades propias de mantenimiento y pueden estar recogidas o no en el Plan de Mantenimiento.

3.9.2. Actuaciones de empresas mantenedoras.

Atendiendo a los requisitos y obligaciones establecidos en los puntos anteriores los mantenimientos a realizar por las empresas mantenedoras serán los siguientes:

Se realizarán dos mantenimientos periódicos

- Semestral o preventivo.
- Anual.

Requisitos del personal que opera en planta

El personal que opera la planta, debe tener:

- Experiencia en la instalación de la misma.
- Conocimiento apropiado en:
 - Manipulación del gas natural en sus fases líquida y gas.
 - Las diferentes operaciones que en la planta se ejecutan.
 - Utilización de instrumental y herramientas.
 - Sistemas de seguridad y equipos de protección individual.

El Personal de control a distancia de la planta debe ser conocedor de la forma de actuar ante una situación de emergencia.

Visitas de mantenimiento

El mantenimiento preventivo consistirá en dos visitas anuales de personal del Contratista especializado, conforme al programa que se detalla a continuación.

En cada una de las visitas se seguirá una ficha de mantenimiento donde están indicados todos los aspectos a comprobar dentro de la planta.

Se incluye a continuación modelo de la ficha del mantenimiento semestral (figura 92) con los ítems a comprobar y posteriormente se describirá como se deben realizar esas comprobaciones.

3. CONTROL DE PLANTA			REALIZADO	OBSERVACIONES
SI	NO	N.P.		

4. ZONA SALA CALDERAS			REALIZADO	OBSERVACIONES
SI	NO	N.P.		

Operario-mantenedor

Figura 92. Modelo ficha mantenimiento semestral
(fuente: archivo)

Como se observa en las fichas existen cuatro zonas definidas donde realizar el mantenimiento:

- Zona de cubeto.
- Zona de estación de regulación y medida (ERM).
- Control de planta.
- Zona de sala de calderas.

Zona de cubeto

Las operaciones de mantenimiento a realizar en la zona de cubeto son las que se describen a continuación.

- Presión del depósito
Se visualiza en el manómetro incorporado en la fase gas de cada depósito, como se aprecia en la figura 93.



Manómetro de presión de depósito

Figura 93. Manómetro presión depósito
(fuente: archivo)

Es un parámetro generalmente teletransmitido que se podrá comprobar también en el cuadro de control (figura 94).



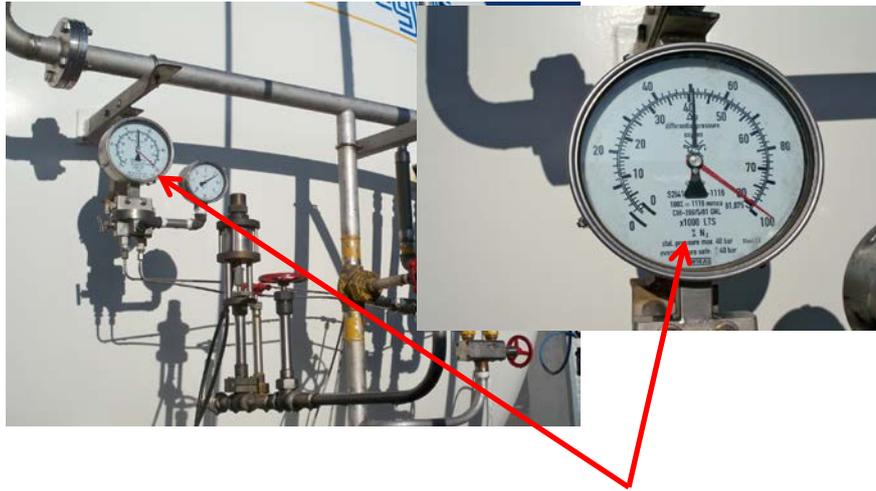
Figura 94. Cuadro de control. Presión depósito
(fuente: archivo)

Debe existir un margen suficientemente amplio, respecto a la presión de diseño, para evitar el disparo de las válvulas de seguridad por exceso de presión.

Esta presión de diseño o de trabajo vendrá indicada en la placa de características del depósito, que como vimos anteriormente será de 5 bar máximo.

- Nivel del depósito

Se visualiza en el nivel incorporado en cada depósito como se aprecia en la figura 95.



Nivel de depósito

Figura 95. Nivel de depósito
(fuente: archivo)

Es un parámetro generalmente teletransmitido que se podrá comprobar también en el cuadro de control (figura 96).



Figura 96. Cuadro de control. Nivel de depósito
(fuente: archivo)

El grado máximo de llenado de los depósitos de Plantas satélite debe ser del 95%.

- Temperatura del agua del circuito de agua caliente (sólo en el caso de utilizar regasificadores de agua caliente)

La temperatura del circuito de agua caliente se comprobará en los distintos termómetros ubicados en la instalación de suministro de agua caliente que van al regasificador y en la caldera que produce esta agua caliente. Según se indica en la figura 97.

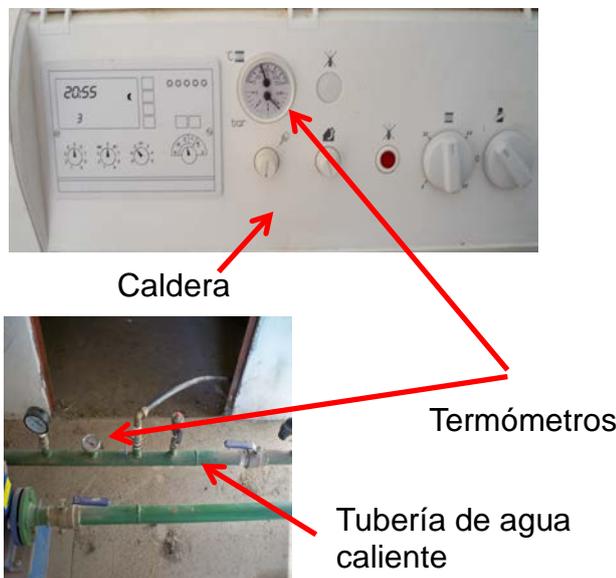


Figura 97. Termómetros control temperatura circuito agua caliente
(fuente: archivo)

- Temperatura de agua del regasificador (sólo en el caso de utilizar regasificadores de agua caliente)

Se leerá en el termómetro (figura 98) de éste y puede ser teletransmitido al cuadro de control

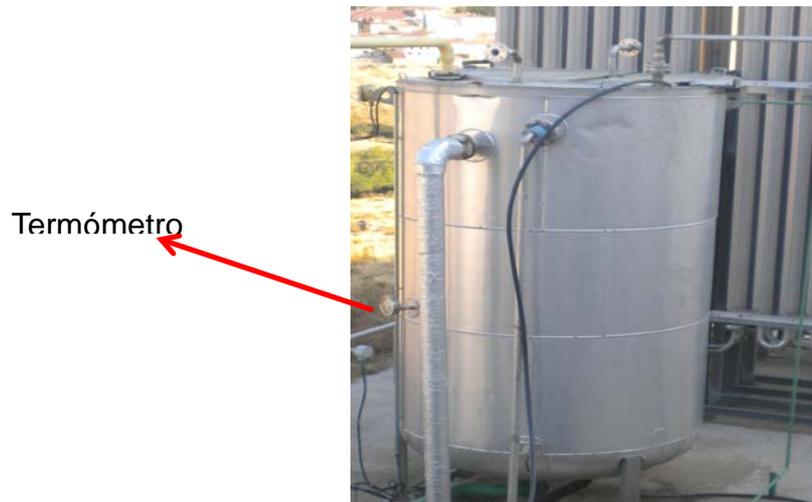


Figura 98. Termómetro control temperatura agua del regasificador
(fuente: archivo)

La temperatura del agua caliente será la necesaria para obtener una temperatura adecuada del gas.

- Presión de gas

La presión del gas se comprobará en los distintos manómetros que nos podamos encontrar tanto a la entrada de la línea de regulación como a la salida de ésta (figura 99).

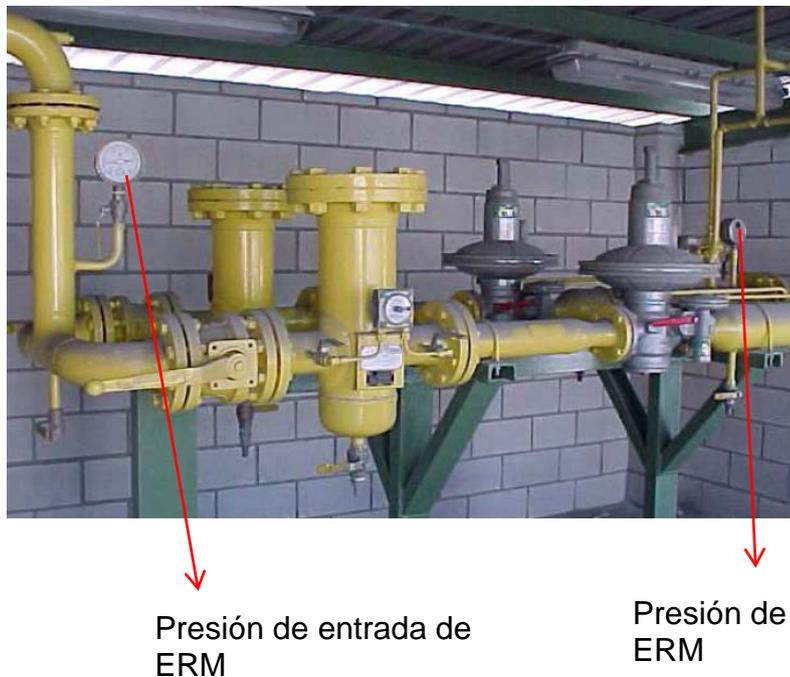


Figura 99. Manómetros para lecturas de presión ERM
(fuente: archivo)

Es un parámetro generalmente teletransmitido que se podrá comprobar también en el cuadro de control (figura 100).

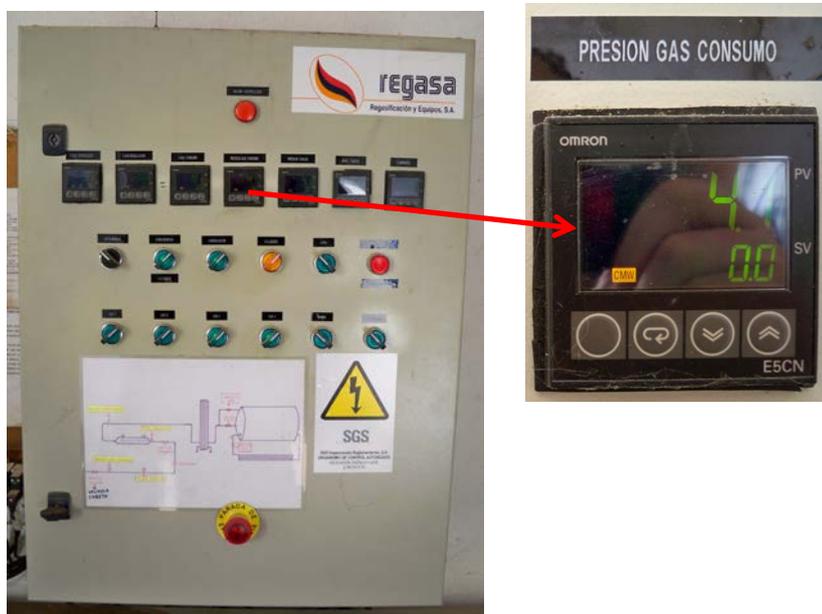


Figura 100. Cuadro de control. Presión de gas
(fuente: archivo)

La presión de gas de consumo dependerá de la presión de diseño de la instalación.

- Caudal de gas
El caudal de gas se controlará en el contador (figura 101), aunque generalmente las Plantas Satélite no disponen de contadores de volumen de salida que puedan medir el caudal de gas emitido.

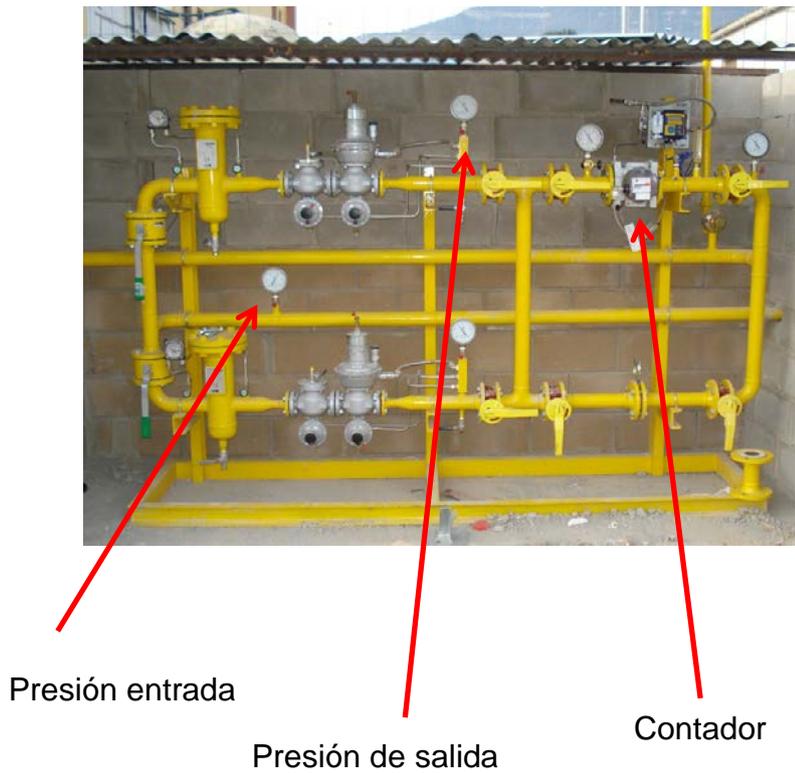


Figura 101. Contador para lectura de caudal de gas en ERM
(fuente: archivo)

- Nivel de THT

Se comprobará leyendo el valor de la altura del nivel del líquido THT del depósito de odorización (figura 102), sea este de contacto o de dosificación por bombas.



Figura 102. Depósito de odorización
(fuente: archivo)

- Presión de aire del circuito neumático (si existe)

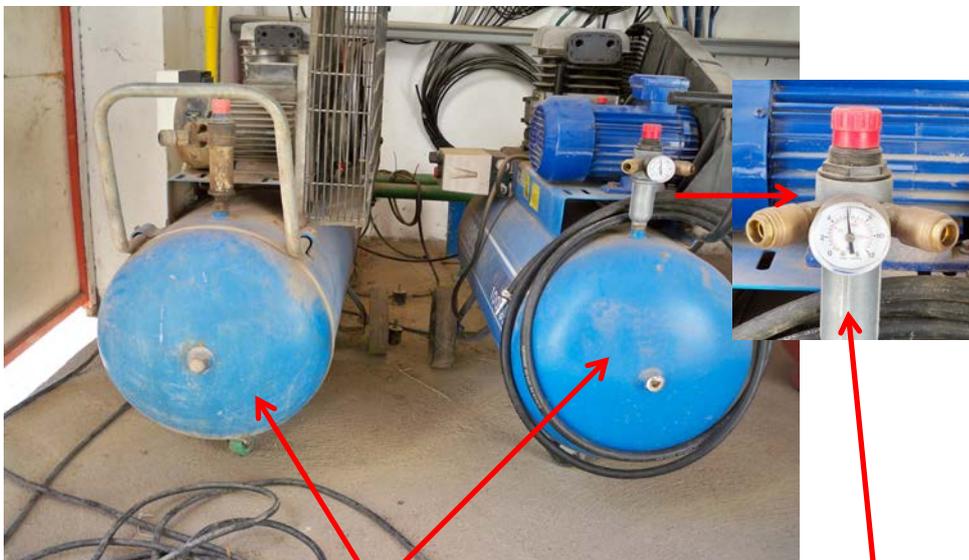
Se leerá el valor de la presión del circuito de aire comprimido instalado para la maniobra de la válvula de seguridad de frío y otras válvulas neumáticas que pudieran haberse instalado en la instalación de regasificación (figuras 103 y 104).

Podrá estar situado en la caseta donde se encuentran los elementos de control de la planta.



Válvula neumática

Figura 103. Válvula neumática
(fuente: archivo)



Compresores

Manómetro

Figura 104. Manómetro y compresores
(fuente: archivo)

- Estado de las mangueras de descarga de cisternas
Se comprobará que las mangueras de descarga de cisternas (figura 105):
 - Están almacenadas adecuadamente.
 - No están apoyadas en el suelo, tienen soportes adecuados.



Figura 105. Mangueras de descarga de cisternas
(fuente: archivo)

- Estado de la manguera de agua
Comprobar la existencia y funcionamiento del servicio de agua en el cubeto.
- Estado de pinza y cable de conexión a tierra
Utilizando cualquier equipo de control de medida de resistencia de una red de tierras, disponible en el mercado, como un telurómetro (figura 106), efectuado por un técnico capacitado y con el aparato contrastado y en regla.



Pinza de toma de tierra

Telurómetro



Figura 106. Telurómetro para medir resistencia red de tierras
(fuente: archivo)

- Inspección ocular de estado de extintores
Comprobar accesibilidad, señalización, conservación (figura 107)



Figura 107. Accesibilidad y señalización extintor
(fuente: archivo)

Comprobar que disponen de fundas para presévalos de las condiciones atmosféricas (figura 108).



Figura 108. Fundas y carcasas protección extintores
(fuente: archivo)

Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, peso y presión, y de las partes mecánicas (figura 109).



Figura 109. Inspección ocular extintores
(fuente: archivo)

- Estanqueidad de válvulas, bridas y tapones

Comprobación de fugas en:

- Válvulas criogénicas.
- Circuito de vaporización.
- Circuito de gas a consumo.
- Válvulas de alivio de depósito.

Para estas operaciones se utilizarán detectores de gas (figura 110) y se recorrerán con éstos las partes accesibles de la instalación.

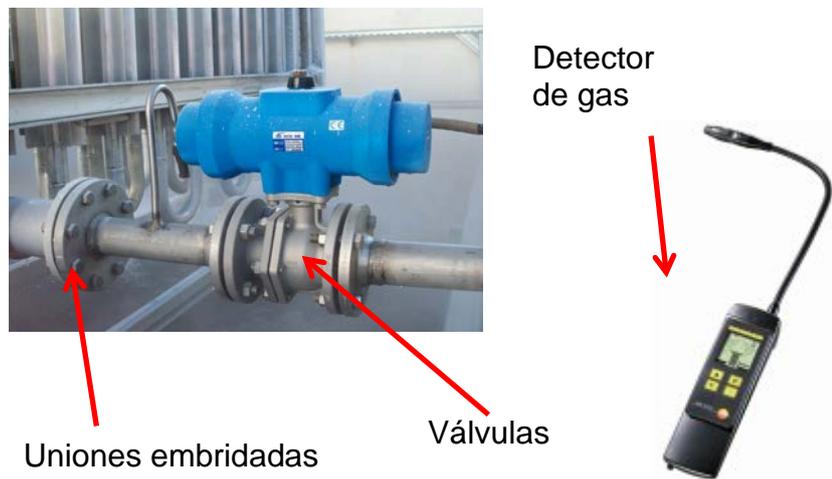


Figura 110. Detector de gas para comprobación fugas en uniones y válvulas
(fuente: archivo)

Los puntos de formación de hielo pueden indicar puntos de fuga.

- Medición del valor de vacío del depósito
Localizar el terminal de detección situado en la parte inferior del depósito instalado por el constructor del depósito, y tomar la medición con un aparato indicador de vacío (figura 111).

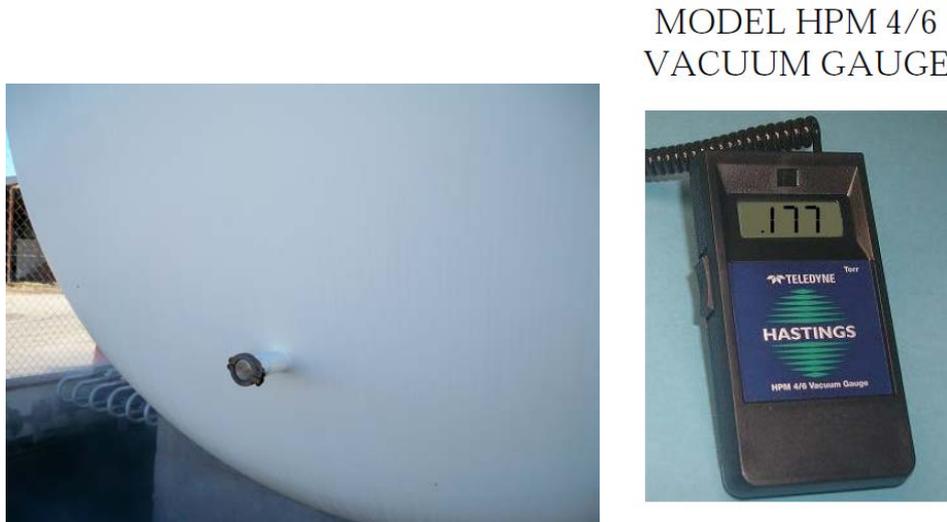


Figura 111. Aparato indicador para comprobación vacío en depósito
(fuente: archivo)

El procedimiento a seguir será:

- Quitar la caperuza de protección del cabezal.
- Acoplar el terminal hembra del aparato portátil de medición al cabezal.
- Leer en la pantalla del aparato la presión absoluta indicada, generalmente expresada en Tor (1 Tor = 1,3332 mbar absolutos).
 - Si es inferior a 0,6 mbar (0,75 Tor), el vacío es correcto, indicando que el depósito es estanco.

El aparato a utilizar será compatible con el terminal instalado por el fabricante.

Si no fuese correcta ya se habría puesto en evidencia la falta de estanqueidad por el incremento anómalo de la presión de servicio al haber perdido el vacío.

- Limpieza de filtros de GNL
Estos filtros son de malla de acero inoxidable tipo en Y (figura 112). Se controlan desmontando la tapa que cierra el filtro y sacando la malla.



Figura 112. Detalle filtro de gas
(fuente: archivo)

Zona de estación de regulación y medida (ERM)

Las operaciones de mantenimiento a realizar en la zona de ERM son las que se describen a continuación.

- Presión de entrada y salida

La presión del gas se comprobará en los distintos manómetros de la ERM (figura 113)

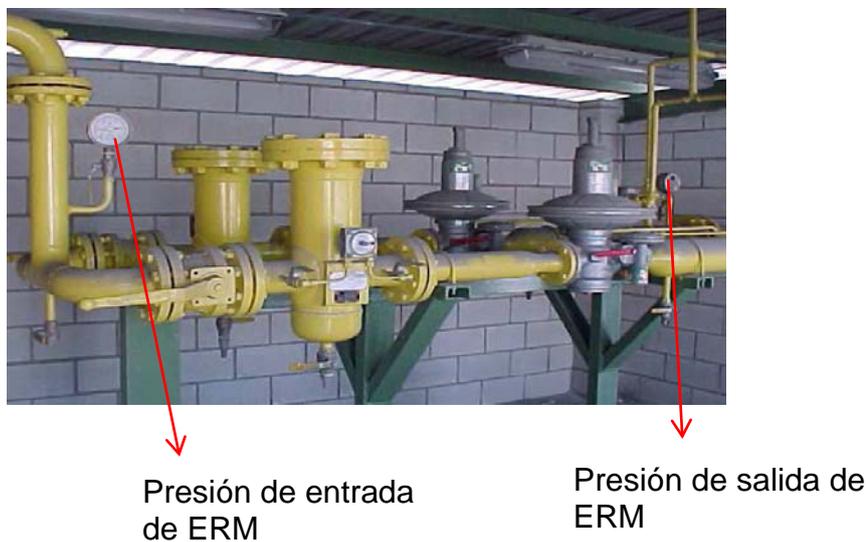


Figura 113. Manómetros lectura presión en ERM
(fuente: archivo)

- Temperatura de gas a consumo

Se toma la lectura de termómetro de salida, suele retransmitirse (figura 114).



Figura 114. Lecturas temperaturas gas en ERM
(fuente: archivo)

- Manómetro diferencial del filtro
Se toma la lectura en el manómetro diferencial según detalle de la figura 115.



Manómetro diferencial de
filtro

Figura 115. Detalle manómetro diferencial del filtro en ERM
(fuente: archivo)

Se considera que los filtros están sucios cuando la presión diferencial entre la salida y la entrada de gas al filtro sea de $\frac{1}{2}$ bar. Esta comprobación se debería de realizar con la línea de regulación trabajando y si es posible en el periodo de máximo consumo, excepto en los casos en los que los manómetros diferenciales dispongan de aguja de arrastre de máxima presión (prácticamente todas las instalaciones nuevas).

El motivo de la colmatación de los filtros suele ser el arrastre de suciedad por parte del gas. Esto ocurre cuando se aumenta el consumo. También en frecuentes ocasiones por la entrada de partículas extrañas.

- Comprobación de fugas
Con el uso de detectores de gas o agua jabonosa comprobar todas las uniones de la estación de regulación.

- Cambio de línea de regulación

La secuencia a seguir para el cambio de una línea de regulación será:

- Comprobar que la línea de reserva tiene la VIS rearmada y que su presión de disparo es correcta.
- Abrir las válvulas de entrada y salida de la línea de regulación a poner en servicio, caso de que estén cerradas.
- Cerrar lentamente la válvula de salida de la línea a aislar, observando las presiones.
- Despresurizar la línea aislada. Comprobar lectura de manómetros.
- Asegurarse el perfecto aislamiento de la línea aislada. Como precaución dejar abierta la válvula de purga.

- Purgado de filtros

Si se purga por la válvula de filtro (figura 116) y el gas puede arrastrar partículas de escorias o piedrecitas, si estas inciden violentamente sobre el suelo pueden producirse chispas. Para minimizar este riesgo se debe colocar un cartón o madera justo debajo de la purga. Esta purga solo se puede realizar en recintos no confinados.

Para recintos confinados se hace obligatorio en todas las maniobras el mantener en vigilancia el detector de gas, para detectar posibles atmósferas peligrosas.



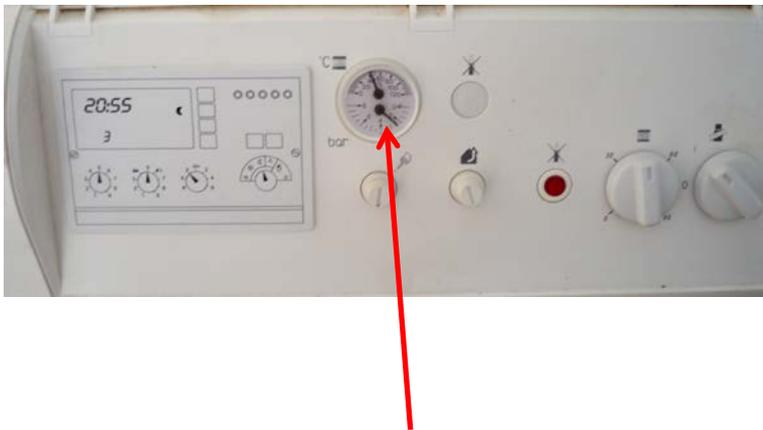
Purgado de filtro

Figura 116. Detalle válvula para purgado de filtro en ERM
(fuente: archivo)

Control de planta y zona de sala de calderas

Las operaciones de mantenimiento a realizar en esta zona son las comprobaciones que se describen a continuación sobre los elementos de las figuras 117 y 118.

- Comprobar fugas en el circuito de agua caliente
Se comprobará tanto visualmente como observando el manómetro de llenado del circuito de agua caliente que se encuentra en la caldera.



Manómetro de caldera

Figura 117. Detalle manómetro en caldera
(fuente: archivo)

- Comprobar fugas de circuito de gas de caldera
Se comprobará mediante detector de gas apropiado en las partes vistas de la instalación.
- Otras comprobaciones
 - Comprobación del funcionamiento correcto de calderas y bombas.

Los circuitos de agua caliente de servicio en Plantas satélite deben ser sencillos para evitar averías. Son circuitos de calefacción utilizando equipos muy habituales y probados.

- Si las hubiera, comprobación de entrada en funcionamiento de calderas y bombas de reserva.
A través de un PLC y/o cuadro eléctrico local, con detección de flujo y de funcionamiento de bombas, para asegurar que el agua se halle continuamente en circulación.
Mediante accionamiento manual desde cuadro, cambiar la bomba de servicio en funcionamiento por la de reserva y controlar su funcionamiento.
- Temperatura de agua de impulsión y retorno.
- Funcionamiento automática (PLC).
Funcionamiento del PLC o de cualquier otro equipo electrónico asociado; Transmisor de P, de T, de nivel, final de carrera, etc.:
 - Si funcionan, todo va bien y no hay que hacer nada.
 - Si ha fallado algo, ya se sabe inmediatamente vía telegestión o por que la instalación ha interrumpido su servicio por cierre de la Válvula de seguridad, etc.

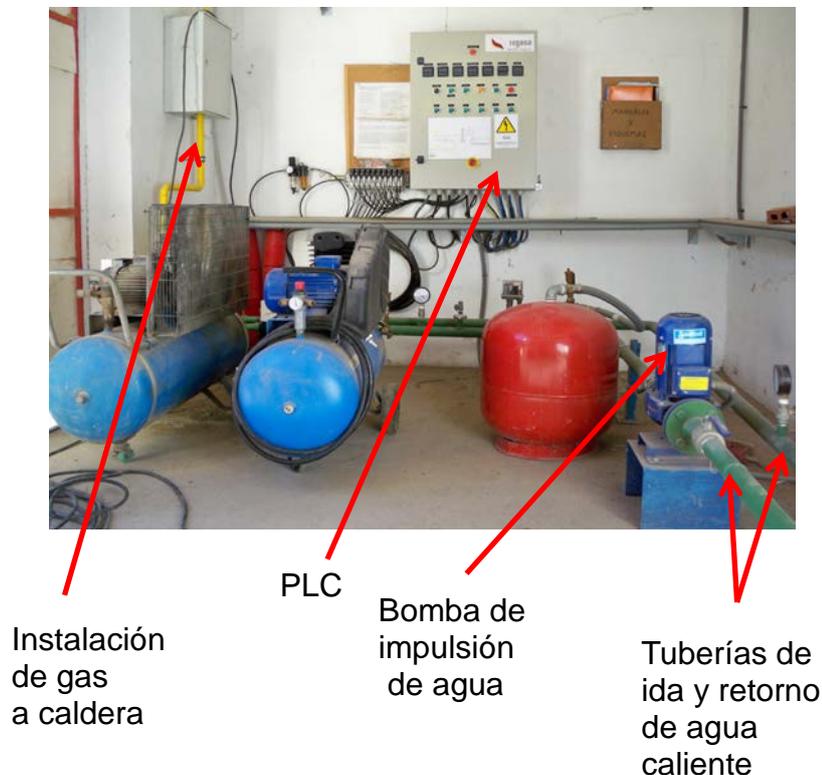


Figura 118. Detalle elementos a comprobar en zona de sala de calderas (fuente: archivo)

Comprobaciones anuales

Además de las operaciones descritas anteriormente cada doce meses se comprobarán los siguientes aspectos:

En planta:

- Comprobar los data-loggers que transfieren toda la información de las señales citadas anteriormente a través de un bus de comunicación.
- Comprobar baterías de reserva ante un fallo de suministro eléctrico.
- Comprobar alarmas.
- Revisión del plan de emergencia.
- Comprobar elementos de seguridad y contra-incendios.

En la zona de sala de calderas:

- Análisis de combustión de las calderas.
- Comprobar juntas de válvulas antirretorno.
- Regulación del compresor de aire del circuito neumático.

Otros aspectos a tener en cuenta en el mantenimiento

Además de las comprobaciones, controles e inspecciones anteriores, el Mantenimiento Preventivo puede incluir dependiendo de las condiciones de cada contrato:

- La reposición, sin coste adicional, de accesorios, juntas y pequeños materiales que haya que reponer en cada visita.
- Las gestiones para la carga del odorizador.
- Las gestiones para la recarga y mantenimiento de los extintores. Deberán ser efectuadas por empresas mantenedoras autorizadas, incluyendo, en su caso, la prueba periódica de presión.
- Sustitución de equipos y/o piezas averiadas o sus partes.

- Cambio de piezas o elementos de la instalación que pudieran ser necesarios para que la misma se adapte a la normativa vigente, o a las normas reglamentarias que pudieran aparecer con posterioridad.
- Reparación o sustitución de elementos, equipos o materiales debido a los daños producidos por incendios, robos, agua, abusos y otros accidentes ajenos al uso normal de la Planta.
- Inertizaciones, puestas en frío o cualquier operación que, siendo ajena al mantenimiento preventivo o correctivo, pudiera ser necesaria para realizar las operaciones propias del mismo o necesarias para la instalación.
- Limpieza y saneamiento de equipos, cubetos, tuberías, arquetas, etc.
- Retimbrado de elementos que exija la Reglamentación vigente.
- Cualquier tipo de asistencia técnica o material necesario para un mantenimiento correctivo.
- La reposición y reparación de los siguientes equipos y materiales:
 - Depósito criogénico de GNL.
 - Vaporizadores.
 - Tuberías y válvulas.
 - Calderas.
 - Cuadros eléctricos e instrumentos.
- Mangueras de descarga de cisternas.
- Coste de la carga del odorizador.
- Coste de recarga, revisión periódica y reparación de los extintores.

3.9.3. Mantenimiento equipos de protección contra incendios.

Algunos sistemas de extinción de incendio, adicionales a los ya presentados, son:

- Hidrantes (enterrados o de columna seca) (figura 119).



Figura 119. Hidrantes
(fuente: archivo)

- Bocas de Incendio Equipadas (BIEs). Se encuentran compuestas por; armario, soporte, válvula, manómetro, manguera, racor, boquilla, y lanza (figura 120).



Figura 120. Boca de incendio equipada (BIE)
(fuente: archivo)

- Sistemas de extinción automática (figura 121). Pueden ser de agua, espuma, CO₂, polvo seco. Según su área de actuación pueden ser de inundación total o parcial.



Figura 121. Rociadores para sistemas de extinción automática
(fuente: archivo)

Para todos los tipos de instalaciones se cumplirá con lo establecido en el RD 513/2017 [12] por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Comprende todos los extintores, BIE's y otros elementos que se hallen ubicados en las inmediaciones del recinto de la planta. Tiene la finalidad de asegurar que se hallan en buenas condiciones de uso. Por ello, además de las comprobaciones realizadas dentro del mantenimiento preventivo se realizarán por parte de entidades autorizadas para esta actividad, para los equipos contra incendios existentes, las siguientes operaciones reflejadas en la Tabla 6:

	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada año	Cada 5 años
Sistema automático de detección y alarma de incendios	Comprobar funcionamiento de las instalaciones Sustituir pilotos, fusibles, ..., defectuosos Mantenimiento acumuladores		Verificación integral de la instalación Limpieza de centrales y accesorios Verificar uniones roscadas o soldadas Limpiar y reglar relés Regular tensiones e intensidades Verificar equipos de transmisión de alarma Prueba de instalación con cada fuente de suministro eléctrico	
Sistema manual de alarma de incendios	Comprobar funcionamiento de las instalaciones Mantenimiento acumuladores		Verificación integral de la instalación Limpieza de centrales y accesorios Verificar uniones roscadas o soldadas Prueba de instalación con cada fuente de suministro eléctrico	
Extintores de incendios	Comprobar accesibilidad, señalización, conservación Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, ... Comprobar peso y presión Inspección ocular de las partes mecánicas		Comprobar peso y presión Extintores con botellín de impulsión, comprobar estado del agente extintor, peso y aspecto externo del botellín Inspección ocular de las partes mecánicas	Retimbrado del extintor
Bocas de incendio equipadas (BIE)	Comprobar accesibilidad y señalización Comprobar todos los componentes, desenrollar manguera y accionar boquilla Comprobar presión de servicio Limpieza del conjunto y engrase de cierres y bisagras en puertas de armario		Desmontar manguera y ensayar ésta en lugar adecuado Comprobar boquilla y sistema de cierre Comprobar estanquidad de racores, manguera y estado de juntas Comprobar indicación de manómetro con otro de referencia	Someter a la manguera a prueba de presión de 15 kg/cm ²

	Cada 3 meses	Cada 6 meses	Cada año	Cada 5 años
Hidrantes	Comprobar accesibilidad y señalización Inspección visual de la estanquidad del conjunto Quitar tapas de salidas, engrasar roscas y comprobar estado de juntas en racores	Engrasar tuerca de accionamiento o rellenar cámara de aceite Abrir y cerrar el hidrante, comprobando válvula principal y drenaje		
Columnas secas		Comprobar accesibilidad y señalización Comprobar tapas y funcionamiento de cierres Comprobar que llaves siamesas cerradas Comprobar que llaves seccionamiento abiertas Comprobar que tapas de racores están bien colocadas y ajustadas		
Sistemas fijos de extinción (rociadores de agua, polvo, ...)	Comprobar que boquillas o rociadores están en buen estado y libres de obstáculos para su funcionamiento Comprobar el buen estado de los componentes del sistema Comprobar estado de carga de la instalación y de las botellas de gas impulsor cuando existan Comprobar señalización, pilotos, ..., si existen Limpieza general de todos los componentes		Verificar componentes del sistema Comprobar carga de agente extintor e indicador de la misma Comprobar estado del agente extintor Prueba de la instalación	
Sistema de abastecimiento de agua contra incendios	Verificar por inspección todos los componentes Comprobar funcionamiento manual y automático Mantenimiento acumuladores Verificar de niveles (combustible, agua, aceite, ...) Verificar accesibilidad a elementos, limpieza, ...	Accionamiento y engrase de válvulas Verificar y ajustar prensaestopas Verificar velocidad motores con diferentes cargas Comprobar alimentación eléctrica, líneas y protecciones	Mantenimiento de motores y bombas Limpieza de filtros y elementos de retención de suciedad Prueba de carga de baterías y electrolito Prueba con cada fuente de agua y de energía	

Tabla 6. Operaciones a realizar de mantenimiento equipos de protección contra incendios

(fuente: RD 513/2017 [12])

3.9.4. Otras actuaciones asociadas al mantenimiento.

Plan de actuación de pintura, limpieza, desinsectación, desherbado y desratización en plantas de GNL

Estas acciones de mantenimiento preventivo tienen como objeto el mantener en perfecto estado las instalaciones. Se seguirán las indicaciones de las fichas de seguridad del producto que se utilice.

- Repintado de instalaciones.
 - Se realizará cada 5 años
- Limpieza y desinsectación de instalaciones.
- Aplicación de herbicidas.
 - Dos veces al año.
- Aplicación de raticidas.
 - La frecuencia será la que establezca la empresa especialista en este tipo de trabajo.

Gestión ambiental en plantas de GNL

Los residuos generados durante la actividad (pilas, baterías, embalajes, trapos) serán depositados en puntos limpios o en los contenedores habilitados para la recogida selectiva de este tipo de residuos.

Los contratos con las empresas que apliquen herbicidas o raticidas incluirán el requisito de la correcta gestión de los residuos generados.

Capítulo 4

Seguridad en plantas de GNL

4. SEGURIDAD EN PLANTAS DE GNL.

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD

Los riesgos y la posibilidad de accidentes asociados con las plantas satélites de GNL son los mismos que para cualquiera de los gases combustibles almacenados en la fase líquida.

Esto significa que es posible que ocurra:

- Fuga de GN
- Derrame de GNL
- Posterior incendio o explosión
- Accidente por quemaduras.

Por la naturaleza criogénica del GNL también hay probabilidad de:

- Nubes de vapores fríos fuera del área segura
- Lesiones personales si entra en contacto directo con la parte fría de las instalaciones
- Inhalación de gas frío
- Accidentes debidos a proyecciones de gas licuado sobre la piel

Por lo tanto, el sistema de prevención de estos riesgos y accidentes debe seguir las mismas normas de seguridad establecidas para las instalaciones de almacenamiento de productos combustibles, y se deben tener en cuenta los siguientes tres niveles de seguridad:

4.2. NIVEL DE SEGURIDAD

Nivel 1 de seguridad: GN y GNL confinados

Las medidas adoptadas tienen por objeto garantizar que las instalaciones y los conductos de las plantas satélites que contienen o distribuyen gases y líquidos son adecuados y de calidad suficiente para garantizar la retención de gas natural y gas natural licuado.

Esto significa que no hay fugas ni derrames, además de configurar cada salida de gas del sistema (venteos, purgas, etc.) de forma controlada y segura.

Para alcanzar esta meta, las empresas del sector y el gobierno crean procedimientos y regulaciones para evitar y hacer extremadamente improbables los riesgos de que el gas deje de estar confinado.

La siguiente referencia es un ejemplo:

Prescripciones y normas de diseño y construcción:

- De las instalaciones
- De los materiales con las que están construidas
- De los equipos de línea: Válvulas, reguladores, intercambiadores, otros equipos y accesorios en general.
- De las condiciones y garantías de construcción y montaje de las instalaciones

- De las pruebas y controles intermedios y finales a realizar
- De las condiciones de manipulación, uso y mantenimiento de las instalaciones y equipos
- Y cualesquiera otras análogas que pudiéramos seguir citando.

Este primer nivel es de suma importancia ya que su cumplimiento es la única garantía de seguridad y fiabilidad en la utilización de gases combustibles en la planta satélite.

Nivel 2 de seguridad: fugas de GN o derrame de GNL sin inflamación

Sin embargo, si las medidas del primer nivel fallan y se genera una salida incontrolada de gas o líquido en forma de fuga o derrame, el segundo nivel de seguridad debe garantizar que la fuga no se inflame y pueda ocasionar daños personales o a objetos ubicados cerca.

Por lo tanto, los mismos agentes mencionados anteriormente han establecido un segundo conjunto de procedimientos y regulaciones, para hacer poco probables o dificultar los riesgos mencionados.

Por ejemplo:

- La instalación se construye al aire libre o en un recinto bien ventilado
- Proteger o alejar componentes que pueden causar ignición
- Construcción de cubetos de contención de los depósitos y circuitos de GNL
- Mantener las distancias de seguridad para edificios, áreas de trabajo e instalaciones de riesgo, según normativa
- Disponer de medios de interrupción de fugas de forma rápida y segura
- Disponer de medios de asistencia constante y acción rápida.

Nivel 3 de seguridad: fuga de GN o derrame de GNL con inflamación

Si las anteriores medidas fallan y se inicia una fuga o un derrame con inflamación, el Nivel 3 de seguridad debe garantizar que existan métodos adecuados para extinguir el incendio y abordar eficazmente el incidente, accidente o emergencia que se haya producido a fin de evitar daños al personal y a los equipos.

Por lo tanto, también las empresas del sector y el gobierno establecen un tercer conjunto de procedimientos y normas que proporcionen una manera rápida y efectiva de implantar los métodos de lucha contra incendios necesarios, así como la resolución de la emergencia.

Como ejemplos tenemos:

- Elaborar planes de actuación para sofocar el incendio
- Desarrollar planes de emergencia para gestionar las situaciones de peligro
- Disponer de medios adecuados
- Personal con la adecuada formación y preparación

Estos tres niveles quedan cubiertos:

Cumpliendo la Normativa y las buenas prácticas y calidades a aplicar en el proyecto, construcción, operación y mantenimiento de las plantas.

Estableciendo los oportunos planes preventivos de actuación en caso de emergencias o accidentes.

4.3. RIESGOS EN PLANTAS DE GNL

Los riesgos presentes en las plantas de GNL a nivel de seguridad provienen tanto de la naturaleza intrínseca de la propia sustancia, es decir, riesgos propios del GNL, como de las operaciones que con este producto se realizan en el interior de la instalación. Existen además riesgos externos que podrían provocar accidentes en el interior de la planta.

De manera esquematizada, los riesgos presentados en el párrafo anterior se definen como:

- Riesgos inherentes al GNL.
- Riesgos asociados a las instalaciones.
- Riesgos de origen externo.

Los riesgos inherentes al GNL vienen determinados por las propiedades del gas natural, hidrocarburo gaseoso del petróleo, y que en su Ficha de Datos de Seguridad vienen indicadas con la frase H de Riesgo:

- H220 (*Flammable Gas 1*).

Y las siguientes clases de riesgo:

- *Flammable Gas 1*.
- *Pressurised Gas*.

Los pictogramas asociados a esta sustancia son los de la figura 122:

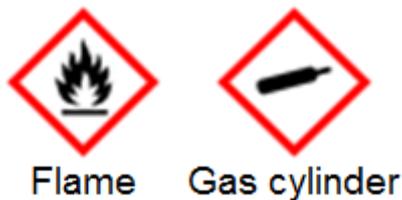


Figura 122. Pictogramas riesgos sustancias
(fuente: archivo)

El primer riesgo inherente viene asociado a la naturaleza inflamable del GNL. Esto conlleva los siguientes riesgos de accidente:

- Incendios.

- Explosiones.

El hecho de que se almacene presurizado, como el segundo pictograma indica, hace que a la posibilidad de accidentes en forma de incendios o explosiones se les sume un tercer riesgo asociado a los gases a la vez inflamables y presurizados:

- BLEVE (*Boiling Liquid Expansion Vapour Explosion*).

Accidente que se comentará también en los riesgos de origen externo pues es un accidente que puede tener como causa un incendio exterior al tanque o a la planta de GNL.

Hay que añadir, además, el riesgo de asfixia que puede presentar el GNL en caso de una fuga con volumen suficiente para desplazar el oxígeno del emplazamiento o la planta en la que se esté trabajando, y el riesgo de quemadura por congelación en el caso de contacto con el gas natural en el estado licuado.

Los riesgos asociados a las instalaciones vienen determinados, no sólo por la naturaleza inflamable del gas natural licuado, sino por la posibilidad de fuga que presentan los diferentes elementos de una planta de GNL: las líneas, las bridas, las uniones roscadas, las válvulas, los elementos de seguridad (válvulas de seguridad) pueden presentar un escape en un determinado momento, y el gas natural saliente es una potencial fuente de riesgo.

El Gas Natural, por fuga en una línea de gas natural líquido, puede producir:

- Un incendio del charco producido por el derrame, en caso de derrame e ignición inmediata.
- Una explosión de los vapores provenientes del charco, en caso de derrame e ignición diferida.

En caso de fuga desde una línea de gas natural en estado gaseoso (tras los vaporizadores), el gas natural saliente puede producir.

- Un chorro de fuego, en caso de fuga e ignición inmediata.
- Una explosión, en caso de derrame e ignición diferida.

Asociados también a la instalación de la planta de GNL existen los riesgos de incendio y explosión por el odorizante utilizado, de naturaleza inflamable.

Como riesgos de origen externo, podemos encontrarnos tanto fenómenos de origen humano, casuales o provocados, como de origen natural.

- Riesgos externos de origen humano: incendio casual o provocado cercano a la planta, sabotaje, vandalismo, terrorismo, accidentes cercanos a la planta.
- Riesgos externos de origen natural: terremotos, inundaciones, caída de rayo.

En caso de incendio exterior a la planta lo suficientemente cercano, existe riesgo de formación de una BLEVE o bola de fuego, uno de los accidentes más catastróficos con que se puede encontrar una planta de GNL.

Debido a estos riesgos existe documentación y legislación a exigir a dichas plantas, entre los que, por su importancia, se destacan los siguientes:

- **Documentos necesarios y su disponibilidad en proceso**

- Antes de la Primera Descarga:
 - Documento de Protección contra explosiones.
 - Alta de la planta de GNL en Industria.
 - Alta de la planta de GNL en las distintas CC.AA. por el Consejero de Seguridad.

Se resumen a continuación los documentos que a nivel de Seguridad y Prevención son exigibles legalmente y la legislación aplicable a las plantas de Gas Natural Licuado.

4.4. LEGISLACIÓN Y DOCUMENTACIÓN APLICABLE.

- **REAL DECRETO 919/2006**, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11. [9]
- **ITC-ICG 04** Plantas satélite de GNL. [10]

Fija los requisitos técnicos y las medidas de seguridad en plantas satélites de GNL referentes a:

- Diseño
- Construcción
- Pruebas
- Instalación

- **UNE 60210:2015** Plantas satélite de GNL. [2]
- **UNE-EN ISO 16903** Industrias del petróleo y del gas natural. Características del GNL que influyen en el diseño y en la selección de los materiales. [1]
- **UNE-EN 13645** - Instalaciones y equipamientos de gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres con capacidad de almacenamiento comprendida entre 5 t y 200 t. [13]
- **UNE 60670-3** – Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 3: Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones. [14]
- **UNE-EN 1473** - Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres [15]
- **NFPA 59 A** Norma para la producción, almacenamiento y manejo del GNL. [16]
- **RD 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. [17]

Tiene por objeto la prevención y protección de las personas, bienes y medio ambiente en plantas en las que se puedan generar accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

Establece las obligaciones del industrial en cuanto a:

- La implantación de medidas para prevenir accidentes graves y limitar sus consecuencias, así como a la obligación de éste a colaborar con los órganos competentes de las Comunidades Autónomas en lo relativo a inspecciones y controles.

- Presentar una notificación a la Comunidad Autónoma, a disponer de una política de prevención de accidentes graves, un sistema de gestión de la seguridad, un plan de autoprotección o plan de emergencia interior. Establece dos niveles distintos de afectación en función de la masa de sustancia peligrosa o sustancias peligrosas presentes en la instalación, y para los establecimientos con un grado de afectación superior, a presentar una información básica a la administración competente para que ésta elabore un plan de emergencia para la población exterior a la planta.
- Presentar información tras el suceso de un accidente grave a los órganos competentes de la Comunidad Autónoma, y de ésta hacia órganos estatales (Delegación del Gobierno y Protección Civil); Protección Civil deberá asimismo remitir información a la Comisión Europea de dicho suceso. Establece el régimen de inspecciones y remite a la Ley 21/1992 en lo relativo a infracciones y sanciones al industrial en caso de incumplimiento de los requisitos.
- Regula que las plantas con almacenamientos de entre 50 y 200 t de GNL deben disponer de un Plan de Emergencia Interior y las de más de 200 t de un Plan de Emergencia Exterior.

Ello equivale, en volumen geométrico de depósitos a:

$$50 \text{ t} / 0,47 \text{ t} / \text{m}^3 / 0,95 = 112 \text{ m}^3 \text{ aproximadamente, y}$$

$$200 / 0,42 \text{ t} / \text{m}^3 / 0,95 = 500 \text{ m}^3 \text{ aproximadamente.}$$

- **RD 393/2007**, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. [18]

Establece, entre otras, la obligación de todo centro, edificio, establecimiento o planta industrial a disponer de un Plan de Autoprotección que garantice la seguridad de las personas, los bienes y el medio ambiente en caso de una situación de emergencia. Los establecimientos y plantas sujetos a la legislación de accidentes graves por sustancias peligrosas en sus premisas están, por tanto, sujetos asimismo a este R.D., que viene a complementar a los anteriores.

- **Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales** y sus modificaciones. [19]
- **Real Decreto 681/2003** sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo [Trasposición de la Directiva 99/92/CE (ATEX-137)] [20]
- Especificaciones técnicas [21], fichas [22] y manuales [23] Sedigas (Asociación española del gas)
- Notas técnicas de prevención [24 - 26] y fichas [27] del INSHT.

- **RD 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión [8]
- **RD 1566/1999**, de 8 de octubre, sobre los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable [28]
- **RD 551/2006**, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español [5]
- **UNE 60312:2015** – Estaciones de regulación para canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión de entrada no superior a 16 bar [29]
- **UNE 60620-5** – Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 5: Grupos de regulación. [30]
- **UNE-EN 60079-10-1** – Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas. [7]

- **Disposiciones de las comunidades autónomas.**

Dependiendo del ámbito geográfico, se tendrán en cuenta adicionalmente las posibles condiciones constructivas en la instalación y acometidas, derivadas de la legislación autonómica aplicable.

- **Normativa interna de Compañía**

Dependiendo de la compañía distribuidora, se tendrán en cuenta adicionalmente las posibles condiciones constructivas en la instalación y acometidas, derivadas de las especificaciones internas de cada empresa. Principalmente serán especificaciones técnicas relativas a:

- Dimensionado de Plantas satélite de GNL.
- Transporte carga y descarga de mercancías peligrosas.
- Procedimiento de seguridad en el transporte, carga y descarga

4.5. TIPOS DE INSTALACIONES AFECTADAS.

El RD 840/2015 [17] establece, en su Anexo I, qué instalaciones se ven afectadas por la legislación de Accidentes Graves. La parte 1 de dicho anexo establece categorías de sustancias, y la parte 2 nomina las sustancias. En ambos casos, la afectación de una instalación viene determinada por la masa en toneladas de sustancia(s) peligrosa(s) en la misma, y tanto para la parte 1 por categoría de peligrosidad como para la parte 1 de sustancias específicas, se establece un grado de afectación inferior y otro superior en función de que se superen dos umbrales distintos de masa en toneladas, el umbral inferior y el umbral superior (respectivamente).

A continuación, en las figuras 123 y 124, se incluyen las tablas que registran ambas partes del Anexo I:

Parte 1: Categorías de sustancias peligrosas

Columna 1	Columna 2	Columna 3
Categorías de peligro de conformidad con el Reglamento (CE) n.º 1272/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008.	Cantidades umbral (en toneladas) de las sustancias peligrosas a que se hace referencia en el artículo 3, apartado 10, a efectos de aplicación de los	
	Requisitos de nivel inferior	Requisitos de nivel superior
Sección «H» – PELIGROS PARA LA SALUD		
H1 TOXICIDAD AGUDA – Categoría 1, todas las vías de exposición.	5	20
H2 TOXICIDAD AGUDA – Categoría 2, todas las vías de exposición – Categoría 3, vía de exposición por inhalación (véase la nota 7).	50	200
H3 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) – EXPOSICIÓN ÚNICA STOT SE Categoría 1.	50	200
Sección «P» – PELIGROS FÍSICOS		
P1a EXPLOSIVOS (véase la nota 8) – Explosivos inestables o – Explosivos de las divisiones 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 o 1.6, o – Sustancias o mezclas que tengan propiedades explosivas de acuerdo con el método A.14 del Reglamento (CE) n.º 440/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, (véase la nota 9) y no pertenezcan a las clases de peligro «peróxidos orgánicos» o «sustancias o mezclas que reaccionan espontáneamente».	10	50
P1b EXPLOSIVOS (véase la nota 8) Explosivos de la división 1.4 (véase la nota 10).	50	200
P2 GASES INFLAMABLES Gases inflamables de las categorías 1 ó 2.	10	50
P3a AEROSOLES INFLAMABLES Aerosoles «inflamables» de las categorías 1 ó 2, que contengan gases inflamables de las categorías 1 ó 2 o líquidos inflamables de la categoría 1.	150 (neto)	500 (neto)
P3b AEROSOLES INFLAMABLES Aerosoles «inflamables» de las categorías 1 ó 2, que no contengan gases inflamables de las categorías 1 ó 2 o líquidos inflamables de la categoría 1.	5.000 (neto)	50.000 (neto)

Columna 1	Columna 2	Columna 3
Categorías de peligro de conformidad con el Reglamento (CE) n.º 1272/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008.	Cantidades umbral (en toneladas) de las sustancias peligrosas a que se hace referencia en el artículo 3, apartado 10, a efectos de aplicación de los	
	Requisitos de nivel inferior	Requisitos de nivel superior
P4 GASES COMBURENTES Gases comburentes de la categoría 1.	50	200
P5a LÍQUIDOS INFLAMABLES - Líquidos inflamables de la categoría 1, o - Líquidos inflamables de las categorías 2 ó 3 mantenidos a una temperatura superior a su punto de ebullición, u - Otros líquidos con un punto de inflamación ≤ 60 °C, mantenidos a una temperatura superior a su punto de ebullición (véase la nota 11).	10	50
P5b LÍQUIDOS INFLAMABLES - Líquidos inflamables de las categorías 2 ó 3 cuando las condiciones particulares de proceso, por ejemplo presión o temperatura elevadas, puedan crear peligros de accidentes graves, o - Otros líquidos con un punto de inflamación ≤ 60 °C cuando las condiciones particulares de proceso, por ejemplo presión o temperatura elevadas, puedan crear peligros de accidentes graves (véase la nota 11).	50	200
P5c LÍQUIDOS INFLAMABLES Líquidos inflamables de las categorías 2 ó 3 no comprendidos en P5a y P5b.	5.000	50.000
P6a SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUE REACCIONAN ESPONTÁNEAMENTE y PERÓXIDOS ORGÁNICOS Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente de los tipos A ó B o peróxidos orgánicos de los tipos A ó B.	10	50
P6b SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUE REACCIONAN ESPONTÁNEAMENTE y PERÓXIDOS ORGÁNICOS Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente de los tipos C, D, E ó F o peróxidos orgánicos de los tipos C, D, E, ó F.	50	200
P7 LÍQUIDOS Y SÓLIDOS PIROFÓRICOS Líquidos pirofóricos de la categoría 1 Sólidos pirofóricos de la categoría 1.	50	200
P8 LÍQUIDOS Y SÓLIDOS COMBURENTES Líquidos comburentes de las categorías 1, 2 ó 3, o Sólidos comburentes de las categorías 1, 2 ó 3.	50	200
Sección «E» – PELIGROS PARA EL MEDIOAMBIENTE		
E1 Peligroso para el medio ambiente acuático en las categorías aguda 1 o crónica 1.	100	200
E2 Peligroso para el medio ambiente acuático en la categoría crónica 2.	200	500
Sección «O» – OTROS PELIGROS		
O1 Sustancias o mezclas con indicación de peligro EUH014.	100	500
O2 Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables de categoría 1.	100	500
O3 Sustancias o mezclas con indicación de peligro EUH029.	50	200

Figura 123. Parte 1 Anexo I RD 840/2015
(fuente: RD 840/2015 [17])

Parte 2: Sustancias peligrosas nominadas

Columna 1	Número CAS (*)	Columna 2	Columna 3
Sustancias peligrosas		Cantidades umbral (toneladas) a efectos de la aplicación de los	
		Requisitos de nivel inferior	Requisitos de nivel superior
1. Nitrato de amonio (véase la nota 12)	–	5.000	10.000
2. Nitrato de amonio (véase la nota 13)	–	1.250	5.000
3. Nitrato de amonio (véase la nota 14)	–	350	2.500
4. Nitrato de amonio (véase la nota 15)	–	10	50
5. Nitrato de potasio (véase la nota 16)	–	5.000	10.000
6. Nitrato de potasio (véase la nota 17)	–	1.250	5.000
7. Pentóxido de arsénico, ácido arsénico (V) y/o sales	1303-28-2	1	2
8. Trióxido de arsénico, ácido arsenioso (III) y/o sales	1327-53-3		0,1
9. Bromo	7726-95-6	20	100
10. Cloro	7782-50-5	10	25
11. Compuestos de níquel en forma pulverulenta inhalable: monóxido de níquel, dióxido de níquel, sulfuro de níquel, disulfuro de níquel, trióxido de níquel	–		1
12. Etilenimina	151-56-4	10	20
13. Flúor	7782-41-4	10	20
14. Formaldehído (concentración \geq 90 %)	50-00-0	5	50
15. Hidrógeno	1333-74-0	5	50
16. Ácido clorhídrico (gas licuado)	7647-01-0	25	250
17. Derivados de alquiplomo	–	5	50
18. Gases inflamables (licuados de las categorías 1 ó 2 (Incluido el GLP) y gas natural (véase la nota 18))	–	50	200
19. Acetileno	74-86-2	5	50
20. Óxido de etileno	75-21-8	5	50
21. Óxido de propileno	75-56-9	5	50
22. Metanol	67-56-1	500	5.000
23. 4,4'-metilén-bis (2-cloroanilina) y/o sus sales en forma pulverulenta	101-14-4		0,01
24. Isocianato de metilo	634-83-9		0,15
25. Oxígeno	7782-44-7	200	2.000
26. 2,4-disocianato de tolueno 2,6-disocianato de tolueno	584-84-9 91-08-7	10	100
27. Dicloruro de carbonilo (fosgeno)	75-44-5	0,3	0,75
28. Arsina (trihidruro de arsénico)	7784-42-1	0,2	1
29. Fosfina (trihidruro de fósforo)	7803-51-2	0,2	1
30. Dicloruro de azufre	10545-99-0		1
31. Trióxido de azufre	7446-11-9	15	75
32. Policlorodibenzofuranos y policlorodibenzodioxinas (incluida la TCDD) calculadas en equivalente de TCDD (véase la nota 20)	–		0,001

Columna 1	Número CAS (*)	Columna 2	Columna 3
		Cantidades umbral (toneladas) a efectos de la aplicación de los	
		Requisitos de nivel inferior	Requisitos de nivel superior
33. Los siguientes CARCINÓGENOS o las mezclas que contengan los siguientes carcinógenos en concentraciones superiores al 5 % en peso: 4-aminodifenilo y/o sus sales, triclorobenceno, bendidina y/o sus sales, éter bis (clorometílico), éter clorometílico y metílico, 1,2-dibromoetano, sulfato de dietilo, sulfato de dimetilo, cloruro de dimetil- carbamolio, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2-dimetilhidracina, dimetilnitrosamina, triamida hexametilfosfórica, hidracina, 2-naftilamina y/o sus sales, 4-nitrodifenil o 1,3 propanosulfona	-	0,5	2
34. Productos derivados del petróleo y combustibles alternativos a) gasolinas y naftas b) querosenos (Incluidos carburorreductores) c) gasóleos (Incluidos los gasóleos de automoción, los de calefacción y los componentes usados en las mezclas de gasóleos comerciales) d) fuelóleos pesados e) combustibles alternativos a los productos mencionados en las letras a) a d) destinados a los mismos fines y con propiedades similares en lo relativo a la inflamabilidad y los peligros medioambientales	-	2.500	25.000
35. Amoníaco anhidro	7664-41-7	50	200
36. Trifluoruro de boro	7637-07-2	5	20
37. Sulfuro de hidrógeno	7783-06-4	5	20
38. Piperidina	110-89-4	50	200
39. Bis(2-dimetilaminoetil) (metil)amina	3030-47-5	50	200
40. 3-(2-etilhexilox)propilamina	5397-31-9	50	200
41. Mezclas(*) de hipoclorito de sodio clasificadas como peligrosas para el medio ambiente acuático en la categoría 1 de peligro agudo[H400] que contengan menos de un 5 % de cloro activo y no estén clasificadas en ninguna otra categoría de peligro en la parte 1 del anexo I. (* Siempre que la mezcla, en ausencia de hipoclorito de sodio, no esté clasificada como peligrosa para el medio ambiente acuático en la categoría 1 de peligro agudo [H400].		200	500
42. Propilamina (véase la nota 20)	107-10-8	500	2.000
43. Acrilato de terc-butilo (véase la nota 21)	1663-39-4	200	500
44. 2-metil-3-butenonitrilo (véase la nota 21)	16529-56-9	500	2.000
45. Tetrahidro-3,5-dimetil-1,3,5-tiadiazina-2-ona (dazomet) (véase la nota 21)	533-74-4	100	200
46. Acrilato de metilo (véase la nota 20)	96-33-3	500	2.000
47. 3-metilpiperidina (véase la nota 21)	108-99-6	500	2.000
48. 1-bromo-3-cloropropano (véase la nota 20)	109-70-6	500	2.000

Figura 124. Parte 2 Anexo I RD 840/2015
(fuente: RD 840/2015 [17])

El RD 840/2015 [17] es de aplicación a una instalación si una de las sustancias peligrosas presente en la misma supera el umbral correspondiente (inferior o superior) o si la suma de las proporciones de cada sustancia con respecto a su umbral supera el umbral correspondiente (inferior o superior) –es lo que se conoce como regla de la suma-.

El espectro de industrias afectadas por dicha legislación es muy amplio, y sin pretender establecer una lista exhaustiva, algunos ejemplos de industrias afectadas podrían ser:

- Almacenamientos de combustibles (gasolina, gasoil, queroseno, GLP, GNL...).
- Industrias de tratamientos de aguas.
- Plantas químicas.
- Industrias farmacéuticas.
- Centrales termosolares.
- Plantas de producción de abonos.
- Industrias agroalimentarias.
- Plantas de embotellamiento de gases.
- Industria metalúrgica.
- Plantas de celulosa.
- Centrales térmicas de ciclo combinado.
- Producción de fitosanitarios.
- Plantas de producción de biodiesel.
- Cualquier industria o instalación con una planta de Gas Natural Licuado.
- Fábricas de cerámica, ladrillos, azulejos.

En lo que respecta al GNL, al ser una sustancia específicamente nombrada en la parte 2 del Anexo 1, los umbrales a tomar son los especificados en la tabla primera para “Gases licuados extremadamente inflamables (incluidos GLP) y gas natural”: 50 Tn como umbral inferior y 200 Tn como umbral superior.

4.5.1. Plantas de GNL con almacenamiento mayor o igual a 200 toneladas.

Afectadas por RD 840/2015 [17] y RD 393/2007 [18].

Según RD 840/2015 [17] necesario:

- Informe de seguridad que incluirá:
 - Sistema de gestión de prevención de accidentes graves (SGPSG).
 - Política de prevención de accidentes graves (PPAG).
- Plan de autoprotección denominado Plan de emergencia interior (PEI).
- Plan de Emergencia Exterior (PEE).
- Información a la población.

Según RD 393/2007 [18] necesario:

- Plan de autoprotección.
- Realizar simulacro anual por plan e informe de evaluación.
- Informar y formar al personal en el contenido del plan de autoprotección (PEI).

4.5.2. Plantas de GNL con almacenamiento entre 50 y menor a 200 toneladas.

Afectadas por RD 840/2015 [17] y RD 393/2007 [18].

Según RD 840/2015 [17] necesario:

- Sistema de gestión de prevención de accidentes graves (SGPSG).
- Política de prevención de accidentes graves (PPAG).
- Plan de autoprotección denominado Plan de emergencia interior (PEI).

Según RD 393/2007 [18] necesario:

- Plan de autoprotección.
- Realizar simulacro anual por plan e informe de evaluación.
- Informar y formar al personal en el contenido del plan de autoprotección (PEI).

4.5.3. Plantas de GNL con almacenamiento mayor o igual a 30 toneladas y menor de 50 toneladas.

Afectadas por RD 393/2007 [18].

- Plan de autoprotección.
- Realizar simulacro anual por plan e informe de evaluación.
- Informar y formar al personal en el contenido del plan de autoprotección.

En la figura 125 se resumen los requerimientos expuestos:

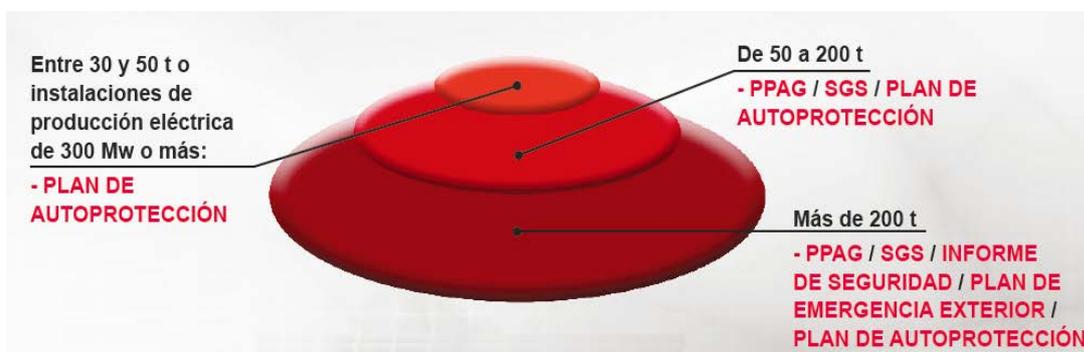


Figura 125. Requerimientos documentación seguridad según capacidad planta satélite GNL (fuente: RD 393/2007 [18])

4.6. PLANES DE AUTOPROTECCIÓN.

Constituido por una serie de medidas de prevención y unas pautas establecidas de comportamiento del personal de una instalación ante un suceso de emergencia.

Se registra en un documento que tiene en cuenta:

- Los riesgos de accidente grave presentes en la instalación
- Los medios para combatir un evento de emergencia:
 - Humanos (personal, organización de éste por turnos, jerarquía operacional en caso de emergencia).
 - Materiales (extintores, Bies, hidrantes, etc.) de la propia planta.
 - Centros externos a los que se solicitará ayuda en caso de accidente (centros de salud u hospitalarios, policía o guardia civil, ayuntamientos, brigadas de bomberos...).

Se identifican también los elementos vulnerables cercanos (poblaciones, plantas industriales, escuelas, hospitales, ...) en el caso de un accidente grave.

Contiene los mecanismos de respuesta ante una emergencia a todos los niveles:

- a) En la organización del personal que participa activamente en la atenuación de las consecuencias del accidente.
- b) En la coordinación con el exterior.
- c) Establece los procedimientos de actuación frente a cada tipo de emergencia y la evacuación del personal hacia zonas seguras (uno o varios puntos de reunión).

La correcta implantación del Plan de Autoprotección implica un compromiso de revisiones del plan, la correcta formación del personal de la planta y un adiestramiento a través de simulacros periódicos.

Todo Plan de Autoprotección de instalaciones con riesgo de accidente grave se articula en cuatro capítulos, que recogen de una manera organizada todos los aspectos tratados en el párrafo anterior:

- **Análisis del riesgo.**
 - Descripción general.
 - Evaluación del riesgo.
 - Planos.
- **Medidas y medios de protección.**
 - Medios materiales.
 - Equipos humanos.
 - Medidas correctoras del riesgo.
 - Planos específicos.
- **Manual de actuación en emergencias.**
 - Objeto y ámbito.
 - Estructura organizativa de respuesta.

- Enlace y coordinación con el plan de emergencia exterior.
- Clasificación de emergencias.
- Procedimientos de actuación e información.

- **Implantación y mantenimiento.**
 - Responsabilidades y organización.
 - Programa de implantación.
 - Programa de formación y adiestramiento.
 - Programa de mantenimiento.
 - Programa de revisiones.

4.7. PLANES DE EMERGENCIA EXTERIOR.

Los planes especiales, elaborados por cada comunidad autónoma con la participación de las distintas Administraciones Públicas, para prevenir el riesgo de accidentes graves en establecimientos en los que se encuentran sustancias peligrosas se denominarán planes de emergencia exterior (PEE).

La Dirección del Plan de Emergencia Exterior (PEE) es ejercida por un comité de dirección constituido por un representante del Ministerio del Interior y por el representante de la comunidad autónoma que determine el plan. El representante del Ministerio del Interior dirige el PEE en coordinación con los órganos de las comunidades autónomas.

La elaboración del PEE corresponde al órgano competente de la Comunidad Autónoma, definiendo las zonas de planificación (intervención y alerta) con la documentación (Análisis del Riesgo e Información Básica para la Administración) presentada por el titular de la planta mas información de elaboración propia, y realizará un inventario de elementos vulnerables (personas, bienes y medio ambiente) situados dentro de esas zonas de planificación.

Cada Comunidad Autónoma establece sus planes de comunidad autónoma o plan de emergencia exterior (PEE) y los articula, tanto con las administraciones locales (ayuntamientos) para que éstas elaboren sus planes municipales de actuación como con el plan estatal para garantizar una perfecta integración.

Estos planes establecerán:

- Las medidas de protección y de información a la población externa a través de:
 - Sistemas de avisos en caso de accidente grave.
 - Controles de accesos a las zonas de planificación en caso de accidente grave.
 - Confinamiento en edificios o habitáculos.
 - Alejamiento de la población hacia lugares seguros, generalmente poco distantes.
 - Evacuación o traslado masivo de la población hacia zonas seguras.
 - Medidas de autoprotección personal al alcance de cualquier ciudadano.
- La organización de la actuación a través de:
 - Alerta al personal adscrito al PEE.
 - Actuación de los grupos de acción desde los primeros momentos de la emergencia, de manera coordinada desde un puesto de mando avanzado situado en zona segura.
 - Seguimiento del desarrollo de la emergencia y declaración cuando llegue el caso, del Fin de la Emergencia.
- La adquisición y catalogación de medios de actuación contra la emergencia:
 - Sistemas de datos de adquisición de datos meteorológicos y de contaminantes.
 - Sistemas de avisos a la población.
 - Sistemas de comunicaciones.
 - Medios específicos para los grupos de acción.

Como plan de emergencia que es, requiere de una implantación a través de programas de dotación de recursos, formación continua de los integrantes de los grupos de acción y con información a la población, de un mantenimiento a través de comprobaciones periódicas y ejercicios de adiestramiento y simulacros y de unas revisiones periódicas.

Los municipios deberán establecer sus planes de actuación municipales con procedimientos de actuación para su población, rutas de evacuación, lugares de confinamiento, simulacros, revisiones y programas de información y capacitación.

4.8. ACTUACIÓN FRENTE A LA EMERGENCIA.

Según la gravedad de la emergencia, pueden darse tres niveles diferentes:

- **Conato de emergencia** (Nivel 1): Cuando la situación de emergencia se puede controlar de forma inmediata con los medios disponibles en el lugar donde se produce, por el personal presente en el lugar del incidente.
- **Emergencia restringida o local** (Nivel 2): Cuando la situación de emergencia requiere de la actuación de los equipos de intervención especialmente formados y con los medios adecuados para ello.
- **Emergencia general** (Nivel 3): Cuando la situación de emergencia pone en peligro la seguridad e integridad física de las personas, se precisa ayuda externa y es necesaria la evacuación.

Los procedimientos de actuación frente a la emergencia deben contemplar:

- **Transmisión de la alarma.** La alarma pondrá en marcha el plan de autoprotección y movilizará los recursos necesarios según el tipo de emergencia. Presenta tres niveles en función de la gravedad de la emergencia:
 - Alerta (conato de emergencia):
Comunicación de la emergencia siguiendo el protocolo establecido en la planta.
Actuación del equipo de intervención más próximo.
 - Alarma restringida (emergencia local):
Comunicación de la emergencia siguiendo el protocolo establecido en la planta.
Actuación de los servicios de seguridad de la planta.
 - Alarma general (emergencia general):
Difundida para toda la planta por los Jefes de área y megafonía, si hubiera.
Solicitar ayuda externa e iniciar evacuación.
- **Plan de actuación.** Es interesante establecer tantos planes de actuación como riesgos se hubieran identificado para la planta, debiéndose de contemplar en los mismos; objeto, ámbito de aplicación, responsabilidades, contenido y flujograma de actuación.
- **Plan de evacuación.** Es necesario prever las condiciones de evacuación de la planta si hay una alarma general.

La evacuación puede ser:

- Parcial:
Sólo es necesario el desalojo de una zona de la planta.
- Total:
Requiere el desalojo de la totalidad de la planta.

Las instrucciones de evacuación siempre deben identificar los itinerarios a seguir y el punto de reunión.

- **Llamadas prioritarias.** El protocolo establecido en la planta para la comunicación de la emergencia debe incluir un directorio de comunicación, según ejemplo de la figura 126, y establecer el orden y prioridad de las comunicaciones.

Por regla general se dispondrá de un Centro de Coordinación que recibirá las llamadas de alarma y se encargará de gestionar la emergencia en función de su gravedad.

DIRECTORIO DE COMUNICACIONES PARA EMERGENCIAS

CENTRO DE COORDINACIÓN	
Responsable	
Teléfono	

EQUIPOS DE INTERVENCIÓN SEGURIDAD Y EMERGENCIAS		
Cargo	Nombre	Teléfono
Director Emergencia		
Jefe Emergencia		
Jefe de Intervención		
Equipo Alarma y Evacuación		
Equipo Intervención		

TELEFONOS DE AYUDA EXTERIOR	
Centro atención emergencias	112
Policía Nacional	091
Guardia Civil	062
Urgencias sanitarias	061

Figura 126. Ejemplo directorio comunicación emergencias
(fuente: elaboración propia)

4.9. RIESGOS LABORALES EN PLANTAS SATÉLITES GNL.

El proceso de prevención de riesgos y accidentes en plantas satélites sigue las pautas de seguridad propias de las instalaciones de este tipo, que podemos resumir en:

- Minimizar la posibilidad de fugas y derrames de GNL.
- Que, si se producen fugas o derrames, estos queden confinados y no prendan.
- Y finalmente que, si prenden y se produce un incendio, se minimicen sus efectos.

Estos tres puntos quedan cubiertos a través de la normativa a aplicar, en los Planes Preventivos de actuación en caso de emergencias.

4.9.1. Fugas en los depósitos:

- El Grupo de Intervención se colocará las adecuadas prendas de protección personal, guantes criogénicos y pantalla de protección facial.
- Los operadores pararán cualquier operación que se está realizando en la zona, dejándola en condiciones seguras, así como parar los trasiegos que pudieran estar activos.
- El Grupo de Intervención en caso de resultar claramente posible, taponar la fuga mediante la utilización de zunchos y otros artificios (cuñas, etc....).
- El Jefe de Intervención observará la dirección del viento, y, en consecuencia, delimitar la zona de peligro, es decir, la zona a la cual sería desplazado el gas.
- El Jefe de Intervención impedirá el acceso a la instalación de curiosos y camiones cisterna para descarga.
- El Jefe de Intervención dirigirá la evacuación del personal (camioneros y personal contratado) que pudieran encontrarse en la instalación (tener en cuenta la dirección del viento). Si es posible, y las condiciones meteorológicas lo permiten (dirección del viento), se evacuará el camión cisterna, siempre bajo la autorización del Director de la Emergencia.
- Eliminar posibles puntos de ignición (puntos calientes) en la zona (por ejemplo, circulación de vehículos).

4.9.2. Fugas desde el camión cisterna en la operación de descarga:

- El Grupo de Intervención se colocará las adecuadas prendas de protección personal, guantes criogénicos y pantalla de protección facial.
- El conductor del camión cisterna cerrará los mecanismos correspondientes al mismo (bocas de descarga del vehículo, válvulas de fondo del camión, válvulas manuales...).
- El operador de la Planta Satélite de Gas Natural Licuado cerrará los mecanismos correspondientes al proceso de descarga al depósito (cerrar la válvula de la fase que corresponda en el camión, el extremo de la manguera el punto de descarga y el compresor o la bomba, dependiendo del tipo de descarga que se realice).
- Los operadores pararán los posibles trasiegos que pudiesen estar activos. Estos paros se realizarán por medio de la caseta de bomba u otros mecanismos de paro existentes.
- Si la fuga fuese hacia el depósito, se deben extremar las precauciones y el Grupo de Intervención deberá intentar rociar el depósito con polvo ABC.
- El Jefe de Intervención vigilará el tráfico y la circulación de personas por los alrededores de la emergencia.

4.9.3. Fugas desde las líneas de gas (licuado o en estado gaseoso):

- El Grupo de Intervención se colocará las adecuadas prendas de protección personal, guantes criogénicos y pantalla de protección facial.
- El Grupo de Intervención en caso de resultar claramente posible, taponará la fuga mediante la utilización de zunchos y otros artificios (cuñas, etc....).
- El Jefe de Intervención cortará el tráfico y la circulación por los alrededores de personas que no tengan que ver con la instalación o con la emergencia. Si existen cisternas dentro de la instalación, siempre que sea posible, retirarlas de la zona.
- Los operadores pararán cualquier operación que se está realizando en la zona, dejándola en condiciones seguras, así como parar los trasiegos que pudieran estar activos. Si la línea estuviese trasvasando producto, cerrarán las válvulas para, en la medida de lo posible, dejar la línea aislada.
- Si la fuga fuese hacia el depósito, se deben extremar las precauciones y el Grupo de Intervención debe intentar rociar con el depósito con polvo ABC.
- El Jefe de Intervención vigilará el tráfico y la circulación de personas por los alrededores de la emergencia.

4.9.4. Fugas de odorizante (THT):

El Tetrahidrotiofeno es un odorizante utilizado en las instalaciones, siendo un producto inflamable que se ha de manejar con las debidas precauciones que cualquier otro producto inflamable. Sin embargo, otro riesgo que se debe considerar es el de la intranquilidad pública que puede generar la fuga de este producto, puesto que el olor que desprende puede hacer creer que se trata de un escape/fuga de GNL de grandes dimensiones.

El Grupo de Intervención debe actuar sobre el derrame con hipoclorito sódico (lejía) diluido, siguiendo las instrucciones del proveedor. No emplear lejía concentrada, que puede producir una oxidación violenta del producto.

4.9.5. Incendios desde la cabeza tractora en la operación de descarga:

- En primer lugar, interrumpir inmediatamente la descarga e intentar separar la cabeza tractora de la cisterna.
- Si ello no es posible, intentar apagar el fuego con extintores o los elementos de que se disponga.
- Si tampoco esto fuera posible, utilizar polvo ABC en abundancia para mantener la cisterna fría hasta que se apague el fuego.

4.9.6. Incendios por fuga en el depósito:

- El Director de la Emergencia ordenará paralizar todas las operaciones que se estén realizando en las instalaciones.
- El Jefe de Intervención observará la dirección del viento y, en consecuencia, delimitar la zona de peligro.
- El Jefe de Intervención cortará el tráfico y la circulación por los alrededores de personas que no tengan que ver con la instalación o con la emergencia. Si existen cisternas dentro de la instalación, siempre que sea posible, retirarlas de la zona.
- El Grupo de Intervención atacará el fuego con los dispositivos de defensa contra incendios adecuados presentes en las instalaciones, únicamente si se está seguro de que se va a poder contener la fuga de gas con posterioridad.

- Como agente extintor a utilizar para atacar un fuego de gas el Grupo de Intervención ha de utilizar los carros de polvo ABC existente en las instalaciones. El elemento extintor se ha de dirigir a lo largo de la llama recorriéndola desde el extremo exterior (punta de la llama) hasta la base de ésta con lo que se conseguirá apagar. Siempre desde fuera hacia adentro.

4.9.7. Incendios por fugas en líneas de gas:

- Los operadores interrumpirán el suministro de gas, si se puede realizar con seguridad. Si se estuviese trasvasando producto, cerrar las válvulas para, en la medida de lo posible, dejarlo aislado.
- El Grupo de Intervención si se está seguro de poder cortar el incendio provocado en la fuga, actuar sobre él con equipos de extinción de polvo seco.

4.9.8. Explosiones durante el proceso de descarga:

- El Grupo de Intervención debe prever esta posibilidad, por lo que en caso de producirse cualquier tipo de emergencia que afecte a la cisterna detendrá el proceso de descarga de producto y ordenará a los conductores de los camiones retirar los mismos, caso que no conlleve un riesgo excesivo.
- Para detener el proceso de descarga, el conductor, con la máxima rapidez, cerrará las válvulas de las mangueras de descarga y desconectará la toma de tierra, quitará los calzos y evacuará el camión a una zona segura.
- Caso que, durante este proceso se detecte, por parte del conductor o por parte de algún integrante del Grupo de Intervención, cualquier posibilidad de explosión del camión se retirará inmediatamente, refugiándose en un lugar seguro fuera del alcance de proyectiles.
- Una vez se produzca la explosión, se actuará análogamente al caso de incendio y de fuga de gas, dependiendo del tipo de emergencia producida.

4.9.9. Explosiones por fuga en el depósito:

- El Grupo de Intervención debe prever esta posibilidad en el caso de que un incendio exterior afecte a los depósitos y en el caso de que puedan refugiarse en un lugar seguro fuera del alcance de proyectiles, tratarán de refrigerarlo con agua pulverizada.
- El Director de la Emergencia, decretará la Emergencia General.
- Una vez se produzca la explosión, se actuará análogamente al caso de incendio y de fuga de gas, dependiendo del tipo de emergencia producida.

4.10. SEGURIDAD DURANTE LA DESCARGA.

Dentro de las plantas satélites, el proceso de descarga de la cisterna de transporte a los depósitos es el que teóricamente presenta mayores factores de riesgo, al concurrir en el mismo:

- Presencia humana.
- Presencia de un vehículo.
- Presencia de gas fuera de los límites de un cubeto.
- Maniobra de válvulas.
- Puesta en presión con gas de una instalación desde T^a ambiente etc.

A continuación, se especifica y detalla todo el proceso de descarga para el cual el personal responsable debe estar convenientemente preparado.

4.10.1. Agentes que intervienen en el transporte y descarga del GNL.

En base al RD 551/2006 [5], se establecen las siguientes definiciones:

Expedidor:

- Persona física o jurídica por cuya orden y cuenta se realiza el envío de la mercancía peligrosa, en adelante MP, para el cual se realice el transporte, figurando como tal en la carta de porte.

La compañía distribuidora asume la figura del expedidor del GNL refrigerado en cisternas, y autoriza a ENAGAS a realizar las gestiones necesarias en su nombre.

En el caso de los recipientes de THT (llenos y/o vacíos sin limpiar) el expedidor es la empresa que hace el servicio de recarga de los recipientes.

Para otras MP distintas al GNL y THT, las empresas proveedoras de las mercancías son las expedidoras.

Transportista

- Persona física o jurídica que asume la obligación de realizar el transporte, contando, a tal fin, con su propia organización empresarial. La empresa comercializadora contrata dicho transporte a empresas especializadas que cumplen con los requisitos legales y las autorizaciones necesarias.

En el caso de los recipientes de THT, la empresa transportista es la contratada al efecto por el proveedor de THT.

Cargador/descargador

- Persona física o jurídica bajo cuya responsabilidad se realizan las operaciones de carga y descarga de las MP.

En las descargas efectuadas en las instalaciones, la empresa comercializadora es el descargador de GNL refrigerado. Esta actividad se realizará a través de una empresa autorizada.

El cargador/descargador referido en esta definición será, en el caso de los recipientes de THT para instalaciones, la empresa transportista contratada al efecto por el proveedor del producto.

Consejero de seguridad

- Para cumplir con lo establecido en el Art. 6 del RD 1566/1999 [28], las empresas que transporten mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable o sean responsables de las operaciones de carga o descarga vinculadas a dicho transporte deberán designar, en función del método de transporte y de las mercancías transportadas, al menos un consejero de seguridad encargado de contribuir a la prevención de los riesgos para las personas, los bienes o el medio ambiente inherentes a dichas actividades.
- Asimismo, dispondrá del certificado de formación que se indica en el Art. 5 del RD 1566/1999 [28].

Experto en MP

- Persona designada por la empresa comercializadora en su representación como expedidor de GNL refrigerado en cisternas, para cumplir con lo establecido en el Art. 4 del RD 387/1996 [31].

4.10.2. Procedimiento operativo para la descarga del GNL.

Se aplica a las operaciones de descarga de cisternas de GNL de más de 1000 l y contenedores de cisterna de GNL de más de 3000 l, así como a las comprobaciones finales antes de la autorización de salida de la planta de una cisterna vacía con restos de GNL.

No aplica a las actividades de carga/descarga de recipientes de THT u otras MP distintas al GNL.

En las operaciones de descarga se tienen que tener en cuenta los siguientes aspectos que se describirán a continuación:

- Condiciones de las instalaciones de descarga.
- Condiciones administrativas.
- Condiciones operativas de las descargas.

Condiciones de las instalaciones de descarga

Se tendrá en cuenta la Normativa de referencia:

- ADR [6].
 - Acuerdo europeo sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.
- RD 551/2006 [5].
 - Regula las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español. Incorpora el ADR [6] a la normativa española.

Las instalaciones de descarga dispondrán de áreas de estacionamiento apropiadas para el normal desarrollo de su actividad, tal y como indica el RD 551/2006 [5] y, en caso de ser necesaria la vigilancia de los vehículos, se adaptarán a las condiciones señaladas en el Acuerdo Europeo sobre el Transporte Internacional de MP por Carretera, ADR [6].

Condiciones administrativas

Corresponde a los requisitos administrativos del personal que interviene en la descarga de GNL así como del vehículo que los transporta.

- Personal que interviene

El personal que interviene en el proceso de descarga de GNL son el conductor del camión cisterna y su ayudante, si lo hubiere, así como el personal de la planta que realiza las operaciones de descarga, a continuación se comenta los requisitos administrativos que deben cumplir.

- Conductor que realice la descarga de la cisterna de GNL.

Tendrá la formación adecuada para esta función y para la manipulación de GNL, de acuerdo con lo descrito en ADR [6] y RD 551/2006 [5].

Tendrá conocimientos sobre las características especiales de los vehículos y dispondrá de la formación exigida en la normativa vigente.

Los conductores que necesiten una formación específica, deberán proveerse de una autorización especial que les habilite para ello, la cual será expedida por la Jefatura Provincial de Tráfico.

Conocerá todas las partes de la normativa que afecta a la descarga de GNL.

Se indentificará al conductor del vehículo, y ayudante del conductor si lo hubiere, mediante:

- DNI o pasaporte.
- Autorización del conductor para conducir vehículos cisterna con MP.

- El personal que realice las operaciones de descarga

Conocerá, bajo la responsabilidad del descargador, los siguientes extremos:

- Las características peligrosas de la mercancía.
- El funcionamiento de las instalaciones de descarga.
- Los sistemas de seguridad y contra incendios, que deberán estar calificados como aptos para su uso.
- Los equipos de protección personal requeridos en las instalaciones y su utilización.

- Vehículo

El conductor, entregará la carta de porte según el modelo de la figura 127 y cualquier documentación que le sea exigida para este tipo de transporte, como el certificado ADR [6] según la figura 128 de la cisterna, o en su caso, de la tractora.

MODELO DE CARTA DE PORTE DE GNL		Nº Albarán: Fecha:
		223
		1972
DENOMINACIÓN: UN 1972 GAS NATURAL LÍQUIDO REFRIGERADO, 2.1, (B/D)		
CARGADOR		
DESTINATARIO		
TRANSPORTISTA		
EXPEDIDOR		
Nº Matrícula Tractor:	Nº Matrícula Cisterna:	
Peso neto de la carga : _____ kg Densidad de referencia: 460 kgm ³ Presión : 1 bar Temperatura : -160°C Volumen de carga : _____ m ³ Grado de llenado: máximo: 85% cargado: _____ %	El cargador, por delegación del Expedidor, hace constar que la mercancía se admite al transporte por carretera y que su estado, acondicionamiento, envase y etiquetaje responden a las prescripciones del A.D.R.	
Firmado y/o sellado: por el conductor, en representación del transportista	Firmado y/o sellado: por el cargador, por delegación del expedidor	Fecha: Hora de llegada: Hora de salida:

Figura 127. Ejemplo modelo carta de porte de GNL (fuente: archivo)

ESPAÑA ADR		CERTIFICADO DE APROBACION PARA VEHICULOS QUE TRANSPORTAN CIERTAS MATERIAS PELIGROSAS CERTIFICATE OF APPROVAL FOR VEHICLES CARRYING CERTAIN DANGEROUS GOODS	
		<small>Este certificado acredita que el vehiculo detallado a continuacion cumple las condiciones requeridas por el Acuerdo Europeo relativo al Transporte Internacional de Mercancias Peligrosas por Carretera (ADR) This certificate testifies that the vehicle specified below fulfils the conditions prescribed by the European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR)</small>	
1. Certificado Nº: EDM00000VEH108	2. Constructor del Vehículo: IVECO	3. Nº Identificación del Vehículo: ZCF11M130202108	4. Nº de Matricula (si procede): 3333 CDD
5. Nombre y domicilio de la sede social del transportista, usuario o propietario: TRANSPORTES JIMAR DE S.L. C/ RIBERA DE EBRE, 1 43620 - CALAFELL TARRAGONA			
6. Descripción del vehículo: (1) (3) TRACTOCAMION VEHICULO TRACTOR			
7. Designación(es) del vehículo según el 9.1.1.2 del ADR: (2) -EKS- EKS - -E- -E- -E-			
8. Dispositivo de frenos de resistencia: (3) <input type="checkbox"/> No aplicable <input checked="" type="checkbox"/> La eficacia según 9.2.3.2 del ADR es suficiente para un peso total de la unidad de transporte de 3,8 t (4)			
9. Descripción de la (de las) sistema(s) (5)(6)(vehículo batería): 9.1 Constructor de la sistema: 9.2 Número de aprobación de la sistema/vehículo batería: 9.3 Número de serie de construcción de la sistema/identificación de los elementos del vehículo batería: 9.4 Año de construcción: 9.5 Código de sistema según 4.3.3.1 a 4.3.3.1 del ADR: 9.6 Disposiciones especiales según el apartado 5.8.4 del ADR (si son aplicables):			
10. Materias peligrosas autorizadas para su transporte: El vehículo cumple todas las condiciones requeridas para el transporte de las mercancías peligrosas reservadas a la (a las) designación(es) de los vehículos indicada(s) en el Nº 7. 10.1 En el caso de vehículos EXH o EXH (3) <input type="checkbox"/> Mercancías de la clase 1, incluyendo el grupo de compatibilidad 2 <input checked="" type="checkbox"/> Mercancías de la clase 1, excluyendo el grupo de compatibilidad 2 10.2 En el caso de vehículos sistema/vehículo batería (3) <input type="checkbox"/> Solamente se podrán transportar las materias autorizadas de acuerdo con el código de sistema y cualquier disposición especial indicada en el Nº 9. <input type="checkbox"/> Solamente se podrán transportar las materias siguientes (Clase, Nº ONU, y si fuera necesario el grupo de embalaje y la designación oficial de transporte): Solamente se podrán transportar las materias que no sean susceptibles de reaccionar peligrosamente con los materiales del depósito, las juntas, los equipamientos y los dispositivos protectores (si fuera aplicable):			
11. Observaciones:			
12. Fecha hasta: 30 de abril de 2009		 El Director Técnico: ENRIQUE MONTALVO BRAVO En ZONA FRANCA, s/n de abril de 2009	

Figura 128. Ejemplo certificado ADR de la cisterna
(fuente: archivo)

Condiciones operativas de las descargas

La manipulación de los diferentes elementos de los depósitos, así como del resto de las instalaciones de la planta satélite, sólo podrá efectuarla el responsable de dicha planta, o la persona debidamente facultada por el mismo.

El transportista cuidará especialmente las instalaciones eléctricas y las conexiones a tierra del vehículo, haciendo lo propio el descargador en cuanto a la instalación eléctrica de la planta.

Las precauciones a tomar y el control de las comprobaciones en la descarga de cisternas de GNL se describen a continuación.

- Precauciones para la descarga de GNL

En todo caso, el descargador se responsabilizará del cumplimiento de todas las obligaciones establecidas en el RD 551/2006 [5] y en el ADR [6] relativas a la descarga del vehículo y a las operaciones necesarias para llevarlas a cabo.

- Comprobaciones y/o entrega de documentación

Como se explicaba en la parte de condiciones administrativas se solicitará la documentación necesaria y se anotaran en la hoja de control los datos que se requieren

- Identificación del conductor del vehículo, y ayudante del conductor si lo hubiere, mediante: DNI o pasaporte.
- Certificado ADR (de la cisterna y, en su caso, de la tractora).
- Autorización del conductor para conducir vehículos cisterna con MP.
- Carta de Porte de la MP expedida.

- Comprobaciones del estado del vehículo

Se solicitará al conductor que confirme la existencia del material, referente al equipamiento del vehículo, que se especifica en la lista de comprobaciones en el modelo que se presenta en la figura 129.

Asimismo, se comprobará visualmente el buen estado de la cisterna y del equipamiento del vehículo (figura 130).

EQUIPAMIENTO DEL VEHÍCULO

• Extintores	<input type="checkbox"/>
• Calzos	<input type="checkbox"/>
• Linterna (antichispas)	<input type="checkbox"/>
• Triángulos reflectantes de señalización	<input type="checkbox"/>
• Herramientas	<input type="checkbox"/>
• Chaleco reflectante	<input type="checkbox"/>
• Equipo de protección personal indicado en instrucciones escritas para el conductor	<input type="checkbox"/>
• Apagallamas	<input type="checkbox"/>
• Explosímetro	<input type="checkbox"/>
• Placas-etiqueta de peligro del modelo 2.1 en laterales y parte trasera	<input type="checkbox"/>
• Paneles naranja con numeración 223/1972 en parte delantera y trasera	<input type="checkbox"/>

Figura 129. Lista comprobaciones equipamiento vehículo (fuente: RD 551/2006 [5])



Extintores



Calzos



**Triángulo de
señalización**



3: Líquidos inflamables

Placa de peligro

Gas Refrigerado Inflamable (Nº Identificación del peligro)



Número de identificación de materia que otorga Naciones Unidas a el Gas Natural

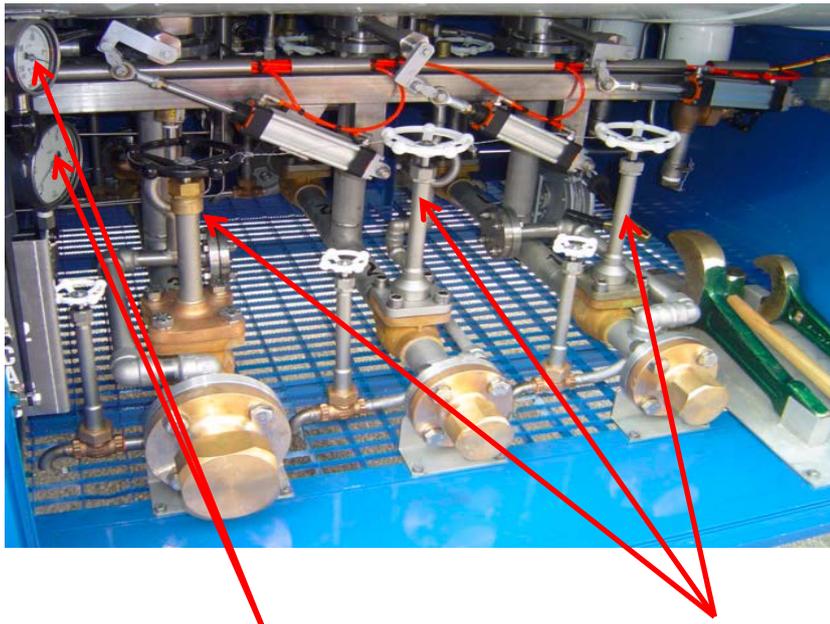
Panel naranja

Figura 130. Equipamiento vehículo
(fuente: archivo)

- Comprobaciones a realizar previas a la descarga de la cisterna

Con anterioridad a la descarga de la cisterna, y durante la misma, el conductor y el responsable de la planta se asegurarán de:

- Comprobar las condiciones del vehículo:
 - Estacionar la cisterna orientada de cara hacia el camino de salida de la instalación, siempre que el diseño del área de descarga y la posición de las bocas de descarga lo permitan.
 - Inmovilizar la cisterna con una marcha, el freno de mano y, en caso de aconsejarlo la pendiente del terreno, con calzos.
 - Parar el motor.
 - El operario encargado del trasvase tendrá la llave de contacto bajo control.
 - Asegurarse de que la batería de vehículo está desconectada.
 - Comprobar el buen estado aparente de los elementos de la cisterna (válvulas principales, manómetro, termómetro e indicador de nivel máximo) (figura 131).



Manómetros
Termómetros
Indicadores de niveles

Válvulas

Figura 131. Elementos de la cisterna
(fuente: archivo)

- Comprobar la existencia en el lugar de descarga de los equipos de seguridad pertinentes.
- Comprobar la existencia de los medios DCI (Defensa Contra Incendios) en servicio en la Planta, extintores de la planta y manta ignífuga (figura 132).



Figura 132. Medios defensa contra incendios
(fuente: archivo)

- Comprobar la ausencia de trabajo incompatible con la seguridad en un radio acorde con lo establecido en el Documento de Protección Contra Explosiones de la instalación (como mínimo 15 metros).
- Comprobar con el explosímetro, en las inmediaciones del punto de conexión de la toma de tierra, que la presencia de gas no supera el 20% de LIE (figura 133).



Figura 133. Comprobación con explosímetro
(fuente: archivo)

- Comprobar el buen estado aparente de los elementos de descarga de la planta (mangueras, toma de tierra de los camiones como la representada en la figura 134, etc.).



Figura 134. Toma de tierra del camión
(fuente: archivo)

- Comprobar que no haya en el área ningún vehículo con su motor en marcha.
- Asegurar que no se encuentra en el área de descarga ninguna persona que no esté autorizada.
- Evidenciar que la cantidad de GNL a descargar cabe en el depósito, siendo el grado de llenado máximo de un depósito de GNL el 95%. Para ello se comprobará el llenado del depósito tomando la lectura del nivel según se indica en la figura 135.

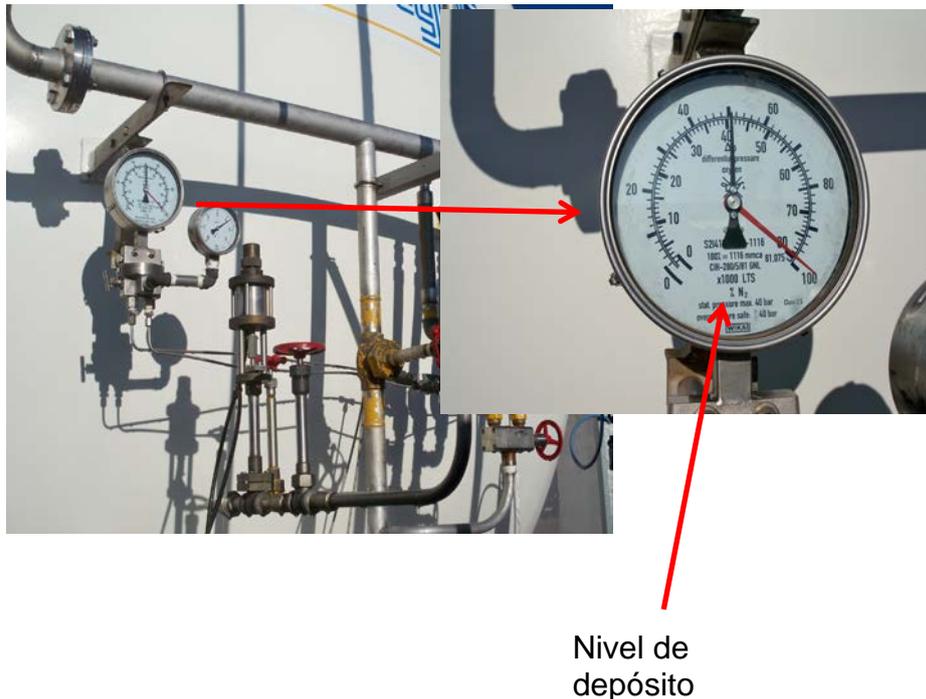


Figura 135. Comprobación llenado depósito
(fuente: archivo)

- Inexistencia de puntos de fuego.
- Comprobar la inexistencia de equipos eléctricos no antideflagrantes conectados.

- Inexistencia de almacenamiento de otras materias combustibles en un radio de 15 m.
- Antes de conectar las mangueras y de abrir ninguna válvula de descarga, el conductor conectará el cable de puesta a tierra, según figura 136, fijando la pinza en una parte de la cuba o bastidor especialmente preparado para ello, completamente exento de pintura o grasa y accionará el interruptor de dicha conexión a la posición de descarga.

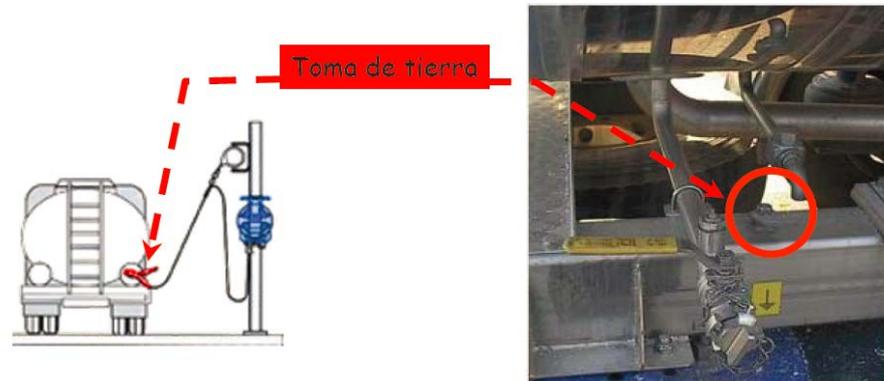


Figura 136. Puesta a tierra de la cisterna
(fuente: archivo)

El control de las comprobaciones previas a la descarga se hará con una lista de comprobaciones según el modelo que se presenta en la figura 137.

COMPROBACIONES PREVIAS A LA DESCARGA

- Nivel de gas por debajo del 20% del LIE
- Vehículo estacionado correctamente e inmovilizado con freno de mano (y calzos si se estima necesario)
- Motor parado (excepto si es necesario que funcione para el equipo de trasvase), batería desconectada y llaves de contacto en poder del personal de descarga
- Personal que realiza la descarga conoce las reglamentaciones e instrucciones de seguridad
- Personal que realiza la descarga lleva equipos de protección individual requeridos
- Vehículo y equipo de servicio en buen estado aparente
- Existen en zona de descarga y se hallan en buen estado:
 - medios de extinción de incendios portátiles
 - toma de agua de servicio y manguera
 - herramientas necesarias (antichispas)
- Zona de descarga suficientemente ventilada
- Zona de descarga señalizada o acordonada para advertir a personal ajeno a la operación
- Ausencia de trabajos incompatibles con la seguridad de la operación, o suficientemente alejados
- Ausencia de focos de ignición y material combustible en un área de al menos 15 metros
- Evidencia de que el GNL a descargar cabe en el depósito ...
- Toma de tierra conectada
- Acoples de mangueras correctos y en bocas de descarga previstas

Figura 137. Lista comprobaciones previas a la descarga (fuente: RD 551/2006 [5])

- Comprobaciones durante la descarga

Durante las operaciones de descarga, en las que el operario permanece presente permanentemente, se comprobará que:

- El conductor está fuera de la cabina y pendiente de la descarga.
- No existen fugas y/o derrames.
- El sistema eléctrico permanece desconectado.
- No se acerca ninguna persona fumando.
- La velocidad de vaciado es la adecuada.

- La manguera de descarga no tiene tensiones ni tiranteces.
- La no excedencia del nivel máximo de llenado en el depósito receptor.
- No existen desbordamientos o emanaciones.
- Se vigilan las tensiones mecánicas de las conexiones al ir elevándose la cisterna durante el vaciado.
- No se producirán emisiones a la atmósfera.

El control de las comprobaciones durante la descarga se hará con una lista de comprobaciones según el modelo que se presenta en la figura 138.

COMPROBACIONES DURANTE LA DESCARGA

- Tripulación del vehículo fuera de la cabina y disponible en todo momento
- Presencia permanente del personal de descarga
- Prohibición de fumar y encender fuegos
- Ausencia de fugas; posibles goteos controlados
- Sistema eléctrico desconectado
- Velocidad de descarga adecuada
- Mangueras sin tensiones ni torsiones
- No se sobrepasa el nivel máximo del depósito

Figura 138. Lista comprobaciones durante la descarga
(fuente: RD 551/2006 [5])

Proceso de descarga

Una vez conectadas las mangueras no se comenzará la descarga propiamente dicha hasta que el conductor no haya comprobado la estanqueidad de todas las conexiones del camión y el responsable de la planta las conexiones de la instalación de descarga identificadas en la figura 139.

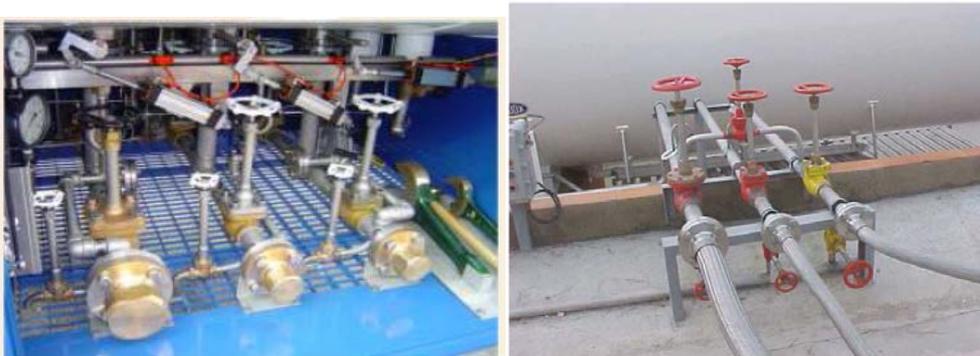


Figura 139. Conexiones de descarga del camión y de la instalación
(fuente: archivo)

A continuación, el responsable de la planta indicará al conductor que proceda a abrir las válvulas de la cisterna para iniciar su presurización.

Siempre que la presión del depósito y la presión de regulación a consumo lo permitan, se igualará la presión de la cisterna con la del depósito al que se va efectuar la descarga. En la figura 140 se señalan los manómetros donde verificar las presiones en cisterna y depósito.

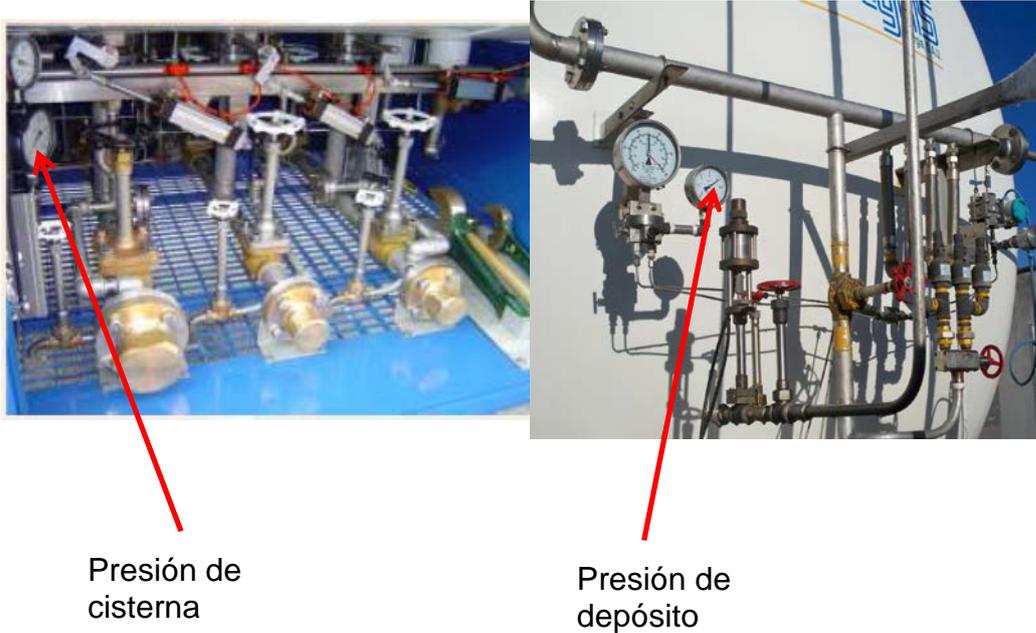


Figura 140. Manómetros presión cisterna y depósito
(fuente: archivo)

Una vez realizados estas operaciones, se esperará a que se iguale la presión de la cisterna con la del depósito en un intervalo de $\pm 0,2$ bar.

Igualadas las presiones, se cerrará la válvula de by-pass (figura 141) y se procederá a aumentar la presión de la cisterna mediante los vaporizadores existentes en la zona de descarga y, a continuación, se realizará la descarga de cisterna de GNL.

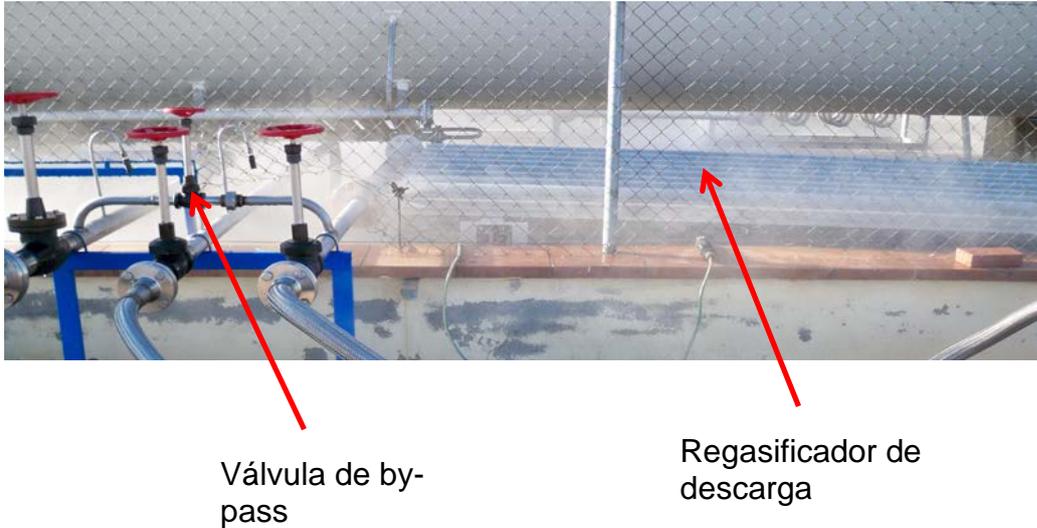


Figura 141. Detalle válvula by-pass y regasificador de descarga
(fuente: archivo)

En caso de que la presión de la cisterna supere los 6,5 bar (máxima presión de trabajo) se cerrará inmediatamente la válvula de la fase gaseosa del presurizador de cisterna y se avisará al responsable de la planta. También se controlará la presión en el caso de que ésta bajara demasiado, ya que se debe mantener la presión mínima de consumo de la planta, definida por el operador de planta, abriendo la válvula de líquido (inferior) y cerrar la de duchas.

Durante la descarga se mantendrá una diferencia superior a 1,5 bar entre depósito y cisterna, si esta diferencia disminuye se disminuirá el grado de apertura de la válvula de llenado de GNL (válvula manual de la cisterna o la de la zona de descarga) al depósito, recuperando así la diferencia de presión.

La norma UNE 60210 [2] exige que se instale una válvula de retención en la tubería común de descarga (Con el fin de que en caso de rotura de flexibles, o fuga, etc., no se vacíe el GNL del depósito fuera del cubeto, etc.).

En la técnica de líquidos criogénicos esto es habitual y, o bien se instala una válvula antirretorno, o se instalan válvulas mixtas de interceptación manual + antirretorno, que es el caso habitual en depósitos para GNL (figura 142).



Válvula
criogénica mixta
de maniobra
manual y
antirretorno, de
carga de GNL a
depósito

Figura 142. Detalle válvula mixta
(fuente: archivo)

Por ello las válvulas de carga por la fase líquido (inferior) o por la fase gas (superior) asociadas al depósito, son de este tipo.

Externamente son iguales que las de asiento de interceptación manual. Pero el asiento no es solidario con el eje y el volante de cierre. Y van provistas de un muelle que tiende a cerrar el asiento en el sentido del depósito a la descarga para que permanezcan cerradas hasta que la presión del lado de la descarga sea superior a la del depósito.

No debe ser de este tipo la válvula de salida de líquido a consumo o utilización ya que el GNL debe poder fluir en ambos sentidos.

Durante el proceso el conductor permanecerá en las proximidades del camión, fuera de la cabina, dispuesto a intervenir por si fuera necesario cerrar las válvulas de la cisterna y retirar su vehículo, sin alejarse en ningún momento de la cisterna.

Durante la descarga, el responsable de la misma vigilará las posibles tensiones de las conexiones al ir elevándose la cisterna.

Si durante la operación de trasiego se observa el menor indicio de fuga en alguna de las partes de la instalación de trasvase, inmediatamente se detendrá la operación y no se reanudará hasta haber eliminado totalmente la anomalía. La misma disposición se adoptará cuando se observe cualquier otra anomalía en la planta.

Finalización de la descarga de GNL

Se dará por finalizada la operación de descarga de la cisterna de GNL cuando la presión del depósito suba 0,1 ó 0,2 bar en un intervalo pequeño de tiempo.

Entonces se igualará la presión de la cisterna y la del depósito mediante la apertura de la válvula de líquido del depósito y el cerrado de la de duchas, consiguiendo que el gas de la cisterna pase al depósito y se licue al entrar en la fase líquida.

Cuando se obtiene una diferencia de 0,2 a 0,3 bar entre cisterna y depósito, se da por finalizada la fase de igualar presiones al final de la descarga.

Comprobaciones finales para la autorización de la salida de una cisterna vacía con restos de GNL

Una vez realizada la descarga del GNL en las instalaciones de descarga, y habiendo sido comprobadas y realizadas correctamente las operaciones mencionadas en los apartados anteriores, se comprobará, para finalizar, antes de la salida de una cisterna vacía con restos de GNL, lo siguiente:

- Las válvulas manuales de la cisterna están cerradas.
- Los tapones ciegos están acoplados.
- No existen fugas o derrames.
- Los calzos y toma de tierra están retirados.
- La puerta de caja de válvulas está cerrada.
- Las mangueras están cerradas, tapadas y debidamente fijadas en sus alojamientos de la planta, así como la pinza de la toma de tierra recogida.
- La presión en el interior de la cisterna para el caso de GNL es adecuada.
- Existencia de las tres etiquetas de peligro, una a cada lado y otra en la parte posterior, de la cisterna.
- Existencia de los dos paneles naranja, colocados uno en la parte delantera y otro en la trasera de la cisterna.
- Examen ocular del estado del equipo del vehículo y la cisterna.
- Entrega al conductor de la Carta de Porte de la MP descargada (carta de porte en vacío en el caso general de descargas completas).
- Que el conductor lleva las instrucciones escritas para el conductor (de Seguridad).

- Antes de poner el motor en marcha para comenzar la maniobra de salida, el responsable de la descarga verificará la no existencia de gases residuales en una zona de 15 m de radio a partir del vehículo, incluyendo la parte inferior del mismo, mediante el explosímetro, autorizando al conductor el arranque del vehículo una vez realizada la comprobación.

En caso de existir báscula en la planta o en sus inmediaciones se podrá evaluar el control de la cantidad descargada realizando la siguiente operación:

$$\text{Peso a la Entrada} - \text{Peso a la Salida} = \text{Peso Neto descargado.}$$

En caso de no existir báscula, se controlará la cantidad descargada a través del indicador de nivel del depósito y/o contador volumétrico en la cisterna, si lo hubiera.

Descargas de GNL con motor del vehículo encendido durante la operación

Las descargas de GNL desde cisternas pueden realizarse por diferencial de presiones o bien empleando equipos de trasvase, los cuales pueden estar instalados en la propia Planta o bien pueden estar integrados en el propio vehículo cisterna. En este último caso es común que para el funcionamiento del equipo de trasvase sea necesario mantener encendido el motor del vehículo.

En aquellos casos en que las instalaciones hayan sido diseñadas al amparo de legislación que permita mantener encendido el motor del vehículo para el funcionamiento del equipo de trasvase del GNL (permitido previo a la entrada en vigor del R.D. 919/2006 [9]), se permitirá poder mantener en marcha el motor durante la descarga y la batería conectada el tiempo estrictamente necesario. La conexión y desconexión de las mangueras utilizadas en la operación de descarga se realizará siempre con el motor parado.

En estos casos, se considerará una desclasificación temporal de la zona mientras se realiza la operación de descarga, en base a la implementación de un procedimiento o protocolo operativo exhaustivo con explosimetría y/o medidas adicionales de protección y prevención que puedan ser sustitutivas y complementarias para garantizar las condiciones de seguridad de la citada operativa. Este protocolo ha de constar en el Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE) de la instalación donde tiene lugar la descarga.

4.10.3. Asistencia a la descarga de cisternas de GNL.

Se dispondrá de la estructura, recursos humanos y materiales necesarios para asistir durante la descarga de cisternas al transportista de GNL, operando los elementos necesarios de la Planta para la descarga de las cisternas de GNL, dirigiendo al transportista en dicha operación y garantizando que se cumpla la reglamentación aplicable y la normativa técnica y de seguridad exigible, así como aquellas otras normas facilitadas por el transportista, el fabricante de la planta y/o la compañía comercializadora.

Para asistir a las descargas, se recibirá aviso del transportista o del centro de control según el caso al mantenedor el cual tiene asignada la asistencia a las descargas, de la previsión de llegada de los camiones cisterna de GNL a la planta.

Operaciones de descarga

Los vehículos cisternas, encargados del abastecimiento del GNL, deben cumplir con las seguridades establecidas en la reglamentación vigente sobre transporte de mercancías peligrosas y su conductor deben poseer la formación y acreditación necesaria en este sentido.

Apoyo a las descargas

La operación de apoyo a las descargas se documentará en base a:

- Documento a cumplimentar por el personal de apoyo a la descarga en cada una de las operaciones, con registro de los principales parámetros operativos.
- Registro de la formación periódica del personal de apoyo a la descarga o actuación en caso de paro de planta. (cada año).

Descargas parciales

En determinadas circunstancias, puede ser conveniente, desde el punto de vista logístico del abastecimiento de GNL a una planta satélite determinada, efectuar una descarga de GNL no completa. Es decir, el depósito de la planta se llena hasta su nivel máximo, y la cisterna no queda vacía de GNL.

Este GNL debe ser acabado de descargar en una segunda planta, denominada planta pulmón, donde descarga el GNL remanente, y desde la cual la cisterna regresa vacía a la planta de llenado para la realización de un posterior servicio.

Es una situación que no está administrativamente regulada.

En las plantas con capacidad inferior a 60 m³ se tiene que confirmar la planta o plantas que harán de pulmón para la realización de las descargas parciales antes de cerrar la contratación con el cliente y debe constar el consentimiento por parte del titular del depósito pulmón.

4.10.4. Gestión logística

Para garantizar la continuidad del servicio se recomienda que la capacidad de almacenamiento disponga de una autonomía de tres días punta.

Esta autonomía se incrementará en 1 día más en los siguientes casos:

- Si la planta satélite se encuentra a una distancia superior a 300 km de la planta de carga.
- Si la frecuencia punta de descarga de cisternas es superior a 1 cisterna /día.

A estas condiciones hay que añadir la conveniencia de que el GNL remanente en el depósito, previo a una descarga de cisterna, sea suficiente para cubrir dos días de consumo punta:

- Ejemplo: Planta con un depósito de 60 m³ y consumo punta de 8 m³/día

Un depósito de 60 m³ dispone de una capacidad útil de GNL de $0,9 \times 60 = 54$ m³

Una cisterna, por ejemplo, de 54 m³ de capacidad, descarga como máximo $54 \times 0,85 = 45,9$ m³

El remanente previo a una descarga es de $54 - 45,9 = 8,1$ m³.

Siendo el consumo diario punta de la planta de 8 m³, la autonomía del depósito es de $54 / 8 = 6,75$ días, correcto.

Sin embargo el remanente (8,1 m³) solo es capaz de asegurar 1 día de consumo, lo cual puede ser problemático en la gestión logística pues un retraso superior a un día en la llegada de la cisterna puede dar lugar a una posible ruptura del suministro.

4.11. SEGURIDAD DURANTE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las mayores posibilidades de riesgo en operación y mantenimiento serían:

- 1.- Plantas sin personal presente y telegestionadas:
 - Posibles riesgos exteriores (intrusismo, llamadas telefónicas con amenazas, etc.).
 - Fallos o datos erróneos en la telegestión.
- 2.- Plantas con personal presente:
 - Posibles errores humanos de manipulación o mantenimiento.

En el primer caso, el tema concierne básicamente a las compañías suministradoras, con plantas diversas y no asistidas. Las medidas a tomar son diversas, entre las cuales se destacan:

- Análisis de los emplazamientos más discretos.
- Teleprotección de vallas y de apertura de puertas.
- Vallado perimetral con defensa superior.
- Señalización adecuada.
- Cerraduras normalizadas de Cía.
- Visitas de control periódicas.
- Mantenimiento de telegestión.

En el segundo caso, el personal presente de modo habitual o esporádico estará convenientemente preparado para efectuar las operaciones y dispondrá de los medios de protección personales adecuados.

Con respecto al personal que atiende la operación y mantenimiento de las plantas de GNL, es preciso establecer una metodología que permita regular las actuaciones de todas las empresas (contratistas y/o proveedores de servicios) que desarrollan sus actividades en las instalaciones para asegurar el cumplimiento y cooperación en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales y protección del medio ambiente.

4.11.1. Propuesta metodológica actuaciones contratistas

Las responsabilidades, en materia de seguridad y salud del empresario principal de un centro de trabajo o planta industrial, frente a sus empresas contratistas, definidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995 [19]), se centran en: información, coordinación, cooperación y vigilancia.

Los empleados de las empresas contratistas pueden estar expuestos tanto a los riesgos que se derivan de sus propias actividades como de las de la planta industrial. o de otras empresas concurrentes.

El contratista es el responsable de la prevención de los riesgos derivados de sus actividades y de las de sus subcontratistas.

El empresario principal de la planta industrial es responsable de asegurar la protección frente a los riesgos de sus actividades tanto de su personal como del de sus contratistas.

La base de la prevención se centra en la formación e información del personal a fin de evitar el peligro existente en el desarrollo de sus actividades.

Al mismo tiempo, las actividades o servicios proporcionados al empresario principal por empresas contratistas pueden interactuar de forma negativa con el Medio Ambiente. El comportamiento medioambiental de las empresas contratistas, en trabajos encargados por el empresario principal no puede ser distinto, ni las normas medioambientales menos exigentes, que si lo realiza personal del empresario principal.

En los siguientes apartados se propone una propuesta metodológica para las actuaciones de los contratistas, que puede ser un modelo que permita sistematizar la información, coordinación, cooperación y vigilancia relacionada con la prevención de riesgos laborales para mejorar la seguridad y salud de todos los trabajadores que operan y mantienen una planta de GNL.

4.11.2. Alcance de la propuesta

Se trata de proponer una metodología para regular las actuaciones de todas las empresas (contratistas y/o proveedores de servicios) que desarrollan sus actividades en plantas de GNL para asegurar el cumplimiento y cooperación en la aplicación de la política y normativa sobre prevención de riesgos laborales y protección del medio ambiente.

Se tomará como referencia la normativa vigente relacionada con la prevención de riesgos laborales (Ley 31/1995 [19] y Ley 54/2003 [32]), seguridad y salud en los centros de trabajo (RD 486/1997 [33]) y en obras (RD 1627/1997 [34]), subcontratación (Ley 32/2006 [35]), coordinación de actividades empresariales (RD 171/2004 [36]) y evaluación de riesgos laborales (INSHT) [37].

De igual forma, será de aplicación la reglamentación técnica, las instrucciones internas, procedimientos y, en general, toda la normativa existente en la planta, basándose en las premisas marcadas en los estándares de cada planta.

La metodología permitirá desarrollar una Norma de aplicación y obligado cumplimiento para todos los que desarrollen cualquier tipo de actividad o servicio en el recinto de la planta de GNL e instalaciones anexas.

Es aplicable por tanto a los pedidos/contratos que emita el empresario principal. Asimismo, es aplicable a las demostraciones, verificaciones, pruebas o ensayos de equipos realizados en la zona fabril por empresas comerciales sin pedido/contrato.

En aras a conseguir la mejora en la Seguridad y Salud de todos los trabajadores/as, así como eliminar el sector improductivo, también se podrán limitar los niveles de subcontratación.

Los Organismos de la Administración, así como las empresas legalmente constituidas, individuales o colectivas, que presten sus servicios, tales como: inspecciones, asistencia técnica, comercial y, en general, actividades de carácter temporal que no comporten, desde el punto de vista de seguridad, ningún riesgo específico añadido, su entrada y circulación por el recinto de fábrica se podrán regir por un procedimiento específico que se limite a la identificación y control de entrada.

Para el resto de actividades diferentes que estén incluidas en un contrato, se precisa que se realice un permiso de trabajo específico, indicando, en el mismo, el Departamento de Intervención y el Área/Instalación en la que se va a realizar el trabajo. Se elaborará un documento que servirá de soporte para indicar las actividades que se van realizar.

Los requerimientos para los vehículos que transporten mercancías peligrosas (autorizaciones, ADR, equipamiento de vehículos, carta de porte, normas para carga/descarga, etc.), se regularán de forma específica.

La exigencia de cumplimiento, a los subcontratistas, se llevará a cabo a través del contratista principal del empresario principal.

Y todo este proceso también puede iniciar el camino hacia la implantación de un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, según la norma ISO 45001 [38].

4.11.3. Bases de la propuesta

La metodología propuesta constará de las siguientes partes:

- Realizar una precalificación de los contratistas. Para ello se preparará un modelo de cuestionario y se elaborará un registro de las empresas contratistas cualificadas, que contenga las actividades y clases de actividades a desarrollar.
- Informar a los contratistas de los riesgos y requisitos exigidos por el empresario principal, en materia de seguridad, salud y medio ambiente previos a la contratación.
- Verificar que los empleados de los contratistas tienen los conocimientos y competencia adecuados en materia de seguridad, salud y medio ambiente. Se documentará la formación recibida.
- Controlar que los contratistas, en la materialización del contrato, cumplen la normativa vigente. Se realizará una supervisión/vigilancia de las actividades contratadas.

Se podrán establecer restricciones a la contratación (por ejemplo de trabajadores autónomos para la realización de determinadas actividades peligrosas como pueda ser trabajo en espacios confinados), o desarrollar procedimientos específicos para trabajos especiales.

También se determinará el tratamiento de los incidentes que puedan ocurrir y se podrá establecer un régimen de penalizaciones por incumplimientos.

4.11.4. Fases de desarrollo

El desarrollo de las obligaciones y responsabilidades de las partes se llevará a cabo de acuerdo a las cuatro fases siguientes:

1. Previa a la contratación
2. En la contratación
3. Durante la ejecución del contrato
4. Al finalizar los trabajos

Estas fases se complementan con las obligaciones de carácter general y de registro de los contratistas.

Previa a la contratación

El proceso se inicia con la identificación de la necesidad de contratar a un contratista o servicio contratado para la realización de un determinado trabajo. Determinada esta necesidad, el segundo paso es elaborar los documentos que describan los trabajos a realizar, las condiciones de Salud y Seguridad y los requisitos específicos del lugar de trabajo a cumplir. Estos documentos se deberán reflejar en una Especificación de Seguridad y Salud, que formará parte del permiso de trabajo que deberá ser incorporado al contrato que suscriba el contratista con el empresario principal.

La Especificación de Seguridad y Salud será preparada por el servicio o departamento donde se vayan a realizar los trabajos, en la cual se informará al contratista de los riesgos presentes en el lugar de trabajo y las medidas básicas de prevención que deberá tener en cuenta a la hora de Evaluar los Riesgos del servicio contratado y formará parte del permiso de trabajo.

El siguiente paso es la Precalificación de los contratistas que quieran ofertar. Para ello, todo contratista será evaluado por el empresario principal en lo que respecta a la seguridad, salud y medio ambiente. El cuestionario de precalificación deberá ser cumplimentado por parte de las empresas contratistas y será remitido al Servicio de Seguridad y Salud para su calificación. Dicha valoración deberá ser tomada en cuenta a la hora de adjudicar los trabajos y las medidas preventivas a adoptar.

Antes de presentar una oferta, y al objeto de evaluar los riesgos laborales, se revisará el alcance del trabajo y se conocerán las expectativas o requisitos a cumplir antes, durante y después de la ejecución de los trabajos. El contratista visitará el lugar y examinará con un representante de la empresa principal las condiciones generales del lugar, los riesgos en seguridad y salud y la extensión de las tareas. El contratista tendrá a su disposición las normas generales de seguridad actualizadas (última revisión) y específicas, así como los procedimientos de trabajo que le sean de aplicación. Cualquier interferencia en la producción será discutida en esta fase. La finalidad principal de esta visita es revisar los requisitos a

cumplir y resolver las dudas previas del contratista a fin de que los costes causados por el cumplimiento de estos requisitos estén incluidos en su oferta inicial.

Asimismo, el contratista entregará al Servicio de Seguridad y Salud la relación/inventario de los materiales/productos químicos a utilizar, así como las fichas de datos de seguridad correspondientes. El Servicio de Seguridad y Salud, si procede, dará el visto bueno al documento quedándose con copia.

El contratista que hubiera trabajado anteriormente o que trabaje regularmente en la planta de GNL, y hubiera pasado satisfactoriamente el proceso de precalificación, tendrá que actualizarlo anualmente.

El empresario principal se asegurará de que todos los potenciales contratistas, reciban, antes de la formalización del Contrato, la documentación siguiente, que deben comprometerse a cumplir:

- a) Una copia de las normas generales actualizadas de Medio Ambiente y de Seguridad y Salud Laboral que apliquen, así como los requisitos específicos en relación con el contrato.
- b) Una relación de los riesgos de seguridad en el trabajo presentes en la zona/área de la planta en donde el contratista realizará su actividad.

Previamente al comienzo de los trabajos, se deberá asegurar que el personal del contratista ha recibido y entendido la normativa aplicable.

En la contratación

Con posterioridad a la formalización del contrato y antes del inicio de los trabajos, el contratista deberá presentar y acreditar ante los órganos de control designados por el empresario principal, tanto para él como para sus subcontratistas, los documentos que acrediten el cumplimiento de los requisitos necesarios para realizar sus actividades en la planta.

Durante la ejecución del contrato

El contratista/subcontratista deberá obtener para su personal y vehículos la correspondiente autorización de entrada al recinto de la planta, y cumplirá con las obligaciones pactadas durante la ejecución del contrato, tanto para los trabajos propios como los de sus subcontratistas y trabajadores autónomos.

Una vez entregada y aceptada la documentación por cada Departamento/Servicio se establecerá una reunión previa al inicio de los trabajos en la que se revisará la documentación aceptada entre las partes implicadas: Responsable de proyecto, Responsable del empresario principal para contratistas y contratista. En esta fase será en donde se establezcan plazos y nivel de información que debe aportar el contratista principal a los intervinientes en el trabajo que puede ir desde una breve orientación general hasta información más específica dependiendo de los trabajos a realizar.

Otro tema a tratar en la reunión previa al inicio de los trabajos será el informar al contratista de la metodología a seguir para poder acceder a las instalaciones y recordarle la necesidad de obtener Permisos para la realización de ciertas actividades como Trabajos en Espacios Confinados, Excavación, a Fuego Libre, etc. y a quién dirigirse para obtenerlos.

Al finalizar los trabajos

Al finalizar los trabajos se realizará y registrará una reunión de cierre en la que se revisará si las expectativas del Servicio de Seguridad y Salud se han cumplido y se comprobará que el contratista ha cumplido con sus obligaciones.

4.11.5. Obligaciones de carácter general

El contratista se obliga a cumplir la Ley de Prevención de Riesgos Laborales [19] y todos aquellos reglamentos que de ella emanen, y todas las disposiciones relativas a Seguridad, Salud y Medio Ambiente que se indican en el Manual de Prevención, en las Normas Generales de Seguridad y en las específicas que en su área de trabajo le sean aplicables. El contratista es responsable total y exclusivo de la seguridad de su personal, maquinaria y equipos y, por tanto, debe asegurarse, antes de iniciar cada trabajo, que sus equipos se encuentran en perfectas condiciones, que se cumplen todas las disposiciones de seguridad aplicables y que se utilizan todos los medios de protección necesarios y adecuados.

El empresario principal tendrá derecho a exigir la sustitución de personal y equipos que no cumplan lo indicado en este apartado.

El contratista se compromete a:

- Cumplir todos los requisitos medioambientales legales vigentes aplicables a la actividad que desempeñen en el/los emplazamientos, así como a la gestión de los residuos, emisiones a la atmósfera y aguas residuales generadas por esta actividad.
- Asegurar la adecuada identificación, almacenamiento, manipulación y eliminación de todas las sustancias y preparados peligrosos utilizados, así como los residuos de los mismos, dando información al respecto a los responsables de la planta implicados. Ello incluye el tener las fichas de seguridad de los mismos en la obra y el facilitar la ficha de seguridad de todos los productos que vaya a utilizar, en caso de que se le solicite.
- Aceptar todos los residuos generados por su maquinaria y actividades como propios, gestionándolos independientemente de los del emplazamiento. Proporcionar cualquier información requerida al respecto por los responsables de la planta (p. ej.: documentos de control y seguimiento de los residuos peligrosos).
- No verter sustancias peligrosas o residuos a las redes de drenaje ni al suelo de la planta. No abandonar residuos en ninguna zona de la planta.
- Aceptar la responsabilidad legal que conlleve cualquier incumplimiento legal derivado de la mala gestión de productos químicos utilizados o residuos

generados en/por la actividad o servicio del subcontratista en el/los emplazamientos.

- Minimizar las molestias sobre el entorno (generación de residuos, emisiones a la atmósfera, polvo, ruido, olores).
- Asegurar que todo su personal conoce las normas establecidas; en ningún caso se podrá alegar desconocimiento de éstas.
- Informar al Departamento contratante del trabajo de cualquier incidente con repercusión medioambiental que tenga lugar en el desarrollo de sus actividades (p. ej.: derrame de sustancia peligrosa).

El almacenamiento, transporte y distribución por parte de las empresas contratistas, se hará de acuerdo con los reglamentos del producto, en contenedores/depósitos certificados y revisados por los organismos competentes en la materia. En cualquier caso, estos depósitos o instalaciones serán sometidas a la aprobación del Servicio de Seguridad, previa presentación de una memoria descriptiva de las mismas y justificación de su necesidad.

El personal del contratista no podrá circular o efectuar servicios en zonas o áreas distintas a las autorizadas. El contratista, no podrá hacer uso de equipos propiedad del empresario principal, excepto acuerdo expreso para ello. Dicho acuerdo estará soportado documentalmente.

El personal conductor de los vehículos del contratista deberá realizar un reconocimiento del vehículo, previo a su utilización y anotar los resultados en una lista de chequeo que se situará en un lugar visible y a disposición del personal autorizado que se lo requiera.

En el caso de vehículos industriales o equipos intercambiables (fresas, aparatos de elevación, remolques, etc.), el contratista deberá incluir como parte de la documentación del vehículo a la entrada de la planta, una copia compulsada por el Servicio de Seguridad de documento con relación de equipos y vehículos.

El contratista, no podrá subcontratar toda o parte de la obra sin autorización expresa del empresario principal. En cualquier caso es responsable del cumplimiento de todas las obligaciones de sus subcontratistas, estando éstos en todo momento bajo su autoridad y responsabilidad.

Si el contratista dispone de autorización para mantener algún tipo de instalación en la planta, debe mantener el entorno limpio y ordenado y cumplir los requisitos de seguridad y salud necesarios de acuerdo con las leyes, reglamentos y normas vigentes.

El nombre del contratista se indicará, tanto en el casco, que será de color blanco, como en la ropa de trabajo bien visible, de forma que permita su fácil identificación.

El contratista informará al Administrador del Contrato de los procesos, inspecciones y sanciones, en materia de seguridad y salud, abiertos por la autoridad laboral competente.

El contratista facilitará las labores de control, auditoria e inspección que realice el empresario principal por sus propios medios o a través de terceros.

El personal del contratista/subcontratista utilizará, allí donde preste sus servicios, EPI's con las mismas características que los utilizados por el empresario principal.

Además, el contratista nombrará un representante que asumirá las siguientes responsabilidades:

- Aconsejar e instar al contratista y subcontratista a trabajar de forma acorde con la Política de seguridad y salud del empresario principal.
- Evaluar o hacer que se evalúen los riesgos presentes en todas las fases de su trabajo incluyendo aquellas realizadas por subcontratistas.
- Llevar a cabo medidas que controlen o eliminen los riesgos detectados en la evaluación de riesgos.
- Asegurarse de que se cumplen los requisitos y medidas marcadas.
- Realizar o dirigir auditorías internas, autoevaluaciones o inspecciones encaminadas a confirmar el cumplimiento de la Política de seguridad y salud del empresario principal.

4.11.6. Registros del contratista

El Contratista tendrá a disposición del Servicio de Seguridad y Salud y Administrador del Contrato los registros siguientes:

- Evaluación de riesgos por puestos de trabajo, especialidad desarrollada y área de trabajo que tengan riesgos diferenciados.
- Puesta al día de sus obligaciones en materia de Seguridad Social.
- Relación de medios técnicos y humanos e idoneidad de los mismos para los trabajos a desarrollar.
- Organización de la prevención, especificando su modalidad y estructura.
- Formación de su personal: técnica y preventiva específica en función de la exposición al riesgo derivado del trabajo a desarrollar.
- Designación de persona o personas cualificadas desde el punto de vista preventivo, con justificación del tiempo dedicado a la materia citada.
- Registro de incidentes/accidentes. Índices.
- Programas de mantenimiento de los medios materiales utilizados en los trabajos con sus correspondientes fichas de control.
- Especificación y certificación de los materiales de protección personal.
- Inspecciones y auditorias de seguridad internas y externas
- Plan de Prevención.
- Plan de gestión de medio ambiente
- Justificantes de la correcta gestión de residuos peligrosos
- Relación de materiales/productos químicos a utilizar, incluyendo Fichas de Datos de Seguridad.

4.11.7. Obligaciones del empresario principal con los contratistas

El empresario principal deberá comprometerse con lo siguiente:

- Facilitar el Manual de Prevención y normativa específica que tenga elaborada en materia de seguridad y salud y medio ambiente y las recomendaciones de seguridad para determinadas tareas. Explicar y aclarar las dudas que planteen. Esta información se dará al responsable de la empresa contratista, quien se asegurará de hacerla llegar a sus trabajadores y subcontratistas.
- Colaborar y facilitar documentación relativa a riesgos específicos y medidas de protección.
- Colaborar en el cumplimiento de las responsabilidades en materia de prevención y medio ambiente.
- Comunicar las modificaciones (revisiones) en las Instrucciones Internas.
- Vigilar el cumplimiento de la normativa vigente en el Centro de Trabajo.
Además, el empresario principal nombrará un representante que asumirá las siguientes responsabilidades:
 - Trabajar y colaborar en la Precalificación de Contratistas y Servicios Contratados.
 - Colaborar con contratistas y subcontratistas en la Evaluación de Riesgos.
 - Asegurarse que se cumplen los mínimos marcados para el Proceso de Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
 - Determinar el grado aplicable a cada contratista o servicio contratado que quiera trabajar en la planta.
 - Asegurarse de que los Administradores de los Contratos tengan toda la documentación relacionada con los contratos o partes de contrato que ellos administren.
 - Colaborar con la Dirección del Centro en asegurarse de que las obligaciones contractuales en Seguridad y Salud se cumplen por parte de contratistas, subcontratistas y servicios contratados.
 - Supervisar, inspeccionar, auditar y realizar seguimientos de incidentes de contratistas, subcontratistas o servicios contratados.

4.11.8. Coordinación de actividades empresariales

De acuerdo con lo indicado en el RD 171/2004 [36] por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 [19] de Prevención de Riesgos Laborales en materia de coordinación de actividades empresariales, se establece que es necesario realizar Coordinación de Actividades Empresariales cuando concurren en un mismo lugar de trabajo dos o más empresas o trabajadores autónomos.

Como primera medida de control se intentará evitar la presencia de dos o más empresas contratistas / subcontratistas / trabajadores autónomos, al mismo tiempo en el mismo lugar de trabajo. Si no fuera posible se establecerán las medidas de coordinación necesarias para evitar que se generen riesgos entre empresas o trabajadores autónomos.

El contratista principal o el titular del centro de trabajo deberán determinar los medios para cumplir con el deber de cooperación entre las empresas.

Se consideran medios o medidas de coordinación cualquiera de las siguientes:

- El intercambio de información y comunicaciones.
- La celebración de reuniones periódicas.
- La impartición de instrucciones.
- El establecimiento conjunto de medidas específicas de prevención.
- La presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos de las empresas concurrentes.
- La designación por escrito de una o más personas encargadas de la coordinación de las actividades preventivas.
- Programación de inspecciones para velar el correcto cumplimiento de las medidas de coordinación.

El intercambio de información se realizará mediante las reuniones de coordinación, la gestión de permisos de trabajo y permisos de acceso.

4.11.9. Ejemplo de aplicación

Siguiendo la metodología propuesta, se desarrollan modelos de formularios y documentación para aplicar en una planta, de forma que queden cubiertos los requisitos mínimos que deben cumplir los procedimientos/ instrucciones de gestión de contratistas de una planta tipo.

Precalificación

Previo al establecimiento de relación contractual con cualquier contratista que vaya a desarrollar o subcontratar trabajos, se ha de comprobar que está dentro de la matriz de subcontratistas precalificados.

El servicio de compras iniciará el proceso de precalificación con aquellos contratistas que sean invitados a ofertar, y no se encuentren dentro de la lista de proveedores precalificados en la planta. Para ello, remitirá la documentación requerida para la cumplimentación del formulario que se presenta en la figura 143.

A	Accidentabilidad	Menor media sector ACTIVIDAD	EN LINEA SECTOR DE ACTIVIDAD	Mayor media sector ACTIVIDAD	
		Índice Frecuencia y Gravedad	40	20	0
	Tendencia Accidentabilidad	Positiva	Estable	Negativa	
		20	10	0	
	Accidente graves/ sanciones graves o muy graves.	SI	NO		
		0	10		
	Accidentes mortales	0	30		
B	ORGANIZACIÓN DE LA PREVENCIÓN	Organización de la prevención	SPP	SPM o SPA + RP	SPA
			20	10	0
		Analisis técnico documentación prevención	Deficiente/ escasa	Aceptable	Buena
			0	30	60
		Auditado en PRL	SI	No	
			20	0	
C	RECURSOS HUMANOS	Tamaño empresa	Grande >250	Mediana	Pequeña <50
			20	10	0
		Distribución Experiencia de Trabajadores en empresa	Deficiente/ baja	Aceptable	Bueno
			0	10	20
		Técnicos y recursos en la compañía	Deficiente/ baja	Aceptable	Bueno
			0	30	60
D	Formación/ Procedimientos	Procedimientos/ Formación	Deficiente/ Bajo	Aceptable	Bueno
			0	30	60
		Procedimientos/ Formación equipos especiales	SI - N/A	NO	
			40	0	
E	Certificaciones y Autorizaciones	Certificaciones	OHSAS	ISO 14001	ISO9001
			40	20	10
		Autorizaciones y permisos especiales	SI/NA	NO	
			30	0	
F	EXPERIENCIA/ REFERENCIAS		REFERENCIAS GRANDES EMPRESAS - ALTA REPUTACIÓN	REFERENCIAS GRANDE, MEDIANAS O PYMES	SIN REFERENCIAS
		NUEVA EMPRESA	100	50	0
		EMPRESA EXISTENTE	AVI	SC	COR
		0-100	0-100	0-100	
A	INDICES DE REFERENCIA:				
	INDICE DE FRECUENCIA - GENERAL		10		
	INDICE DE GRAVEDAD - GENERAL		0,7		
	INDICE DE FRECUENCIA - INDUSTRIAL		14		
	INDICE DE GRAVEDAD - INDUSTRIAL		0,92		
	INDICE DE FRECUENCIA - SERVICIOS		7		
	INDICE DE GRAVEDAD - SERVICIOS		0,5		
	INDICE DE FRECUENCIA - CONSTRUCCIÓN		20		
INDICE DE GRAVEDAD - CONSTRUCCIÓN		1			

Figura 143. Modelo tipo formulario precalificación contratistas (fuente: elaboración propia)

Una vez recibida la información, se remitirá a los responsables de Seguridad y Salud de Planta para su gestión y valoración. Si durante este proceso se aprecian inconsistencias o se considera necesario obtener más información se hará constar a los afectados tanto el tipo de información cómo la dilación en el proceso de precalificación.

El servicio de compras incluirá en la comunicación a todo ofertante las normas a cumplir, y los riesgos y requisitos de Seguridad y Salud especial significancia aplicables al trabajo a contratar.

Los contratistas se clasificarán en función de los resultados del proceso de precalificación (figura 144) en:

0-70	Marginal	
70-85	moderado	
85 - 100	Aceptable	

Figura 144. Modelo tipo clasificación precalificación contratistas (fuente: elaboración propia)

Por defecto, la precalificación se revisará anualmente con excepción de los contratistas de bajo riesgo en los que se cumplan los siguientes supuestos:

- Los trabajos de la contrata se desarrollan en un área definida y restringida.
- No se usan materiales peligrosos.
- No trabajan con herramientas o equipos que pueden causar riesgos significativos.
- No realizan trabajos que requieran el uso de medidas de prevención sofisticadas.

El Servicio de Seguridad y Salud mantendrá un registro actualizado de las empresas calificadas y trabajos autorizados.

Información requisitos de Seguridad y Salud

Igualmente, el empresario principal deberá informar sobre los documentos que describan los trabajos a realizar, las condiciones de Salud y Seguridad y los requisitos específicos del lugar de trabajo a cumplir. Estos documentos se deberán reflejar en una Especificación de Seguridad y Salud, según modelo de la Figura 145, que formará parte del permiso de trabajo que deberá ser incorporado al contrato que suscriba el contratista con el empresario principal.

Referencia	
ESPECIFICACIONES DE Seguridad y Salud	
FECHA:	NÚMERO DE PETICIÓN DE OFERTA:
ASUNTO:	
DEPARTAMENTO PETICIONARIO:	DEPARTAMENTO AFECTADO:
DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	
EQUIPOS UTILIZADOS	
Cualquier trabajo de mantenimiento en equipos del contratista (tanto correctivo como preventivo) en las instalaciones de la planta, necesitará una autorización expresa del administrador del contrato, con el visto del Servicio de Prevención.	
ACREDITACIÓN / NOMBRAMIENTO	
Formación Interna de la planta según programa de formación.	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Acreditación para el manejo de equipos móviles.	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Es necesario el nombramiento de un recurso preventivo.	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Es necesario que la empresa y/o los trabajadores dispongan de una acreditación o certificación oficial .	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Cual:	
VISITA PREVIA	
Es necesario realizar una visita previa a la planta antes de presentar la oferta Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
RIESGOS DEL ÁREA DONDE VA A TRABAJAR (Riesgos propios de las instalaciones de la planta donde van a realizarse los trabajos) (Indicar relación)	
EQUIPOS DE PROTECCIÓN (Si es necesario, aclarar el tipo concreto de protección (Ej. Tipo de mascarilla, tipo de arnés...)) (Indicar relación de EPIs)	APTITUD MÉDICA (De acuerdo a la legislación española y protocolos de salud de planta indicados) (Indicar relación)
Todos los EPI's utilizados han de ser certificados.	
DOCUMENTACIÓN INTERNA APLICABLE	
1. Normas Generales de Seguridad de la Planta. 2. Normas específicas del Departamento/Servicio _____ 3. Instrucción Interna _____ 4. Instrucción Interna _____	19. Procedimiento de inspecciones internas a Contratas. 24. Otras: _____
JEFE DEPARTAMENTO/SERVICIO	Recibido por empresa Contratista:
Firma:	Firma:
Fecha: Nº Expediente:	Fecha: Nombre:

Figura 145. Modelo tipo Especificación de Seguridad y Salud
(fuente: elaboración propia)

PERMISO DE TRABAJO N° Alta Modificación

ADMINISTRADOR DEL CONTRATO:	Dpto./Servicio:
-----------------------------	-----------------

1. Empresa Contratista:		Empresa Subcontratista:			Contratista / Subcontratista
Domicilio Social:					
C. P.:	Provincia:	NIF:	Tfno.:	Mail:	
Especialidad contratada:				CNAE:	
Plantilla:	Fecha Inicio:	Fecha Fin:	Nº Contrato/Pedido:		
Referencias de la Empresa:					
Descripción obra a realizar y lugar:					
2. Ficha de Resumen de Actividades <input type="checkbox"/>		3. Ficha de Personal y Formación <input type="checkbox"/>		4. Ficha de Máquinas y Equipos <input type="checkbox"/>	
5. Repr. Legal del Contratista:			Tfno.:	Mail:	
6. Resp. Seguridad del Contratista:			Tfno.:	Mail:	
6.1 Coord. Seguridad y Salud:			Tfno.:	Mail:	
7. Resp. M. Ambiente del Contratista:			Tfno.:	Mail:	
8. Entidad Aseguradora de Accidentes:				Nº Póliza:	
9. Servicio de Prevención: Propio <input type="checkbox"/>				Ajeno <input type="checkbox"/>	Entidad:

10. Medidas de Coordinación:	Si	No	N/A
10.1 Se ha nombrado recurso/s preventivo/s.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.2 Se ha cumplido con el deber de información recíproca entre los contratistas/subcontratistas intervinientes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.3 Previo al inicio de la actividad está prevista la celebración de una reunión de coordinación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.4 Se ha establecido un calendario de reuniones periódicas de coordinación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.5 Está previsto impartir a los trabajadores una Charla Breve diaria antes de comenzar la jornada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.6 Las actividades se circunscriben al ámbito de aplicación de la Ley 32/2006 "Subcontratación en el Sector de la Construcción".	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.7 Han sido contempladas las posibles interferencias producción-mantenimiento-contratista/s.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Observaciones:

--

12. Firmas:

--

Figura 146. Modelo tipo Permiso de Trabajo
(fuente: elaboración propia)

El permiso de trabajo se entiende como el proceso formal de aprobación y autorización a un contratista a acceder al centro de trabajo para ejecutar una tarea. Se documentará según modelo de la Figura 146. También se podrán emitir permisos para trabajos especiales,

destinados a intervenciones de urgencia y con una validez para un periodo de tiempo limitado.

Formación y verificación de conocimientos

La planta dispondrá de un proceso que garantice unos conocimientos mínimos en seguridad y salud de los trabajadores de las empresas contratistas. Este proceso ha de ser complementario a la certificación por parte del empresario de toda la formación legalmente requerida.

La Figura 147 relaciona los documentos requeridos para acreditar la formación y competencias requeridas para los contratistas, además de otros requisitos complementarios.

REQUERIMIENTOS PREVIOS A LA FORMALIZACIÓN DEL PERMISO DE TRABAJO	ÓRGANO DE CONTROL
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentar previo a la formalización del contrato los requisitos fijados en los procedimientos de la planta. ▪ Presentar cuestionario previo a la contratación (si aplica). 	
<p>Presentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formación general en materia de prevención de riesgos laborales. ▪ Formación sobre las normas generales y específicas de la planta. ▪ Formación para el manejo de máquinas/equipos. ▪ Reconocimientos médicos del personal interviniente con indicación de los protocolos médicos a los cuales han sido sometidos. ▪ Evaluación de riesgos laborales y planificación de actividades. ▪ Plan de Seguridad/Salud y/o evaluación de riesgos para la obra/servicio objeto de contrato y/o pedido. ▪ Nombramiento y aceptación de coordinador y recursos preventivos (aplicación del RD 1711/2004 “Coordinación de actividades empresariales”). ▪ Carnets profesionales de las actividades a realizar ▪ Justificante de inscripción en el Registro de Empresas Acreditadas si la actividad está incluida en el ámbito de aplicación de la Ley 32/2006.) ▪ Documentación de máquinas/equipos (Declaración CE) acompañado de la justificación de su mantenimiento. ▪ Certificado de fabricación e inspecciones periódicas de los equipos sujetos a normativa específica. 	Seguridad y Salud
<p>Presentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Justificante de afiliación a la Seguridad Social (TC-1/TC-2) u otro documento acreditativo válido. ▪ Documentación de vehículos (automóviles, furgonetas, camiones...) con su correspondiente documentación legal en vigor, seguros, ITV, et c. ▪ Relación de utillaje y herramientas para el desarrollo de su actividad en fábrica. 	Servicio de Vigilancia

Figura 147. Requerimientos para contratistas en el centro de trabajo (fuente: elaboración propia)

En la Figura 148 se presenta un modelo de registro de formación.

PERSONAL Y FORMACION

Empresa Contratista: Empresa Subcontratista:

NOMBRE	DNI	FORMAC ACADEMIC	CAT. PROFESI ONAL	ANTIG ÜED EN EL PUEST O	FORMACION SEGURIDAD		FORMACION MEDIO AMBIENTE		ULTIM RECON MÉDIC (DD/M M/AA)
					GENER	ESPECIF	GENER	ESPECIF	

Como responsable de la empresa contratista, declaro que los trabajadores que se relacionan poseen o han recibido la formación indicada	Empresa Contratista	Empresa Subcontratista	Seguridad y Salud	Admin. Contrato
	Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
	Nombre:	Nombre:	Expte.:	Expte.:
	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:

Figura 148. Modelo tipo registro formación
(fuente: elaboración propia)

La Figura 149 presenta un modelo de diagrama de flujo para la formación.

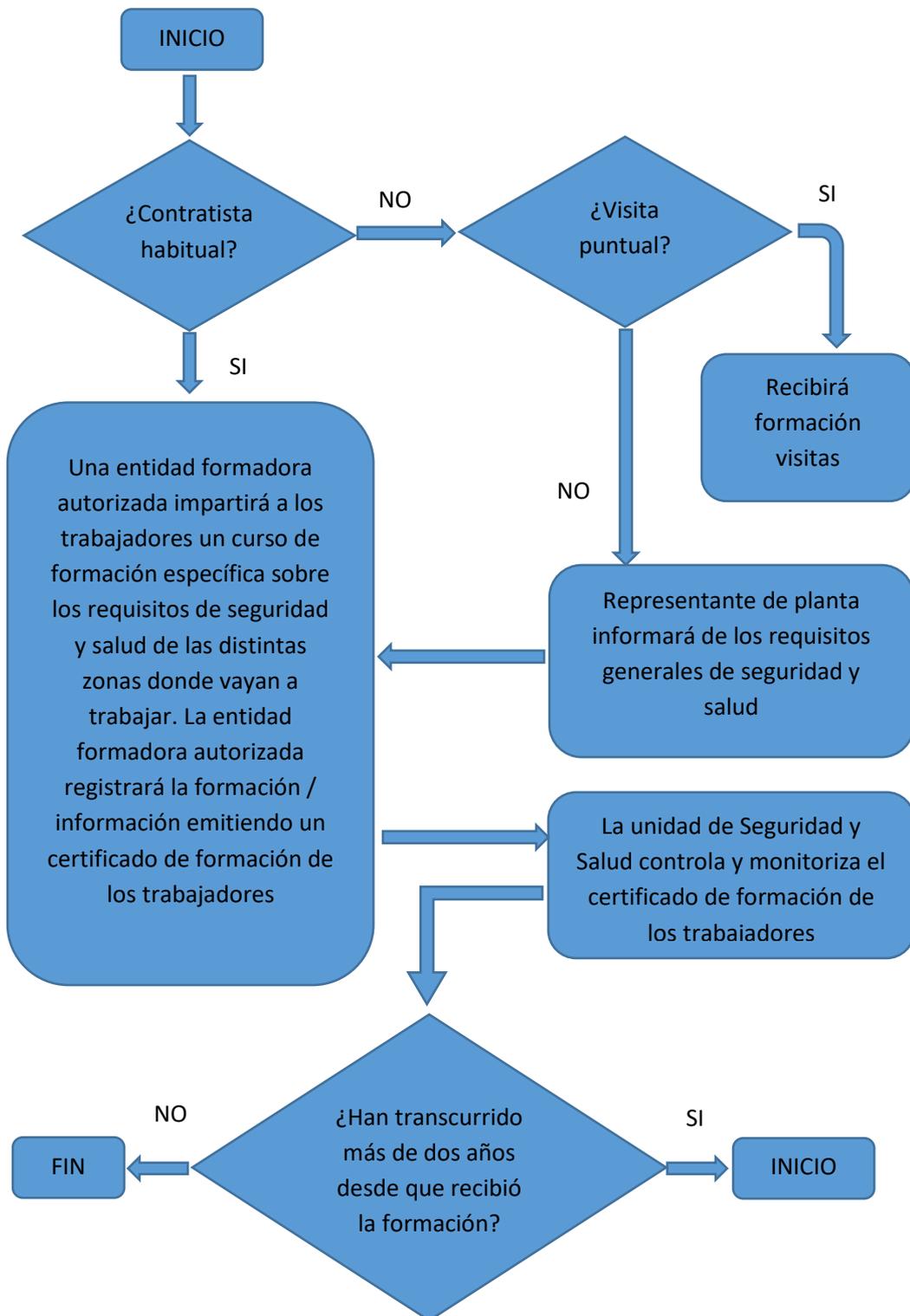


Figura 149. Modelo tipo diagrama flujo formación seguridad y salud para contratistas (fuente: elaboración propia)

Supervisión y vigilancia

La planta dispondrá de un plan de vigilancia de las actividades contratadas. Este plan garantizará que:

- Todos los contratos de trabajos son supervisados al menos 1 vez al año.
- Todos los nuevos contratistas o contratistas esporádicos son supervisados el día de comienzo de trabajos y diariamente hasta considerar que los procesos anteriores han controlado el conocimiento y cumplimiento de los requisitos esenciales por parte de la contrata.

Además, el procedimiento de coordinación de actividades empresariales de la planta incluirá:

- La obligación de comunicar de forma inmediata todo incidente y accidente.
- La obligación de comunicar formalmente por escrito el incidente, lesiones y pronóstico del accidentado en el plazo de 12 horas.
- La obligación de mantener actualizado al empresario principal en el estado de o los accidentados, así como enviar copia del informe de investigación.

Para evaluar el grado de cumplimiento de los contratistas y subcontratistas respecto de las obligaciones impuestas por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales [19], así como de las condiciones de trabajo en los distintos lugares donde las desarrollan, se realizarán auditorías que contemplen la actividad preventiva de la empresa y de las instalaciones y zonas de trabajo.

4.12. PRINCIPALES INCIDENTES EN PLANTAS DE GNL

Las operaciones realizadas con el GNL llevan aparejado un riesgo inherente al carácter extremadamente inflamable del gas de manera que cualquier fuga o escape puede desencadenar un incendio (figura 150) o la generación de una nube inflamable (figura 151).



Figura 150. Fuga gas con inflamación
(fuente: archivo)



Figura 151. Fuga gas
(fuente: archivo)

En este sentido, los incidentes que pueden ocurrir en las distintas secciones de una planta de GNL:

- Rotura o fuga en la línea de descarga del tanque (figura 152).
- Sobrepresión debida a la dilatación térmica, de gas en fase líquida retenido entre la válvula de corte.
- Rotura mangueras criogénicas.
- Roturas o fugas en las líneas o vaporizador de descarga.



Figura 152. Líneas de descarga
(fuente: archivo)

- Rotura o fugas en la línea de salida de gas de vaporizadores.
- Rotura o fugas en la línea de bombas criogénicas.
- Rotura o fugas en línea de regulación y odorización (figura 153).



Figura 153. Línea de regulación y odorización
(fuente: archivo)

Se tendrá en cuenta lo descrito en el punto 4.9 para procedimientos de actuación específicos en estos casos.

4.13. RIESGOS ATEX EN PLANTAS SATÉLITES DE GNL.

La legislación en materia de prevención de riesgos laborales derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo deriva de la publicación de la Directiva europea 1999/92/CE, que se transpuso a la legislación española con el R.D. 681/2003 [20].

Cualquier instalación en la que se manejen líquidos/gases inflamables o polvo combustible presenta riesgo de formación de atmósferas explosivas. En virtud del R.D. 681/2003 [20], el titular de la instalación está obligado a evaluar este riesgo en el marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales [19].

4.13.1. Real decreto 681/2003 [20].

El Real Decreto 681/2003 [20], 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, presenta una definición de lo que es una atmósfera explosiva:

Atmósfera explosiva.

- 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.

El gas natural licuado se almacena a presión atmosférica y temperatura -161°C . En el interior de los depósitos de almacenamiento no hay una mezcla gas/aire, luego no existe una atmósfera explosiva.

Si se produce una fuga (figura 154) de la sustancia inflamable almacenada en este tipo de tanques o en las líneas por las que circula el GNL, se formará una mezcla inflamable gas/aire. Por este motivo, en este tipo de emplazamientos existe un riesgo de explosión derivado de la presencia de atmósferas explosivas y por tanto existe la obligación de evaluar dicho riesgo en virtud de lo establecido por el R.D. 681/2003 [20].

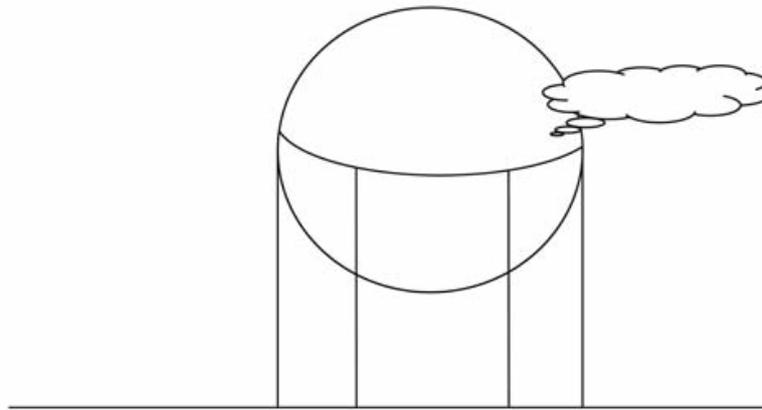


Figura 154. Fuga gas hacia la atmósfera
(fuente: RD 681/2003)

Mezcla del combustible-comburente.

Cada sustancia, ya esté en forma de gas, vapor, niebla o polvo, tiene un rango de concentración en el aire dentro del cual la mezcla sustancia inflamable-aire tiene propiedades explosivas, pero, si la concentración es inferior o superior a los extremos (límites) que definen su rango de explosividad, no se produciría la explosión, aunque el grado de dispersión fuese propicio. La figura 155 muestra los límites de explosividad.



Figura 155. Límites explosividad
(fuente: RD 681/2003 [20])

Fuente de ignición.

La reacción de un producto al explotar es siempre una reacción de oxidación. Para que se inicien estas reacciones se necesita una energía mínima de activación, para que se produzca la inflamación y para que la combustión se propague a la mezcla no quemada.

En muchos casos, no son necesarias energías de activación muy elevadas y, una vez desencadenada la reacción, el calor generado suele ser suficiente para que se auto mantenga la reacción.

4.13.2. Principios para la prevención de explosión y protección frente a éstas.

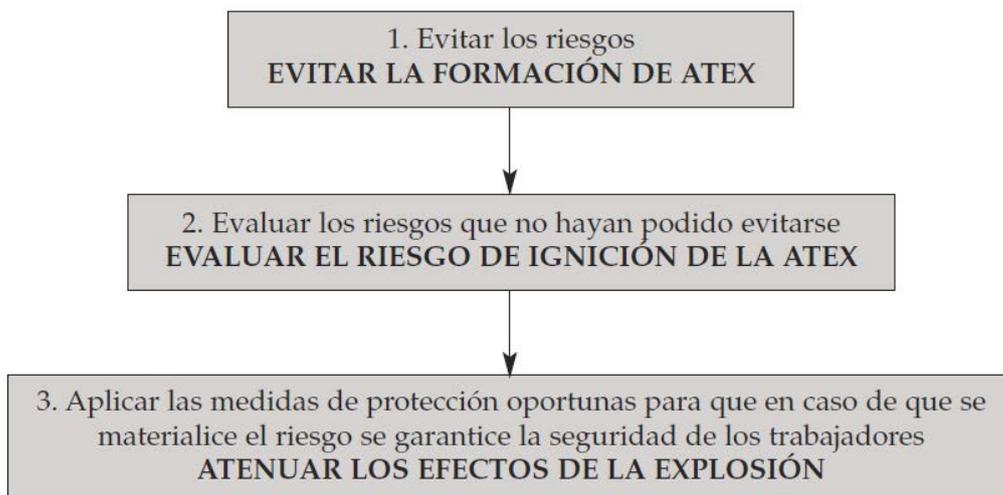


Figura 156. Principios prevención y protección frente a explosión
(fuente: RD 681/2003 [20])

La figura 156 resume los tres principios para la prevención de explosión y protección que se exponen a continuación.

4.13.3. Evaluación de los riesgos de explosión.

El empresario evaluará los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, teniendo en cuenta, al menos:

- a) La probabilidad de formación y la duración de atmósferas explosivas.
- b) La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluida las descargas electrostáticas.

- c) Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.
- d) Las proporciones de los efectos previsibles.

Los riesgos de explosión se evaluarán globalmente.

El empresario tomará las medidas necesarias para que en los lugares y ambientes en los que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que puedan poner en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores o de otras personas.

- a) El ambiente de trabajo sea tal que el trabajo pueda efectuarse de manera segura.
- b) Mediante el uso de los medios técnicos apropiados, una supervisión adecuada de dichos ambientes, con arreglo a la evaluación de riesgos, mientras los trabajadores estén presentes en aquéllos.

Cuando en un mismo lugar de trabajo se encuentren trabajadores de varias empresas, cada empresario deberá adoptar las medidas que sean necesarias para la protección de la salud y la seguridad de sus trabajadores. El empresario titular del centro de trabajo coordinará la aplicación de todas las medidas relativas a la seguridad y la salud de los trabajadores y precisará las medidas y las modalidades de aplicación de dicha coordinación.

4.13.4. Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.

Áreas de riesgo.

Aquellas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.

Áreas que no presentan riesgos.

Aquellas en las que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales.

Clasificación de las áreas de riesgo.

Las áreas de riesgo se clasificarán en zonas teniendo en cuenta la frecuencia con que se produzcan atmósferas explosivas y su duración. De esta clasificación dependerá el alcance de las medidas que deban adoptarse.

Para realizar esta clasificación de zonas es necesario conocer:

- Tipo de sustancia que origina la atmósfera explosiva: si es un gas, vapor o niebla o si se forma por materia pulverulenta.
- Existencia de la atmósfera explosiva: si está presente de forma permanente o si la ocurrencia de la atmósfera explosiva será ocasional, debido a circunstancias o actuaciones concretas, y finalmente si sólo se da esporádicamente de forma no previsible.
- Presencia de la atmósfera explosiva. Se clasificará según la duración de dicha atmósfera. En estos casos, siempre se debe partir de la premisa de que cualquier atmósfera explosiva que se produzca va a ser detectada y evitada en el menor tiempo posible, por tanto, se tratará de minimizar al máximo su permanencia.

Zona 0.

Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

Sólo se darán en el interior de recipientes o instalaciones que pueden entrar en contacto con el aire exterior (evaporadores, recipientes de reacción). También se puede presentar en el exterior alrededor de respiraderos y otras aberturas a las que se pueda aplicar la definición anterior.

Zona 1.

Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.

Se asocia a formación de atmósfera inflamable debido a condiciones particulares del proceso o instalación y a actividades que no se realizan de forma continuada.

Zona 2.

Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.

La formación de este tipo de zonas se asocia a posibles escapes y fugas no previstos. Debe reservarse a casos donde por las características del proceso o de la instalación se podría producir una emisión de sustancia inflamable a la atmósfera aun en condiciones normales de funcionamiento, pero no es previsible.

4.13.5. Señalización de zonas de riesgo de atmósferas explosivas.

Figura 157. Señalización zona ATEX
(fuente: archivo)

La señal de la figura 157 indica que existe riesgo de explosión, por tanto, es la misma independientemente de la clasificación de la zona y del tipo de sustancia que provoque la atmósfera explosiva.

Se puede acompañar, si es necesario, de paneles informativos, así como de otras señales apropiadas para la zona.

4.13.6. Documento de protección contra explosiones (DPCE).

Siempre que existan sustancias inflamables en la empresa en forma de gas, vapor, niebla o polvos combustibles y puedan mezclarse con el aire en cantidades peligrosas, existe un riesgo de explosión que debe ser evaluado y controlado.

Ello conlleva al deber de cumplimiento del RD 681/2003 [20], en todos sus aspectos, y a la obligación de adopción de las medidas allí estipuladas, incluida la elaboración del DPCE.

La reglamentación española, a través del artículo 8 del RD 681/2003 [20] fija, entre otras, la necesidad de elaborar, antes de comenzar el trabajo, un DPCE. Además de requisito previo al inicio del trabajo, este artículo obliga a que el DPCE se mantenga actualizado y se revise siempre que se efectúen modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes en el lugar de trabajo, los equipos de trabajo, procesos u organización del trabajo.

El principal objetivo del DPCE es poner de manifiesto de forma clara los medios necesarios para evitar que se produzca una explosión, es una valiosa herramienta para validar la seguridad de las instalaciones.

Estructura y contenido del documento de protección contra explosiones.

Descripción breve de:

- Principales características del lugar de trabajo.
- Procesos implicados.
- Sustancias o productos presentes.

Presentación de los resultados de la evaluación de riesgos, incluida la clasificación en zonas de las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, y listado de las medidas preventivas propuestas.

Exponer, de forma resumida, la forma en que se llevarán a cabo la planificación, realización y coordinación de las medidas de prevención y protección contra explosiones, con el fin de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Elaboración del documento de protección contra explosiones.

Como se ha indicado anteriormente, el DPCE debe tener como finalidad presentar un estudio global de las conclusiones de la evaluación de riesgos y de las correspondientes medidas técnicas y organizativas adoptadas para el control de los mismos.

En el RD 681/2003 [20] se establece expresamente la posibilidad de combinar las evaluaciones, los documentos o informes ya existentes. Esto significa que un documento de protección contra explosiones puede remitir a otros documentos sin necesidad de incluirlos de forma explícita e íntegra en dicho documento. Puede recurrirse especialmente a esta posibilidad de remisión cuando se necesita acceder a los documentos con rapidez y frecuencia sin pérdida de manejabilidad.

Para aquellas empresas en las que existen varias instalaciones con zonas de riesgo puede resultar útil desglosar el documento de protección contra explosiones en una parte general y en otra específica a cada instalación. La parte general describiría la estructura de la documentación y de las medidas aplicables a todas las instalaciones. Entre tales medidas cabe incluir, por ejemplo, la instrucción de los trabajadores.

La parte específica a cada instalación enumeraría los riesgos y las medidas de protección correspondientes en cada caso.

Si las condiciones de explotación de una instalación cambian con frecuencia, por ejemplo, debido al trabajo por lotes de productos de características diversas, la valoración y documentación, en caso de ser común, deberá basarse, lógicamente, en el estado operativo más peligroso.

A modo de síntesis se resumen las implicaciones que el RD 681/2003 [20] tiene para una planta satélite de GNL, industrial y trabajadores:

1. Elaborar un documento de protección contra explosiones. Este documento deberá estar elaborado antes de la puesta en marcha de la instalación. Deberá ser revisado ante cualquier cambio en las instalaciones, procesos productivos, sustancias o medidas preventivas.
2. Clasificar las zonas con riesgo de formación de atmósferas explosivas en zonas 0, 1 ó 2 (para gases).
3. Realizar una evaluación del riesgo de explosión en la instalación, teniendo en cuenta las atmósferas explosivas, las fuentes de ignición, los procesos y sustancias y los efectos previsibles en caso de explosión.
4. Adoptar medidas preventivas que minimicen el valor del riesgo a valores seguros.
5. Coordinar las actividades que se realicen en la instalación en el caso en que en ella concurren trabajadores de diversas empresas.
6. Informar y formar a sus trabajadores en riesgos de formación de atmósferas explosivas.
7. Señalizar los accesos a las zonas clasificadas con la señal triangular Ex reseñada anteriormente.
8. Disponer de instrucciones y permisos de trabajo para tareas de riesgo en zonas clasificadas con riesgo de formación de atmósferas explosivas.

4.14. DAÑOS PERSONALES.

Los daños personales más relevantes asociados con el GNL:

- Quemaduras por contacto con gas.
- Asfixia.

4.14.1. Quemaduras por contacto con gas.

El contacto de una cantidad suficiente de GNL con una parte del cuerpo provocará una congelación local, también denominada “quemadura fría” o “quemadura por congelación” (figura 158). El mismo efecto puede provocarse si una parte del cuerpo entra en contacto con una tubería o recipiente conteniendo GNL, o cualquier otro líquido criogénico.



Figura 158. Fuga gas. Peligro quemadura por contacto (fuente: archivo)

Si la cantidad de GNL es pequeña, el GNL se evaporará rápidamente y la sensación será análoga al de un pinchazo provocado por una aguja.

El peligro es manifiesto cuando las cantidades de gas son mayores, en que el GNL no se evapora rápidamente.

Las quemaduras frías son similares a las quemaduras provocadas por altas temperaturas. Se clasifican como las quemaduras habituales en una escala de tres grados.

Las quemaduras pueden ya tener lugar a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo que no es prudente fiarse de tuberías de GNL ya revestidas de hielo (figura 159).



Figura 159. Congelación tubería. Peligro quemadura por contacto (fuente: archivo)

4.14.2. Asfixias.

Pueden aparecer en caso de permanencia en atmósferas con defecto de oxígeno, como sería el caso de una nube de gas/aire provocada por un derrame.

Evitar la zona de nube y reducirla mediante irrigación con agua proyectada con el viento a favor.

4.15. MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

Actuaciones genéricas a desarrollar en caso de accidente grave para controlar el impacto en el medio ambiente, especialmente en caso de fugas y vertidos relacionados con la emergencia:

Medidas generales:

- Control del tratamiento correcto de las "aguas de extinción", es decir, de los líquidos usado en la actuación para mitigar las consecuencias del accidente (agua, espuma, disolventes...).
- Control del estado de las tierras, ya que el terreno puede acidificarse.
- Vertidos en el terreno, fuera de los cubetos.
- Construir diques o barreras usando tierra, arena u otros materiales, o bien excavar una arqueta o fosado para contener el producto vertido.
- Hacer una succión por bombeo con material adecuado al tipo de producto.
- Hacer un desplazamiento mecánico de la tierra contaminada y cualquier residuo mediante palas, máquinas apisonadoras, tractores con hoja frontal, etc.
- Si el producto se puede filtrar en el suelo y existen dudas sobre la eficacia de la contención, habrá que controlar fuentes, pozos y minas de agua de la zona.

4.16. PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI'S).

Los medios de protección individual durante una operación de descarga y operaciones de mantenimiento aparecen en las figuras comprendidas entre la 160 y la 165, y son:

- **Manos.**



Figura 160. Guantes y manoplas de protección
(fuente: archivo)

- **Pies.**



Figura 161. Botas seguridad
(fuente: archivo)

En el evento de una emergencia, los medios de protección personal son:

- **Cabeza y cara.**



Figura 162. Casco con visera de protección amplia y transparente
(fuente: archivo)

- **Cuerpo.**



Figura 163. Ropa de algodón que cubra la totalidad del cuerpo y extremidades
(fuente: archivo)

- **Medios de defensa contra incendios habituales.**



Figura 164. Mantas ignífugas
(fuente: archivo)

- **Equipos de respiración.**



Figura 165. Equipo de respiración
(fuente: archivo)

- **Otros elementos de seguridad.**

En las plantas se deberá instalar una manta ignífuga 100 % fibra de vidrio con una medida mínima de 120 cm. x 150 cm., suministrada en funda de PVC textil o en armario de PVC.

4.17. ACCIDENTES.

En la totalidad de documentación relativa a la industria del GNL se pone de manifiesto el excelente historial de seguridad desde sus inicios hasta la actualidad, como resultado de aplicar en la distribución y producción del GNL unos elevados estándares de calidad y seguridad, así como en el diseño, operación y mantenimiento de las plantas de GNL, partiendo de un análisis minucioso de seguridad industrial y el desarrollo de reglamentos y normas apropiadas.

En las últimas seis décadas sólo se han encontrado diez accidentes relacionados con el transporte marítimo de GNL a nivel mundial, no se han localizado incendios relacionados con la carga del GNL y la mayor parte de los daños relacionados han ocurrido dentro de los límites de la instalación por lo que no han afectado a terceros.

Sin embargo, al igual que en cualquier otra instalación de energía, las consecuencias de un fallo pueden ser muy serias si no se emplean las precauciones y protecciones de seguridad apropiadas.

En la figura 166 se muestra lo aparatoso que es un accidente en estas instalaciones, y a continuación, a partir de información relativa al histórico [39 - 45] de las mismas, se han recopilado los accidentes relacionados con el GNL, que sirven como justificante de la importancia de una mejora continua en los sistemas de seguridad:



Figura 166. Accidente en planta de GNL
(fuente: referencia bibliografía [39])

- **Cleveland, Ohio, 20 de octubre de 1944**

En 1944, en la planta de regasificación de Cleveland, Ohio, que llevaba operando desde 1941, se realizó una ampliación para incorporar un tanque de mayores dimensiones. Durante la Segunda Guerra Mundial la carencia de materiales como el acero inoxidable hizo que se arriesgase en el diseño del tanque nuevo, que no tenía muro de contención. Este presentó fallas poco después de haberse puesto en servicio, y el derrame de GNL produjo una nube de vapor que inundó las calles aledañas y los desagües formando una bolsa en donde se incendió el vapor de gas natural. El saldo del accidente fue de 128 muertes en la zona residencial contigua. La figura 167 muestra una imagen tras el accidente.



Figura 167. Accidente planta regasificación Cleveland, Ohio (fuente: referencia bibliografía [40])

- **Buque Methane Princess, 1965.**

Se produjo un derrame en una de las válvulas mientras se desconectaban los brazos al haber finalizado la descarga, causando fracturas en cubierta.

- **Buque Esso Brega, en 1971.**

El buque Esso Brega se encontraba descargando GNL en un puerto de Italia cuando se produjo un repentino incremento de la presión en el tanque de almacenamiento de tierra. El vapor de GNL se derramó por las válvulas de seguridad del tanque causando daños menores en el techo del tanque. Afortunadamente no hubo incendio.

- **Staten Island, New York, febrero de 1973**

En febrero de 1973, se produjo un accidente industrial donde no está directamente involucrada la presencia de GNL y que ocurrió en la planta regasificadora de la Texas Eastern Transmisión Company en Staten Island. En febrero de 1972, los operadores tuvieron sospechas de la existencia de un escape de GNL en el tanque, y dieron instrucciones para detener su operación. Vaciaron el tanque de almacenamiento y, mientras lo reparaban, se produjo un incendio. El incendio aumentó la temperatura dentro del tanque, elevando tanto la presión que la cúpula de 6 pulgadas de espesor cedió y cayó sobre los trabajadores que se encontraban en el interior del tanque produciendo la muerte de 40 personas.

El Departamento de Bomberos de la ciudad de New York redactó un informe donde se dictaminaba de forma clara que el suceso se correspondía con un accidente de construcción, independiente del GNL.

- **Buque Methane Progress, en 1974.**

El buque sufrió daños en el casco al colisionar con el fondo del puerto de Arzew (Argelia) aunque no llegó a producirse derrame de GNL ni tampoco daños personales.

- **En 1977, de nuevo en el puerto de Arzew, en 1977.**

De nuevo en el puerto de Arzew, un trabajador murió por congelación al fallar una válvula de aluminio por alcanzar temperaturas criogénicas. No se utilizó la correcta aleación de aluminio al reemplazar la válvula. Existió fuga de GNL, pero no se produjo nube de vapor.

- **Buque LNG Aquarius, en 1977.**

Durante el proceso de carga se produjo un derrame de GNL debido al sobrellenado de los tanques de carga. Afortunadamente, el derrame no causó daños materiales en el buque.

- **Cove Point, Maryland, octubre de 1979**

En octubre de 1979, se produjo una explosión en el interior de la subestación eléctrica de la planta de regasificación Columbia Gas LNG Terminal, en Maryland (EE.UU). El GNL se propagó por un sello eléctrico de la bomba de gas licuado que estaba mal ajustado, se vaporizó y discurrió 60 m por el subsuelo a través de conducto eléctrico introduciéndose en la subestación. Como nunca se había contemplado la posibilidad de que llegase GNL al edificio, no se habían instalado ningún tipo de detectores de gas. Los arcos normales de contacto de los interruptores magnetotérmicos hicieron de foco de ignición de la mezcla de gas natural y aire que se había formado produciéndose una explosión que causó la muerte de un trabajador e hirió a otro de gravedad. Los daños materiales se valoraron en aproximadamente 3 millones de dólares.

La investigación determinó que fue un incidente aislado producido en condiciones muy particulares. La Junta Nacional de Seguridad en el Transporte (NTSB) determinó que el diseño y la construcción del terminal en Cove Point cumplía con todos los reglamentos y normas correspondientes. No obstante, tras este accidente y previo a la reapertura de la instalación, en Cove Point se hicieron tres modificaciones de diseño significativas en la norma. En la actualidad dichos cambios se han aplicado en la industria internacional.

- **Buque Mostefa Ben-Boulaïd, en 1979.**

Durante la descarga sufrió una fuga en una de las válvulas del manifold produciéndose un derrame de GNL que ocasionó daños en cubierta.

- **Buque Pollenger, en 1979.**

Se produjo una fuga de GNL a través de una válvula durante el proceso de descarga que fracturó la tapa de uno de los tanques del buque.

- **Buque LNG Taurus, en 1980.**

El buque sufrió una varada a la entrada del puerto. Los tanques de lastre se inundaron y el buque se escoró. La varada ocasionó grandes daños en el fondo del buque.

- **Buque metanero Isabella, Puerto de Barcelona, 15 de junio de 1985**

En 1985, el buque metanero Isabella, de bandera liberiana, atracado en el muelle de Inflamables del Puerto de Barcelona, sufrió un fallo durante la descarga en una de las válvulas de carga, provocando derrame de GNL en cubierta, fracturándola. El accidente se produjo cuando el buque se hallaba descargando gas natural procedente de Argelia en la terminal de la empresa Enagás y una válvula de seguridad se accionó por sobrecarga de presión. El peligro quedó circunscrito a un radio de 100 metros. Poco después de que se advirtiera la fuga llegaron al lugar los bomberos del Ayuntamiento de Barcelona y se puso en marcha el dispositivo de seguridad ciudadana en previsión de que pudiera producirse una explosión.

- **Buque Tellier, en 1989.**

Durante la carga de GNL, el buque provocó el derrame de GNL ya que los cabos de amarre se rompieron causando daños en el casco y en cubierta.

- **Skikda, Argelia, 19 de enero de 2004.**

Se produjo una explosión en la planta de licuefacción de GNL de Sonatrach. Hubo 27 muertos, 80 heridos, tres trenes de GNL destruidos, la producción del año 2004 se redujo en un 76%.

- **Buque Fuwairit, Puerto de Barcelona, 19 de junio de 2015**

El 19 de junio de 2015 el buque Fuwairit sufrió un accidente atracado en el puerto de Barcelona, mientras descargaba el GNL. El FUWAIKIT, bandera de Bahamas, construido en 2004 por los astilleros Samsung de Corea del Sur, 266 metros de eslora y 74.067 toneladas de peso muerto, derramó una cantidad indeterminada de GNL sobre la cubierta principal y de allí al mar.

El contacto del GNL, almacenado en los tanques del buque a -161°C , con las planchas de cubierta del buque provocó cuatro grietas de considerable tamaño a la altura del tanque de lastre 1 Br, según la información recabada por NAUCHERglobal en la Capitanía Marítima de Barcelona. En contacto con el agua, el GNL formó una espectacular nube de vapor, blanco y denso, que flotaba por encima de la superficie del mar y llegaba a tapar buena parte del casco del buque, según se observa en la figura 168.

La Autoridad Portuaria puso en fase de alerta el Plan de Autoprotección (PAU), que finalmente no llegó a activarse en su primer nivel al controlar la tripulación la fuga de GNL.



Figura 168. Fuwairit. Puerto de Barcelona. Junio 2015
(fuente: referencia bibliografía [43])

- **Accidentes con vehículos**



Figura 169. Accidente con vehículos. Cisterna GNL. Zarzalico, Lorca (Murcia). 2011
(fuente: referencia bibliografía [45])



Foto 1

Figura 170. Accidente con vehículos. Cisterna GNL. Tivissa. Junio 2002
(fuente: referencia bibliografía [45])

Las figuras 169 y 170 muestran las consecuencias de dos accidentes con vehículos.

Se adjunta la tabla 7 con una relación de los accidentes de tráfico ocurridos en España en los que están involucrados camiones cisterna de transporte de GNL.

Año	Lugar	Consecuencia	Victimas	Tipo accidente *
1999 (27/01)	Sevilla	Incendio de neumático cisterna	–	4
2000 (10/10)	Jabugo (Huelva)	Vuelco cisterna	–	2
2002 (12/06)	Beas (Huelva)	Vuelco cisterna	–	2
2002 (22/06)	Tivissa (Tarragona)	Explosión BLEVE. Incendio forestal	Fallecimiento conductor	5
2002 (04/12)	Huelva	Vuelco cisterna	Conductor heridas leves	2
2004 (24/03)	Jabugo (Huelva)	Incendio cabina cisterna	–	4
2007 (11/10)	Algodonales (Cádiz)	Vuelco con derrame	Fallecimiento conductor	3
2008 (19/08)	Reolid (Albacete)	Vuelco con fuga	Fallecimiento conductor	3
2010 (25/10)	Sanlúcar la Mayor (Huelva)	Fuga por valvulería	–	3
2011 (20/10)	Zarzalico (Murcia)	Explosión BLEVE. Incendio matorral	Fallecimiento conductor	5
2011 (27/10)	Ribarroja (Valencia)	Vuelco sin derrame	–	2
2011 (21/11)	Palos (Huelva)	Alcance de cisterna GNL vacía	Conductor lesiones gravedad	2
2012 (14/01)	Puerto Lumbreras (Murcia)	Vuelco cisterna vacía	Conductor lesiones gravedad	2
2012 (17/01)	Puerto Lumbreras (Murcia)	Vuelco cisterna vacía	–	2
2012 (24/01)	Huelva	Vuelco cisterna	–	2

Tabla 7. Accidentes con cisternas de gas natural en España (fuente: bibliografía [45])

*Tipo accidente. *Real Decreto 387/1996, de 1 de marzo, por el que se aprueba la directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.* [31]

Capítulo 5

Estudios de riesgos

5. ESTUDIOS DE RIESGOS.

5.1. INTRODUCCIÓN A LOS ESTUDIOS DE RIESGOS

La norma internacional de referencia para la gestión de riesgos es la norma UNE-ISO 31000 [46], y proporciona las directrices generales para la gestión del riesgo contemplando la identificación del riesgo, su análisis y posterior evaluación. Y se apoya en la norma UNE-EN 31010 [47] en cuanto que ésta última presenta diversas técnicas y proporciona las directrices para la selección de las mismas, así como la sistemática que se debe seguir para elaborar los estudios de riesgos.

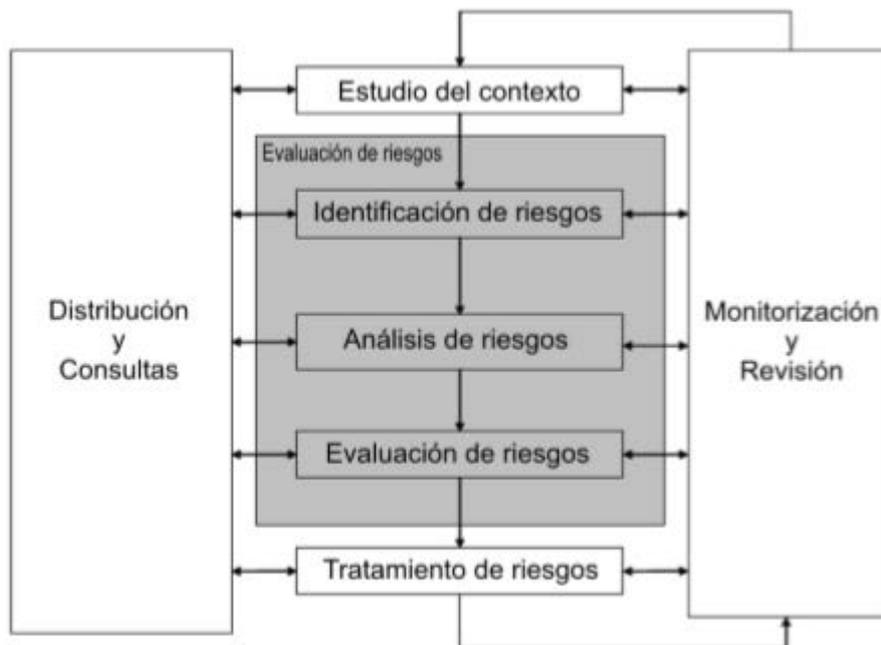


Figura 171. Esquema etapas elaboración estudios de riesgos según UNE-EN 31010 (fuente: UNE-EN 31010 [47])

En la Figura 171 se presenta un esquema extractado de la UNE-EN 31010 [47] donde se aprecian las 3 etapas a seguir para la elaboración de los estudios de riesgos:

- Identificación de riesgos
- Análisis de riesgos
- Evaluación de riesgos

Siguiendo la filosofía de esas directrices, la diversa metodología existente busca identificar los riesgos que pueden ocurrir en las instalaciones tanto de origen externo como interno, analizar las posibles causas, evaluar la gravedad de sus consecuencias, y también identificar las zonas o equipos que forman parte de la instalación que afecten al riesgo, para tratar de conseguir mejoras en el diseño y medidas correctoras que minimicen los riesgos.

La selección de las técnicas a aplicar para el estudio de riesgos será en función del objetivo concreto buscado, proceso de ejecución y las necesidades de recursos a emplear. En la figura 172 se muestran las técnicas y su aplicabilidad según la norma UNE-EN 31010 [47].

Proceso de Evaluación del Riesgo					
Co Variables	Identificación del Riesgo	Análisis del Riesgo			Evaluación del riesgo
		Consecuencia	Probabilidad	Nivel de Riesgo	
Tormenta de Ideas	FA	NA	NA	NA	NA
Entrevistas estructuradas o semiestructuradas	FA	NA	NA	NA	NA
Delphi	FA	NA	NA	NA	NA
Lista Verificación	FA	NA	NA	NA	NA
Análisis preliminar de Riesgos	FA	NA	NA	NA	NA
Estudios de riesgos operacionales (HAZOP)	FA	FA	A	A	A
análisis de riesgos y puntos de control críticos (HACCP)	FA	FA	NA	NA	FA
Valoración de riesgo medioambiental	FA	FA	FA	FA	FA
Qué pasaría si (What if)	FA	FA	FA	FA	FA
análisis de escenario	FA	FA	A	A	A
análisis del impacto en el negocio	A	FA	A	A	A
análisis de Causa	NA	FA	FA	FA	FA
Análisis modal de fallos potenciales y sus efectos (FMEA)	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de árbol de fallas	A	NA	FA	A	A
Análisis de árbol de sucesos	A	FA	A	A	A
Análisis de causa consecuencia	A	FA	FA	A	A
Análisis de Causa Efecto	FA	FA	NA	NA	NA
Análisis de niveles de protección	A	FA	A	A	NA
Árbol de Decisión	NA	FA	FA	A	A
Análisis de fiabilidad humana	FA	FA	FA	FA	A
Análisis de pajarita	NA	A	FA	FA	A
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	FA	FA	FA	FA	FA
Análisis de errores de diseño (SNEAK)	A	NA	NA	NA	NA
Análisis de Markov	A	FA	NA	NA	NA
Simulación de Monte Carlo	NA	NA	NA	A	FA
Estadística y redes Bayesianas	NA	FA	NA	NA	FA
Curvas FN	A	FA	FA	A	FA
Índices de riesgos	A	FA	FA	A	FA
Matriz de consecuencia / probabilidad	FA	FA	FA	FA	A
Análisis Coste/ Beneficio	A	FA	A	A	A
Análisis de decisión multicriterio	A	FA	A	FA	A

FA Fuertemente Aplicable, A aplicable, NA No se Aplica

Figura 172. Técnicas y su aplicabilidad según norma UNE-EN 31010 (fuente: UNE-EN 31010 [47])

5.2. SELECCIÓN DEL MÉTODO

Una adecuada realización de los estudios de riesgos en plantas satélites de GNL será determinante para conseguir los niveles de seguridad requeridos, así como disminuir la probabilidad de accidentes y sus eventuales consecuencias, en caso de que éstos ocurran.

Por lo tanto, se considera necesario proponer una guía metodológica para la identificación y análisis de riesgos en plantas satélites de GNL, seleccionando para ello el método de referencia que se estime más adecuado entre las herramientas disponibles.

El método seleccionado tendrá como objetivo prioritario garantizar los máximos niveles de seguridad en el diseño de las plantas satélites de GNL, considerando los tipos de instalaciones que se utilizan para las operaciones de almacenamiento, transporte, carga y descarga, así como las características del GNL.

Además de tener en cuenta las directrices de las normas UNE-ISO 31000 [46] y UNE-EN 31010 [47], también se ha contemplado la legislación vigente (RD 919/2006 y sus ITC [9]), notas técnicas (NTP [24 - 26] del INSHT) y documentos Sedigas ([21] y [23]) con las mejores técnicas disponibles referentes a seguridad en Plantas de GNL, y se han encontrado diferentes metodologías para la identificación y análisis de riesgos.

Entre la normativa consultada hay que destacar la NFPA 59 A [16] “Norma para la producción, almacenamiento y manejo del GNL”, que es la norma más ampliamente utilizada a nivel mundial para el diseño de plantas de GNL, y comparte junto con la norma UNE-EN 1473 [15] - “Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres” la importancia de realizar análisis de riesgos e implementar las medidas de seguridad requeridas para garantizar niveles de riesgo aceptables en las plantas de GNL. Los mismos principios de seguridad son extrapolables a las plantas satélites de GNL. Como complemento a estas normas están los reglamentos industriales, la normativa técnica de referencia, los estándares de diseño y la experiencia acumulada.

En las normas NFPA 59 A [16] y UNE-EN 1473 [15], así como en la NTP [48] publicada por el INSHT, se mencionan diferentes herramientas y métodos a tener en cuenta: el Método HAZOP [49], Fire Hazard Analysis (FHA) y Estudio de Alcance de Consecuencias (EAC), SIL (Safety Integrity Level), Verificación y SRS (Safety Requirement Specifications), QRA (Quantitative Risk Assessment), FMEA (Failure Mode Effects Analysis), y otros.

Aunque son ampliamente utilizados en grandes instalaciones industriales, su empleo no se encuentra tan extendido en instalaciones de menores dimensiones como las plantas satélites. En consecuencia, parece adecuado seleccionar, de entre los métodos disponibles, el que se considere idóneo como referencia para desarrollar la guía metodológica que permita identificar y analizar los riesgos de las plantas satélites de GNL.

Cuestión de seguridad	Método	Aplicación
Análisis de riesgos	HAZOP QRA FMEA	Identificación de los riesgos. Valoración del riesgo. Distancias de seguridad. Propuesta de medidas correctoras.
Control de fugas o derrames de gas en la planta de GNL	HAZOP FHA o EAC	Definición de los sistemas de confinamiento de fugas o derrames. Prescripciones y condiciones para control de fugas o derrames. Distancias de seguridad.
Sistema de parada de emergencia y seguridad	HAZOP SIL	Identificar situaciones de riesgo Revisión de instrumentación y medidas correctoras
Sistema de control	SRS	

Tabla 8. Extracto métodos estudio riesgos según NFPA 59 A y UNE EN 1473 (fuente: elaboración propia)

La Tabla 8 presenta un extracto de algunos de los métodos para estudio de riesgos a emplear, según las normas NFPA 59 A [16] y UNE-EN 1473 [15], en función de la cuestión de seguridad a considerar y su aplicación, que se pueden utilizar en plantas de GNL.

Método HAZOP (HAZards and OPerability)

El método HAZOP surge en los años 60 en la compañía británica ICI (Imperial Chemical Industries) para estudiar la seguridad en los procesos químicos asociados a la fabricación de pesticidas. Actualmente es el método más empleado a nivel internacional en la industria química, farmacéutica, petróleo y gas, y nuclear, por considerarse el más completo y riguroso. De entre los métodos disponibles, según se deduce de la Figura 170 y de la Tabla 8, el HAZOP tiene una elevada aplicabilidad en los estudios de riesgos y es el más versátil para considerar diferentes aspectos de seguridad del GNL. Además, es una herramienta particularmente útil en áreas de almacenamiento con equipos de regulación o sistemas de trasiego como los existentes en plantas satélites de GNL. Es por ello que se selecciona como método de referencia.

En general, la metodología se fundamentará en un análisis detallado de las posibles desviaciones de las condiciones normales de operación en los componentes de la planta. Se seleccionará un equipo de trabajo que seguirá una estructura analítica usando un conjunto de palabras guía (no, más, menos...) para detectar desviaciones de las condiciones normales del proceso en puntos clave (llamados "nodos"). Estas palabras clave se aplicarán a los parámetros más relevantes (flujo, presión, temperatura, nivel...), con el fin de identificar las posibles causas que generan esta situación, las consecuencias de las desviaciones de estos parámetros de los valores predichos, así como las protecciones instaladas para evitarlos. Y su efectividad dependerá en gran medida de la habilidad y experiencia de los miembros del equipo de trabajo para identificar todos los riesgos posibles.

Cabe destacar que HAZOP es una herramienta que se puede utilizar en diferentes fases de la ingeniería, tanto básica como detallada. Además, su uso en la fase operativa para la revisión periódica de las condiciones de seguridad de diferentes instalaciones industriales ya se ha establecido como un estándar interno en muchas organizaciones.

Ventajas e inconvenientes

A diferencia de los otros métodos, más enfocados a los riesgos convencionales, el método HAZOP permite estudiar la complejidad de los riesgos asociados al manejo del GNL a causa de sus propiedades químicas, y además presenta las siguientes ventajas:

- Al ser una técnica sistematizada muy exhaustiva puede crear un método de rutinas eficaces desde el punto de vista de seguridad.
- Es una oportunidad para discutir diferentes formas de ver la instalación, contrastando los distintos puntos de vista de los expertos que forman el equipo de trabajo.

- El coordinador y el resto de los especialistas del equipo de trabajo mejoran su experiencia y conocimiento del proceso.
- No necesita grandes recursos, excepto el tiempo de dedicación.

No obstante, como inconvenientes encontramos que: al ser una técnica cualitativa, no se hace una evaluación real de la frecuencia de las causas que pueden originar una consecuencia específica ni de la repercusión de ésta; y los resultados obtenidos dependerán fundamentalmente de la calidad y competencia del equipo de trabajo y de la información disponible, pues incluso se puede dar el caso de ignorar un riesgo si los datos de partida son incompletos o están equivocados.

5.3. PROPUESTA APLICACIÓN METODOLÓGICA EN PLANTAS SATÉLITES DE GNL

Descripción general

La herramienta HAZOP posibilita afrontar el estudio de la seguridad de los componentes de una Planta satélite de GNL [50].

El desarrollo y la aplicación de la metodología a las plantas de satélite de GNL, permitirá formular recomendaciones, en particular, sobre las condiciones de diseño de las instalaciones (tuberías, equipos, válvulas, aislamiento de los equipos para el mantenimiento, accesibilidad de instrumentos y equipos, etc.), los sistemas de control (necesidad de instrumentación adicional y telemando, indicadores, etc.), los sistemas de señalización o emergencia (configuración de alarmas, válvulas de seguridad, carteles seguridad, etc.) o los procedimientos y documentación escritos, y también dar lugar a recomendaciones para estudios de detalle específicos.

El método se compone de las **etapas** que se describen a continuación.

Fijación de objetivos y definición del área de estudio

El método puede ayudar a conseguir distintos objetivos, que es preciso determinar por parte del personal responsable de la planta o del proyecto, con la contribución del coordinador del análisis.

En general el objetivo es reconocer las alteraciones peligrosas de la operación con los fallos que las originan y las consecuencias que producen.

Se delimitarán las áreas a las cuales se aplica la técnica. Se puede realizar un estudio detallado de toda la instalación, o bien focalizarlo a una parte de los componentes o del proceso, como, por ejemplo: la comprobación de la seguridad de los procedimientos de trabajo establecidos (operaciones de carga y descarga de cisternas, actuaciones en caso de fuga de gas...), la verificación de la seguridad de los elementos de regulación y control, etc.

El equipo de trabajo

El método se realiza en equipo, en sesiones de trabajo que serán dirigidas por un coordinador. Se forma un grupo de trabajo permanente que estará constituido por un mínimo de tres personas y por un máximo de siete.

Adicionalmente se puede recurrir a consultas puntuales e invitar a asistir a determinadas sesiones a otros especialistas o técnicos de otras áreas.

Es recomendable que las personas que formen parte del equipo de trabajo posean un buen conocimiento de la planta y dilatada experiencia en su actividad, además de estar motivadas a participar activamente. Salvo el coordinador, no es necesario que el resto de equipo tenga un conocimiento previo del método en sí.

Uno de los componentes del equipo de trabajo se encargará de realizar las actas con la transcripción de las sesiones de manera rigurosa y detallada. Deberá ser una persona con capacidad de síntesis y conocimiento del método y de la instalación.

La persona designada como coordinador del grupo podrá ser el técnico en prevención de riesgos laborales y debe contar con amplia experiencia industrial.

Además, el coordinador deberá de ser una persona objetiva y con capacidad de organización (para potenciar la participación de todo el equipo, favorecer ambiente colaboración y competencia constructivo, evitar la dispersión, estimular la creatividad y la imaginación, etc.).

Las funciones del coordinador del grupo son: reunir información previa (documentación del proceso, instrucciones técnicas...), hacer la planificación, liderar las sesiones de trabajo y moderar los debates, vigilar que la metodología se aplica adecuadamente para asegurar que las cuestiones tratadas permitan proponer soluciones contrastadas a los problemas detectados, y recopilar los resultados para su análisis y posterior seguimiento de los puntos que requieran investigación complementaria.

Se podría estimar de una hora y media a tres horas el tiempo de dedicación necesario para cada sesión de trabajo. No es recomendable realizar sesiones con duración superior a tres horas por fatiga del equipo.

Una propuesta para la composición del equipo de trabajo sería la siguiente:

- Coordinador del grupo - Técnico prevención riesgos laborales.
- Responsable de proceso - Ingeniero proyectista.
- Responsable de operación de la planta.
- Responsable de seguridad.
- Responsable de mantenimiento.

Documentación necesaria

La información y documentación básica para recopilar en las actividades preparatorias, dependerá del área de estudio, según la complejidad de la planta, y de los objetivos fijados.

La relación de documentos que pueden ser necesarios, como mínimo, son:

- Fichas/Hojas de datos de seguridad con las características y peligrosidad de los productos químicos implicados en la planta. En particular se requerirá Ficha técnica de Seguridad del gas natural sin odorizar, del gas natural odorizado, del GNL (Sedigas [22]), del Tetrahidrotiofeno y del Nitrógeno (INSHT [27]).
- Diagramas de tuberías e instrumentación (diagramas P&ID) que sean una imagen fiel de los circuitos que se someten a revisión y con datos completos sobre los diversos componentes de la instalación, (tuberías, válvulas, equipos, elementos de seguridad, etc.), sus características, sus condiciones de trabajo y sus limitaciones. Según la complejidad del proceso se deberá completar con diagramas de flujos de proceso (PFD).
- Plano actualizado del emplazamiento e implantación de la instalación.
- Descripción del proceso y de la lógica de control y corte. Si la planta ya está en funcionamiento será necesario el manual de operación; si son de nueva construcción el documento descriptivo del proceso y operación deberá ser aportado por la ingeniería o el fabricante.
- Instrucciones y procedimientos de trabajo. Esta documentación escrita para las operaciones sólo será necesaria en caso de que se pretenda incluir un estudio específico de cada uno de los procedimientos. Debe incluir de forma secuencial y detallada las diferentes operaciones a realizar en cada parte del proceso y sus condiciones (presión, temperatura). Y todo ello identificado con los PFD.
- Servicios auxiliares, sus propiedades y disponibilidad (aire comprimido, electricidad).
- Detalle de los sistemas de emergencia.
- Datos obtenidos en anteriores estudios de seguridad.

También es interesante utilizar una simbología para representar de forma simplificada las operaciones (descarga de cisternas, almacenamiento de producto, regasificación, regulación, odorización, etc.), y es indispensable identificar correctamente todas las intervenciones humanas.

Definición de nodos

Se definirán los nodos en función de cada uno de los subsistemas en los que se divide el área a estudiar, y serán puntos claramente identificados y caracterizados por variables del proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, fase gas o líquida, etc. Habitualmente un nodo es uno de los equipos principales, un circuito de tubería o un conjunto de ambos cuando tienen una misma función.

El coordinador establecerá una **intención** a cada nodo, que será una descripción de la operativa de funcionamiento seguro esperado del nodo, señalando las condiciones de operación normales de las variables del proceso más relevantes (presión, temperatura, caudal, etc.). En la Tabla 9 se presentan una propuesta de las variables a considerar.

Variables de proceso a considerar en cada Nodo			
Opcionales	Obligatorias		
Generales (situaciones del proceso)	Generales (situaciones del proceso)		Específicas (aspectos físicos del proceso)
TRANSFERENCIA PARO/MARCHA MEDIDA CONTROL / INSTRUMENT PRUEBAS CARGA / DESCARGA CORROSIÓN PURGA /INERTIZADO	IMPLANTACIÓN SUCESO EXTERNO FACTOR HUMANO	SERVICIOS MANTENIMIENTO CONFINAMIENTO	NIVEL CAUDAL PRESIÓN TEMPERATURA COMPOSICIÓN FASE

Tabla 9. Variables de proceso a considerar en cada Nodo
(fuente: elaboración propia)

El coordinador del equipo de trabajo, a partir de su experiencia, debe hacer una propuesta de división en nodos y elaborar una relación de los mismos, que deberá estar disponible al inicio de las sesiones para su validación o modificación por parte del grupo.

Para evitar errores en la interpretación, se asignará una numeración a los nodos y se deberán reflejar de forma nítida en los diagramas de flujo de proceso, o de tuberías e instrumentos, P&ID, incorporando las referencias que sean necesarias a los circuitos de tuberías y equipos que componen el nodo.

Se tendrán en cuenta las siguientes pautas para seleccionar los nodos:

- Cada uno de los diagramas de tuberías e instrumentación estará referenciado en un nodo.
- También se puede contemplar la posibilidad de hacer un análisis de la instalación entera, utilizando un nodo global.
- Seleccionar conjuntos de líneas y equipos relacionados entre sí, donde la intención que se haya establecido para el nodo y sus variables se pueda aplicar a la totalidad del mismo.
- Deben estar encadenados, todos los subsistemas del proceso deben analizarse de forma que el final de un nodo sea el inicio del siguiente.
- Se deben incluir en el mismo nodo los equipos que trabajen con una misma función.
- Con el objeto de mejorar la eficacia en la aplicación del método, es importante que la dimensión de los nodos sea la apropiada para permitir un estudio coherente y comprensible para todos los componentes del grupo. Si el nodo es demasiado grande puede llegar a ser inmanejable y dificultar la identificación de causas y consecuencias, y si el nodo es demasiado pequeño puede dificultar su análisis sin tener en cuenta nodos próximos.

Teniendo en cuenta lo anterior, de forma orientativa se proponen los siguientes conjuntos de nodos que pueden ser objeto de estudio en plantas satélites de GNL:

- La instalación de almacenamiento del GNL, formada por depósitos criogénicos, incluyendo las líneas para llenado y vaciado.
- Los componentes para la operación de descarga de cisternas empleando regasificadores y materiales criogénicos (válvulas para maniobra, flexibles para conexión...).
- Los componentes para la regasificación de GNL a gas natural por transferencia de calor.
- Los componentes para regulación, seguridad y odorización previstos antes de la salida del gas de la planta.
- Equipamiento para control y registro de los datos de operación de la planta satélite.

Se pueden incluir instalaciones adicionales tales como: defensa contra incendios, obra civil asociada (viales para acceso, cubeto de contención, vallado, etc.), instalación eléctrica u otras relacionadas con la seguridad de la planta.

El exterior de la planta satélite de GNL se tratará como otro nodo. En este caso el análisis se centra en las condiciones ambientales en las que opera la planta (exterior), teniendo en cuenta

las posibles desviaciones que puedan afectar al completo funcionamiento normal de la planta.

Empleo de Palabras guía

Se aplicarán palabras guía para el análisis ordenado de las posibles desviaciones de las variables que intervienen en el proceso, de forma cualitativa o cuantitativa, y se emplearán con cada uno de los nodos en los que se divide la instalación para determinar si una causa particular puede llevar a una situación de peligro o de mal funcionamiento de la instalación.

La Tabla 10 presenta una relación de palabras guía y su significado.

Palabra guía	Significado
No	Negación o ausencia de las especificaciones de diseño
Más	Aumento o disminución cuantitativa en un elemento de proceso (cuya magnitud se puede medir. Pueden ser cantidades como: caudal, presión, temperatura, etc.; o actividades como: reaccionar, calentar, etc.)
Menos	
Inverso	Opuesto a la dirección de operación prevista o contrario a la actuación programada (se obtiene el efecto contrario al que se pretende)
De otra forma	Cambio o transformación diferente en el elemento analizado (actividades distintas respecto de la operación normal)
Mayor que / Además	Aumento cualitativo (se obtiene algo más que la función deseada)
Parte de	Disminución cualitativa (se realiza solamente una parte de la función deseada)

Tabla 10. Palabras guía
(fuente: UNE-EN 61882 [49])

También se pueden utilizar las palabras guía estándar con otros significados adicionales o bien emplear palabras guía que expresen mejor determinadas situaciones donde el tiempo o el orden de desarrollo es un aspecto importante. Por ejemplo, para la variable TIEMPO las palabras guía MAS / MENOS significan mayor o menor duración, y se pueden introducir otras palabras guía como PRONTO, TARDE, ANTES, DESPUÉS. La decisión de incorporar nuevas palabras guía o de matizarlas es competencia del equipo de trabajo.

Determinación de las desviaciones

El coordinador del equipo de trabajo propondrá las desviaciones aplicando las palabras guía a las variables del proceso. Deberán ser compatibles con los nodos a estudiar y comprensibles para todos los componentes del equipo de trabajo.

En la Tabla 11 se proponen combinaciones posibles compatibles entre palabras guía y variables de proceso.

	No	Más	Menos	Inverso	De otra forma	Mayor que / Además	Parte de
Nivel		x	x				
Caudal	x	x	x	x		x	
Presión		x	x				
Temperatura		x	x				
Composición					x	x	x
Fase					x	x	x
Servicios	x					x	x
Mantenimiento					x	x	x
Confinamiento	x						
Implantación						x	x
Suceso externo						x	
Factor humano						x	

Tabla 11. Compatibilidad Palabras guía / variables proceso
(fuente: elaboración propia)

Planteamiento de las Causas

Es fundamental la delimitación de las causas que originan las desviaciones en las variables del proceso, por lo que se debe asegurar su localización en las sesiones de trabajo.

Las causas se pueden agrupar en cuatro grupos:

- Fallos de componentes (equipos, instrumentación de control...)
- Fallos en las condiciones normales de operación (corte suministro eléctrico, fallo en procedimientos de paradas o puestas en marcha...)
- Fallos humanos y de organización (errores de manipulación y operación, errores de comunicación, confusión de sustancias peligrosas, ...)
- Agentes externos (proximidad a instalaciones peligrosas, fenómenos atmosféricos, incendios...)

Informe

Una vez estén definidas las causas se podrán determinar sus posibles consecuencias (daños a los trabajadores, pérdidas de producción, daños a la planta o a los equipos, impacto ambiental, etc.), las respuestas que se proponen, así como las acciones requeridas y recomendaciones para reducir los riesgos y/o disminuir las consecuencias que se hayan identificado durante las sesiones de trabajo.

Los resultados y conclusiones se registrarán en un informe final, donde se incluirá la descripción del proceso estudiado y se recopilará toda la información generada según las etapas descritas anteriormente.

El informe contendrá la siguiente información:

- Descripción del proceso estudiado y su objetivo, identificando los nodos. Con esa información, empleando las palabras guía, se delimitarán las causas y desviaciones, según ejemplo que se propone en la Tabla 12 como modelo de la variable de proceso “Confinamiento” que se podría utilizar para analizar actuaciones en caso de derrames y/o fugas de gas para el nodo circuito regasificador del proceso “Descarga de cisternas”.

Variable de proceso	Palabra guía	Desviación	Significado	Causas
Confinamiento	No	No confinamiento	Identificar condiciones de operación que puedan suponer una fuga y/o derrame de gas, por apertura de válvulas del circuito o por escapes a través de uniones o elementos con posibilidad de fractura	Conexión válvulas Purgas, desagües o venteos no controlados Fractura elementos (uniones, juntas, visores, etc.)

Tabla 12. Modelo desviaciones y causas en variable de proceso “Confinamiento”
(fuente: elaboración propia)

- Actas de las sesiones con indicación de las fechas de realización y composición del equipo de trabajo, según modelo de la Figura 173.

PROYECTO:	
Coordinador:	

FECHA:		UBICACIÓN:	
HORA INICIO:		HORA FIN:	
ASISTENTES EQUIPO DE TRABAJO		ASISTENTES INVITADOS	

ASUNTO:			
A DESTACAR:			
RESUMEN DE ACUERDOS	Responsable	Fecha Compromiso	

Figura 173. Modelo formato acta sesión
(fuente: elaboración propia)

- Registros con los análisis de los resultados obtenidos, según modelo de la Figura 174.

Proyecto: ...			Nodo: ...			Revisión: ... Fecha: ...
Palabra guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Respuesta	Acción	Comentario

Figura 174. Modelo formato registro resultados sesión
(fuente: elaboración propia)

- Registros con las acciones y seguimiento de las recomendaciones de mejora, según modelo de la Figura 175.

Responsable acción:	
Fecha de la sesión:	Fecha compromiso:
Proyecto:	Revisión:
Nodo:	
Causa:	
Desviación:	
Consecuencia:	
Respuesta:	
Acción:	
Medida tomada (a la acción):	Fecha:
	Firma:
Comentarios:	

Figura 175. Modelo formato ficha registro acciones
(fuente: elaboración propia)

- Diagramas, plano de implantación y otros que sean de utilidad.
- Manuales y/o procedimientos complementarios.

5.3.1. Ejemplo de aplicación.

Una planta satélite de GNL se puede dividir en bloques, según ya vimos en capítulo 3.6.

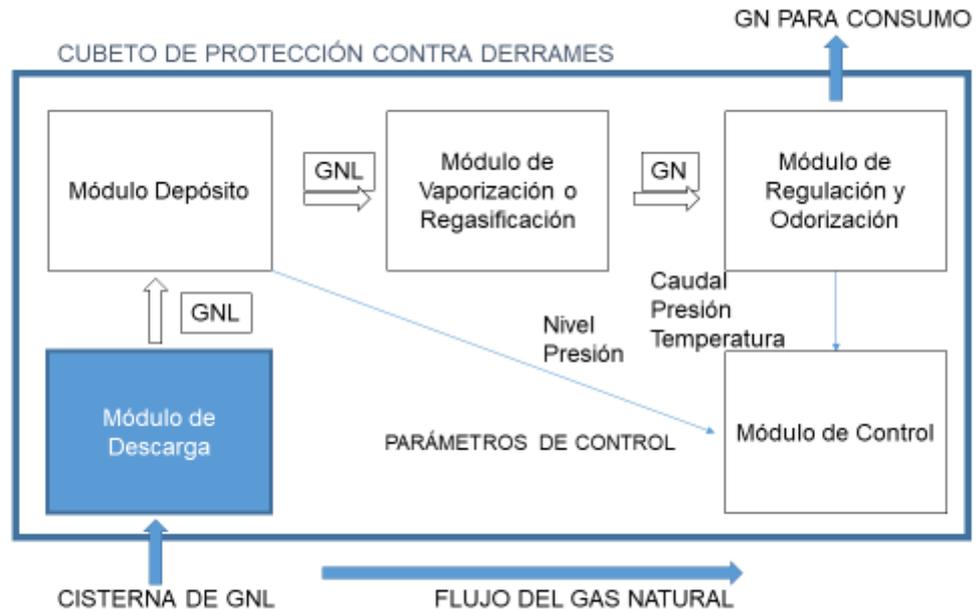


Figura 176. Módulo descarga de cisternas, según esquema bloques Planta satélite GNL
(fuente: elaboración propia)

Se selecciona como área de estudio el bloque correspondiente al módulo de descarga, según se marca en la Figura 176.

El proceso de descarga de la cisterna de transporte a los depósitos es el que teóricamente presenta mayores factores de riesgo, al concurrir en el mismo: presencia humana, presencia de un vehículo, presencia de gas fuera de los límites de un cubeto, maniobra de válvulas y puesta en presión con gas de una instalación desde temperatura ambiente.

La composición del equipo de trabajo será la propuesta en el capítulo 5.3 del presente trabajo, y además se integrará al conductor del camión.

La función del módulo de descarga es realizar el trasvase de GNL de la cisterna al depósito, este trasvase se puede hacer mediante bombas criogénicas o por diferencia de presión, en el segundo caso deberán existir regasificadores de descarga.

Si es por diferencia de presión, el proceso de descarga de los camiones cisterna precisa regasificar una fracción del GNL transportado para, por presurización de la fase gas de la cisterna del camión, desplazar el GNL. Esta función se realizará en el regasificador de descarga.

La instalación se compone de tres líneas:

- La línea de descarga propiamente dicha que conduce el GNL desde el camión cisterna hasta los depósitos de almacenamiento.
- La línea de salida de GNL del camión cisterna hacia el regasificador de puesta en presión rápida.
- La línea del GNL regasificado de retorno hacia el camión cisterna.

Los elementos (nodos) y el diagrama del módulo de descarga (Figura 177) son:

- Bocas de descarga.
- Regasificador de descarga (vaporizador atmosférico).
- Válvulas criogénicas.

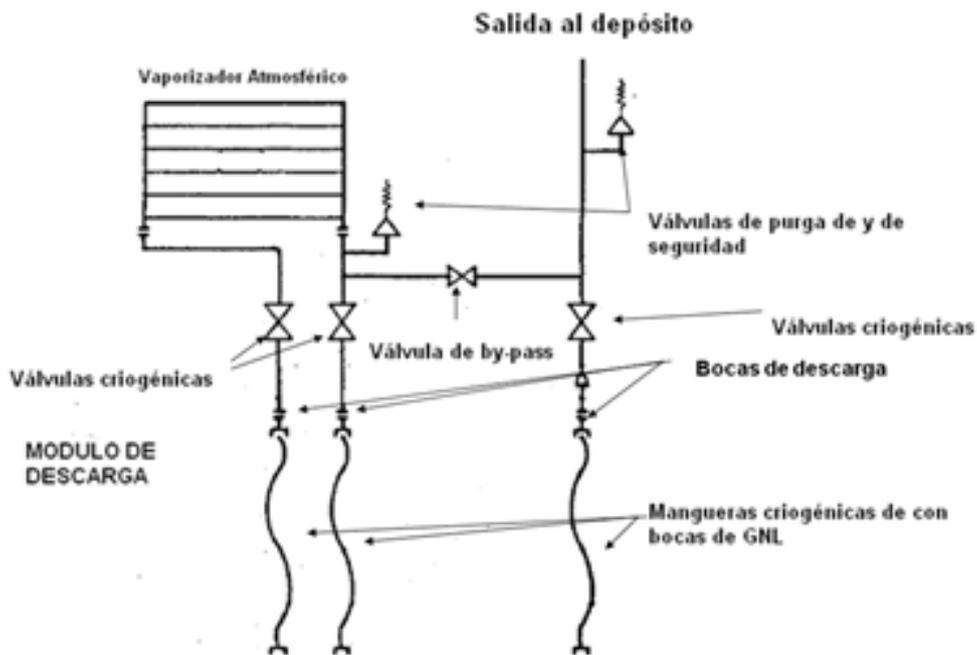


Figura 177. Diagrama módulo de descarga
(fuente: archivo)

Para este ejemplo seleccionaremos el Nodo “Regasificador” y se continuará con la aplicación de la metodología HAZOP para llegar a los resultados reflejados en la Tabla 13.

P. guía		Desv	Causa	Consecuencia	Respuesta	Acción	Comentario
Proyecto: Módulo descarga de planta satélite GNL			Nodo: Regasificador			Revisión: 1 Fecha: 25/05/18	
NO	Confinamiento	<p>Conexión válvulas</p> <p>Purga o venteo no controlado</p> <p>Fractura elementos (uniones, juntas, etc.)</p>	<p>Fuga GN</p> <p>Derrame GNL</p> <p>Posterior incendio del charco producido por el derrame, en caso de derrame e ignición inmediata</p> <p>Posterior explosión de los vapores provenientes del charco, en caso de derrame e ignición diferida</p> <p>Accidente por quemaduras</p> <p>Lesiones por contacto directo con la parte fría</p> <p>Inhalación de gas frío</p> <p>Accidentes por proyecciones de gas licuado sobre la piel</p>	<p>El grupo de intervención utilizará prendas adecuadas de protección personal, guantes criogénicos y pantalla de protección facial</p> <p>El conductor del camión cisterna cerrará las válvulas de las mangueras de descarga desconectará la toma de tierra, quitará los calzos y evacuará el camión a una zona segura</p> <p>El operador de la planta cerrará las válvulas correspondientes al proceso de descarga hacia el depósito</p> <p>El grupo de intervención, en caso de resultar claramente posible, taponará la fuga o actuará sobre el incendio con equipos de extinción de polvo seco</p> <p>El jefe del grupo de intervención vigilará el tráfico y presencia de personas por los alrededores de la emergencia</p>	<p>Prescripciones técnicas y normas de diseño y construcción</p> <p>Documento de Protección contra explosiones</p> <p>Construir la instalación en un recinto bien ventilado</p> <p>Proteger o alejar componentes que pueden causar ignición</p> <p>Aplicar distancias de seguridad según normativa</p> <p>Plan de emergencia</p> <p>Disponer de medios adecuados para intervención urgente</p> <p>Personal con adecuada formación y preparación</p>	<p>Identificar condiciones de operación que puedan suponer una fuga y/o derrame de gas, por apertura de válvulas del circuito o por escapes a través de uniones o elementos con posibilidad de fractura</p>	

Tabla 13. Resultados ejemplo aplicación método HAZOP a planta satélite GNL (fuente: elaboración propia)

5.4. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Otro aspecto importante a considerar es la necesidad de realizar una evaluación y seguimiento de las medidas resultantes de los estudios de riesgos, con el objeto de mejorar la seguridad y salud de los trabajadores en las plantas de GNL.

Para ello se debe establecer un sistema de gestión, tomando como referencia la normativa UNE-ISO 45001 [38] y OHSAS 18001 [51], que permita definir un procedimiento de evaluación de seguridad y salud para las plantas [52] y para las actividades desarrolladas por los contratistas.

En los siguientes apartados se propone un proceso de evaluación y seguimiento para las actividades y trabajos ejecutados por los contratistas de la planta satélite de GNL.

5.4.1. Evaluación a contratistas.

La evaluación de seguridad y salud proporciona indicaciones para medir el desempeño de seguridad de un contratista en la planta satélite de GNL. El objetivo es evaluar e informar el estado de los propios procesos de seguridad, organización, prácticas de trabajo y desempeño del contratista, enfocándose en áreas específicas de riesgos más sensibles.

Este procedimiento se implementará y aplicará en la medida de lo posible dentro de la planta y de conformidad con las leyes, reglamentos y normativa aplicables.

Descripción del proceso de evaluación

Se puede activar una evaluación en los siguientes casos:

- accidentes mortales y graves o significativos debidos a situaciones críticas de salud y seguridad
- eventos que conducen potencialmente a la suspensión de la acreditación del contratista por violaciones de Salud y Seguridad y Medio Ambiente
- durante la fase de calificación, licitación y gestión de contratos, por ejemplo, por baja puntuación del cuestionario de autoevaluación o baja categoría de seguridad en la calificación del proveedor.
- otros sucesos significativos destacados por la unidad de seguridad y salud de la planta.

El proceso de evaluación se divide en las tres etapas siguientes:

- planificación de la evaluación
- preparación y ejecución de la evaluación
- seguimiento de la evaluación

que se detallan en los siguientes párrafos.

- Planificación de la evaluación

En base a los datos y evidencias disponibles de las fases de calificación, licitación y gestión de contratos, la unidad de seguridad y salud recopila la información y elabora el plan anual de evaluación de contratistas. El plan anual se actualiza mensualmente para incluir los sucesos entrantes.

Se designa un equipo de evaluación que se selecciona de un grupo definido que incluya personas con diferentes habilidades y experiencia en Seguridad y / o actividades específicas de la planta.

El equipo de evaluación está compuesto por:

- Líder del equipo: coordina las actividades dentro del equipo de evaluación, por lo tanto, debe ser una persona experimentada con una posición reconocida y un conocimiento integral de los problemas de seguridad.
- Expertos en seguridad: personas experimentadas con un alto conocimiento tanto de los lugares de trabajo como de los problemas de seguridad, provenientes de la unidad técnica o de la unidad de seguridad y salud.
- Equipo de apoyo (opcional): cualquier otra persona experimentada que se considere necesaria para completar las competencias del equipo.

- Preparación y ejecución de la evaluación

Después de la activación de una evaluación de seguridad del contratista y el nombramiento del equipo de evaluación, el líder del equipo acuerda y planifica con el contratista la fecha programada para la ejecución de la evaluación. Además, el líder del equipo adquiere y comparte con los miembros del equipo información preliminar para enfocar las áreas a investigar, como se explica a continuación.

El líder del equipo recopilará la siguiente información preliminar:

- Resultados del cuestionario de autoevaluación
- Estado de certificación del sistema de gestión de salud y seguridad (por ejemplo, ISO 45001-2018 [38] / OHSAS 18001-2007 [51])
- Indicadores de desempeño de seguridad (accidentes, primeros auxilios, incidentes) ocurridos en los últimos años
- No conformidades detectadas durante las verificaciones / inspecciones periódicas
- Informe de evaluación previa de calificación
- Lista de contratos activos (y datos relacionados como valor económico, fecha de inicio y vigencia)
- Lista de subcontratistas (si los hay) y actividades realizadas por cada uno de ellos

Con base en los resultados de la etapa preparatoria, el equipo de evaluación evalúa si la documentación es suficiente o si necesita actualizarse. Si es el caso, el líder del equipo solicitará toda la actualización / integración de documentos necesarios al contratista.

En caso de que no haya un cuestionario de autoevaluación disponible, el líder del equipo solicitará al contratista que lo complete y lo envíe antes de la evaluación.

Una vez reunida toda la información que se considere necesaria, el líder del equipo acordará con el contratista una agenda preliminar, destacando tanto las entrevistas solicitadas como las fechas y ubicaciones de las inspecciones en la planta.

Para realizar una verificación significativa, la evaluación del contratista generalmente dura 2 días; dependiendo del contratista, esta duración se puede ampliar o reducir. Además, se recomienda visitar la planta mientras se están realizando actividades de operación o mantenimiento en la misma.

La etapa de ejecución se puede dividir en las siguientes fases representadas en la Tabla 14:

Fase	Roles y Responsabilidades
Reunión de introducción	<p>Las personas clave de la empresa contratista (funciones de gestión y seguridad y salud) presentan la organización y el enfoque / procesos de seguridad</p> <p>El equipo de evaluación presenta los objetivos de la evaluación solicita aclaraciones (si las hay) sobre la información recopilada durante la etapa preparatoria y redefine la agenda de evaluación del contratista</p>
Entrevistas y verificaciones en la planta	<p>El equipo de evaluación realiza entrevistas programadas para evaluar el compromiso / enfoque / proceso relacionado con Seguridad y Salud dentro de la organización del contratista</p> <p>Siempre que sea posible, el equipo de evaluación realiza inspecciones en los lugares de trabajo y entrevista a los trabajadores en la planta</p>
Reunión de cierre	<p>El equipo de evaluación resume los resultados informando las no conformidades (si las hay) observadas que deben abordarse en un plan de acción específico</p> <p>El contratista realiza el plan de acción, que se compartirá formalmente con el equipo de evaluación al cabo de una semana</p>

Tabla 14. Fases de la etapa de ejecución de la evaluación
(fuente: elaboración propia)

Para garantizar la integridad de la evaluación y disponer de una comparativa medible de los resultados, la evaluación cubrirá y asignará una puntuación a los grupos que se definan para su revisión.

En la Tabla 15 se presenta una propuesta de grupos para evaluar y criterios de puntuación.

Grupo principal		Subgrupo	Peso (P) (%)
1	Registro de accidentes	Tendencia de accidentes, centrándose en accidentes graves. Validación / actualización de datos proporcionados con autoevaluación	15
2	Registro de incidentes	Registro de incidentes, y otros accidentes leves	10
3	Informes y objetivos de Seguridad y Salud	Examen del proceso de reporte de informes	10
		Objetivos del Sistema de Gestión de Seguridad (si está implantado)	
		Plan de mejora anual relativo a Seguridad y Salud	
4	Análisis de accidentes	Análisis de accidentes (foco en los graves)	10
		Análisis de incidentes y otros accidentes leves	
		Capacidad para planificar, ejecutar y hacer un seguimiento de las acciones de mejora después del análisis de accidentes	
		Método estándar para analizar situaciones de peligro	
5	Información accidentes	Compartir causas de accidentes y acciones de mejora (dentro de la propia organización del contratista)	5
		Compartir las causas del accidente y las acciones de mejora (hacia los subcontratistas, si los hay)	
6	Políticas y Procedimientos	Existencia y difusión de una política de paro de trabajos por seguridad	10
		Disponibilidad y efectividad de la evaluación de riesgos realizada por el contratista	
		Disponibilidad y nivel de comprensión e implementación de procedimientos operativos, instrucciones de operación, métodos de trabajo	
		Gestión de EPIs, equipos, herramientas y programas de seguridad	
7	Unidad de Seguridad y Salud	Detalles sobre la organización (número de personas dedicadas, existencia de personal de soporte externo, etc.)	10
8	Inspecciones y Controles	Análisis de la planificación, ejecución y seguimiento de proceso de inspección con enfoque en las estrategias de la empresa contratista basadas en evidencias relacionadas	15
		Existencia de sanciones para el personal propio del contratista en caso de incumplimiento de las normas de seguridad y salud	

9	Formación	Profundizar en los programas de formación en Seguridad y Salud (si existen)	5
10	Subcontratistas	Sistema de calificación de subcontratistas (si existe)	10
		Monitorización del desempeño de seguridad de subcontratistas	
		Sanciones o sistema de recompensa para subcontratistas en caso de incumplimiento de las normas de salud y seguridad y / o incumplimiento grave	

Tabla 15. Grupos y criterios para la evaluación
(fuente: elaboración propia)

La evaluación de cada grupo se puntuará en el rango 0-100 de acuerdo con lo propuesto en la Tabla 16.

Puntuación (N)	Resultado	Significado
1 - 29	No adecuado	Varias deficiencias graves
30 - 59	A mejorar	Deficiencias leves
60 - 89	Aceptable	Adecuado
90 - 100	Bueno	Superior a la media, aplicación de las mejores prácticas

Tabla 16. Propuesta puntuaciones para la evaluación
(fuente: elaboración propia)

La puntuación total del contratista se calculará mediante la ponderación promedio de la puntuación de cada grupo (los pesos que se muestran en la tabla 15) con la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación total} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Ni Pi}{\sum_{i=1}^{10} Pi}$$

El equipo de evaluación elaborará un informe de la evaluación, que deberá contener:

- Una visión general del contratista, con información resumida sobre su tamaño y actividades principales y su sistema de organización y gestión de Seguridad y Salud
- Tabla resumen de la puntuación de evaluación para cada grupo
- Puntuación total del contratista
- Si es necesario, el plan de acción, preparado por el contratista evaluado, para resolver las deficiencias / no conformidades observadas; en particular, el plan de acción de incluir tareas concretas, una persona responsable y una fecha límite a cumplir. El contratista asume toda la responsabilidad sobre las acciones propuestas y el equipo de evaluación puede revisar el plan de acción.

- Seguimiento de la evaluación

Si se requiere un Plan de Acción, el contratista enviará periódicamente a la unidad de Seguridad y Salud de la planta la evidencia de la finalización de las acciones. La unidad de Seguridad y Salud de la planta analizará la comunicación y destacará posibles inconsistencias o niveles no satisfactorios. Dentro de un máximo de dos semanas después de la fecha de vencimiento de finalización del Plan de Acción, la unidad de Seguridad y Salud de la planta analizará y verificará las acciones implementadas.

La unidad de Seguridad y Salud de la planta emitirá comentarios sobre la implementación completa del plan de acción; en particular, en caso de que no se haya proporcionado evidencia de la implementación del plan de acción o no se haya implementado satisfactoriamente, la evaluación final del contratista será "No aceptable".

5.4.2. Seguimiento de trabajos realizados.

El seguimiento tiene como objetivo proporcionar pautas para garantizar dentro de la planta la adopción de una práctica común para celebrar una reunión de seguridad antes del comienzo de cualquier actividad de operación o mantenimiento (verificación previa al trabajo) tanto como al final de la misma (revisión posterior al trabajo), con el fin de mejorar las normas de seguridad durante la ejecución del trabajo y evitar accidentes.

Este procedimiento se implementará y aplicará en la medida de lo posible dentro de la planta y de conformidad con las leyes, reglamentos y normativa aplicables.

La verificación previa al trabajo y la revisión posterior al trabajo

El objeto de esta propuesta es definir una metodología homogénea para la ejecución de reuniones preliminares por parte de los trabajadores, así como informar comentarios estructurados sobre eventos de seguridad relevantes ocurridos durante las actividades.

En el caso de actividades operativas que involucren a dos o más trabajadores, el jefe de obra, antes de comenzar la actividad laboral, organizará una reunión con los miembros del equipo de trabajo, denominada "Verificación previa al trabajo".

Durante la "Verificación previa al trabajo", el jefe de obra y los miembros del equipo revisan todas las fases de la actividad, tal como se define en la asignación del trabajo, con especial énfasis en las tareas más relevantes para la seguridad, evalúan si todos los trabajadores son aptos para el trabajo, identifican situaciones de posibles riesgos para la salud y la seguridad que puedan surgir, y acuerdan los comportamientos que se adoptarán para prevenir accidentes.

Al final de la actividad, generalmente al final del día, el jefe de obra también organizará una revisión posterior al trabajo para recopilar una lección aprendida del trabajo, tomando notas sobre situaciones imprevistas registradas y las medidas de seguridad que se han aplicado para la mitigación del riesgo.

Realización de la verificación previa al trabajo.

Antes de ejecutar el trabajo y en el sitio donde se realizarán las actividades de trabajo, el jefe de obra reúne a los miembros del equipo y procede a lo siguiente:

- Describir en detalle las principales fases del trabajo a realizar y sus riesgos asociados, con un nivel de detalle adecuado al nivel de complejidad de la actividad a realizar
- Llamar la atención de los trabajadores sobre las fases de trabajo que son más significativas en términos de seguridad (por ejemplo, donde es necesaria la coordinación entre diferentes actividades, donde se requiere el uso de equipos especiales, etc.) y sobre las medidas preventivas asociadas que se deben adoptar en para prevenir accidentes
- Indicar el equipo / herramientas / vehículos que se utilizarán, el equipo de protección colectiva necesario y el equipo de protección personal, que requieren formación de los trabajadores antes de permitir su uso
- Encomendar tareas, proporcionando todas las explicaciones adicionales requeridas, a trabajadores calificados
- Garantizar que los métodos de respuesta a emergencias sean claros y bien conocidos por los trabajadores

En particular, en la verificación previa al trabajo, el jefe de obra deberá presentar la parte relevante de los documentos relacionados con la seguridad y, por lo general: procedimientos, plan de seguridad, evaluación de riesgos, asignación de trabajo, métodos de trabajo, modelos para notificación de paro y falta de trabajo, guía de operación para vehículos y herramientas especiales, registros de calificación del personal, etc. En esta fase, el jefe de obra revisa los temas relevantes de seguridad del trabajo, para evaluar, con el apoyo de la lista de verificación apropiada, que todos los trabajadores:

- Están informados sobre la actividad a realizar
- Son conscientes de los riesgos identificados por la planta
- Han identificado los riesgos específicos de la actividad a realizar
- Conocen los métodos operativos a seguir
- Han identificado y señalado adecuadamente el área de trabajo

- Adoptan todas las medidas y herramientas preventivas / protectoras (vehículos, herramientas, etc.) para garantizar que el trabajo se realice de manera segura; doble verificación de su idoneidad y preparación
- Han establecido métodos de comunicación apropiados entre los miembros del equipo y, si es necesario, responsabilidad de supervisión temporal cuando el equipo tiene que dividirse en más subgrupos que no pueden ser supervisados directamente por el jefe de obra
- Han establecido medidas apropiadas para poder reaccionar en caso de emergencias y mitigar los efectos adversos en los trabajadores y el personal de la planta
- Saben que tienen que informar inmediatamente al jefe de obra sobre cualquier peligro o deficiencia en las maquinarias / vehículos / equipos de protección personal o colectiva que apliquen la política de alto al trabajo

Por ejemplo, a continuación se enumeran algunas medidas de precaución que se discutirán durante la reunión de verificación previa al trabajo:

- Garantizar que se hayan identificado y entendido bien todos los posibles riesgos
- En caso de excavación, asegurarse de que el suelo sea estable y usar protección adecuada para soportar las paredes en casos de profundidad de excavación considerable
- En caso de elevación de la carga, asegurarse de que los materiales se levanten de manera correcta de acuerdo con el peso, la forma, las dimensiones y la posición en relación con el torso
- En caso de trabajos en sistemas eléctricos, asegurarse de que se adopten todas las medidas apropiadas de prevención de riesgos eléctricos (por ejemplo, dispositivos de conexión a tierra, distancia, etc.) y que los EPIs estén disponibles para todos los trabajadores
- En caso de trabajo en altura, asegurarse de que todos los equipos (elevadores, andamios, escaleras, etc.) sean adecuados para la actividad, cumplan con las normas de uso y que todos los trabajadores usen sistemas de anclaje y detención de caídas adecuados
- En caso de trabajos en espacios confinados, asegurarse de que esté presente un encargado designado, que mantenga contacto visual del equipo que opera en dichos lugares y pueda brindar asistencia cuando sea necesario. Con el fin de mantener un control adecuado de las condiciones ambientales, se deben monitorizar las condiciones del aire antes de ingresar y durante los trabajos para garantizar que el ambiente sea seguro. Además, el equipo y el personal de emergencia deben estar disponibles para garantizar asistencia inmediata al personal presente en el espacio confinado, en caso de emergencia

- En caso de uso de sustancias químicas, asegurarse de leer y comprender las hojas de datos de seguridad, para garantizar que las sustancias químicas se manejen de acuerdo con las instrucciones del fabricante

En caso de que durante la operación el contexto de trabajo se desvíe de lo planeado, o exista la percepción de un riesgo sin precedentes, es necesario organizar una nueva verificación previa al trabajo antes de continuar con los trabajos.

Se realizará una verificación previa al trabajo para cada actividad, se repetirá al menos diariamente (en el caso de actividades que duren más días) y se actualizará en caso de cualquier cambio en las siguientes condiciones: actividad, composición del equipo, lugar de trabajo, riesgos, etc. Es posible que no se repita en la misma actividad (y dentro del mismo equipo) en el caso de pasos idénticos en trabajos repetitivos en contextos idénticos.

El jefe de obra deberá completar un informe resumido de verificación previa al trabajo en el que se resumen los principales puntos clave identificados en la reunión.

El informe resumido de verificación previa al trabajo especificará el nombre de todos los miembros del equipo, la fecha y la hora de la reunión, la información relacionada con la actividad a realizar, los riesgos y las medidas de seguridad, la información adicional requerida por los trabajadores y las explicaciones proporcionadas.

Al final de la reunión, el jefe de obra pedirá a cada miembro del equipo:

- Confirmar su comprensión de las tareas específicas asignadas
- Centrar su atención en las medidas de seguridad particulares requeridas en cada etapa de trabajo
- Definir las tareas de coordinación y comunicación dentro del equipo y cualquier otra especificación
- Firmar el informe

Todos los miembros del equipo deberán firmar el informe antes de comenzar cualquier actividad.

El informe estará disponible con el equipo durante la ejecución del trabajo.

Antes de comenzar las actividades de trabajo, el jefe de obra deberá recordar específicamente la importancia de parar el trabajo ante la detección de una situación de peligro y la importancia de observar y registrar incidencias, las no conformidades y las lecciones aprendidas.

Realización de la revisión posterior al trabajo.

Al final de las actividades operativas, el jefe de obra organizará una breve reunión con el equipo para una revisión de seguridad del trabajo realizado, llamada “Revisión posterior al trabajo”. El trabajo recién terminado se vuelve a examinar, destacando los problemas de seguridad y definiendo juntos las acciones de mejora que deben señalarse a los gerentes de la planta para mejorar los estándares de seguridad durante la ejecución del trabajo y difundir la lección genérica aprendida.

Se completa el informe con las principales evidencias que surgen de la reunión realizada al principio y al final de las obras.

Al final de la actividad, el jefe de obra debe enviar el informe a la unidad de Seguridad y Salud para su archivo.

Capítulo 6

Aportaciones al conocimiento

6. APORTACIONES AL CONOCIMIENTO.

Las principales aportaciones y novedades que incorpora este trabajo son:

- La información relativa a las plantas satélites de GNL se encuentra en un conjunto normativo y documental disperso en el tiempo, en la forma y en la técnica. El presente trabajo aporta una recopilación completa y ordenada de todos los aspectos relacionados con este tipo de instalaciones, destacando la parte relacionada con la seguridad de las mismas.
- Se analizan y proponen métodos para el estudio de riesgos en las plantas satélites de GNL. Aunque son ampliamente utilizados en grandes instalaciones industriales, su empleo no se encuentra tan extendido en instalaciones de menores dimensiones como las plantas satélites de GNL.
- En relación con el punto anterior, se investiga y profundiza en la seguridad de la operación y mantenimiento de las plantas satélites de GNL. La aplicación de métodos específicos a las particularidades de las plantas satélites de GNL permite dar un paso más allá de la experiencia y diferenciación con los métodos empleados en las grandes plantas regasificadoras.
- Se introducen propuestas relativas a optimizar la seguridad del personal y empresas contratistas, en lo relativo a las operaciones de construcción, explotación y mantenimiento de las plantas satélites de GNL. Adicionalmente se incluyen propuestas para elaborar procedimientos que permitan su evaluación y seguimiento.

Capítulo 7

Conclusiones y desarrollos futuros

7. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.

Los sistemas de seguridad y protección han alcanzado altos estándares de calidad y la industria del GNL tiene un buen historial de seguridad, por varios motivos. Primero, la industria ha desarrollado la tecnología y operativa para garantizar la seguridad de sus operaciones. El progreso de la técnica incluye el desarrollo de la ingeniería de la instalación de GNL, los procedimientos operativos y las capacidades técnicas del personal que interviene. Segundo, las características del gas natural licuado hacen que los riesgos estén ampliamente analizados e implementados en las actuaciones y en la tecnología. Tercero, se garantiza una mayor seguridad en las instalaciones cuando se cumplen los estándares, las especificaciones técnicas y las reglamentaciones que les aplican. Aunque cada país tiene sus propios requisitos normativos para los operadores de gas natural licuado, el sector también se ha beneficiado por el desarrollo de normas internacionales y los códigos que regulan a la industria.

Además, las responsabilidades en materia de seguridad y salud del empresario principal de la planta frente a sus empresas contratistas y de éstas respecto a las actuaciones que realicen en las instalaciones requiere de compromiso de ambas partes para cumplir y hacer cumplir la normativa relacionada con la prevención de riesgos laborales.

Sin embargo, nos encontramos con que la tecnología aplicada no sólo es compleja sino que además evoluciona rápidamente. Este factor provoca que para garantizar las operaciones de las plantas satélites de GNL, toda la normativa, ya sea internacional o nacional, debe estar en constante revisión. Es decir, hay que seguir realizando exhaustivos análisis de riesgos para evaluar qué sistemas de seguridad se pueden mejorar y de qué forma se puede llevar a cabo la modificación.

Y también se requiere establecer un proceso de evaluación de acuerdo con las políticas de salud y seguridad adoptadas en las plantas que mejorará la seguridad y la salud de todos los trabajadores de la planta.

Por todo ello, las **conclusiones** son:

- La normativa y legislación que aplica al diseño, construcción y operación de las plantas satélites de GNL tiene unos elevados estándares que lleva a garantizar que son instalaciones muy seguras.
- La ingeniería, el diseño y las medidas de seguridad se mejoran continuamente para garantizar la seguridad de las instalaciones de GNL.
- En general, la seguridad de GNL se basa en analizar adecuadamente las características del producto, desarrollando en base a ello la tecnología y procedimientos de operación, y considerando los requisitos contemplados en las normas y regulación aplicable.

- La importancia de mantener unos niveles de seguridad aceptables en las plantas satélites de GNL hace imprescindible seguir avanzando en la realización de una buena identificación y análisis de riesgos. Debido a la multitud de información acerca de herramientas y métodos que existen para ello se considera conveniente hacer una selección y proponer una metodología que unifique criterios.
- Es prioritaria la búsqueda de niveles de seguridad adecuados en las plantas satélites de GNL con el objeto de disminuir la probabilidad de accidentes y sus eventuales consecuencias, en caso de que éstos ocurran.
- El desarrollo de una metodología para regular las actuaciones de todas las empresas contratistas que desarrollan sus actividades en plantas industriales permitirá mejorar la seguridad y salud de todos los trabajadores de la planta.
- La realización de una evaluación de seguridad y salud es importante porque proporciona una hoja de ruta para la implementación y mejora de las prácticas de seguridad de las plantas de GNL, garantizando que los riesgos de seguridad se gestionen de manera efectiva. La utilización de evaluaciones facilitará que la planta pueda articular objetivos, evaluar la seguridad con el tiempo y determinar la necesidad de medidas adicionales.
- El seguimiento y revisión de la evaluación de seguridad y salud servirá para garantizar que se sigan aplicando las prácticas de trabajo seguras acordadas y tener en cuenta acciones de mejora por las lecciones aprendidas.

La conclusión final es que se puede seguir transportando, almacenando y utilizando el GNL en las plantas satélites conforme a los sistemas de seguridad existentes siempre y cuando se cumplan las normas y se sigan los procedimientos de seguridad y protección desarrollados por la industria basados en la regulación aplicable. El logro de este objetivo sirve a los intereses de la industria, los reguladores y el público en general, y permite que los consumidores aprovechen los beneficios de gas natural.

Debido a la importancia y necesidad de profundizar en la estandarización de los estudios de riesgos, se pueden contemplar futuras líneas de investigación que analicen las diferentes herramientas y métodos disponibles, o bien, tal como se propone en el presente trabajo, seleccionar la técnica HAZOP como método de referencia a emplear para la identificación y análisis de riesgos en plantas satélites de GNL, utilizándolo como base para un posterior desarrollo en profundidad de esta metodología con el objeto de conseguir instalaciones cada vez más seguras.

Por otra parte, la propuesta metodológica para actuaciones de contratistas presentada puede ser un modelo que permita sistematizar la información, coordinación, cooperación y vigilancia relacionada con la prevención de riesgos laborales, con el objeto de mejorar la seguridad de los procesos y actividades de las plantas de GNL, y servir de punto de partida para iniciar una futura implantación de un sistema de gestión de la seguridad y salud basado en la ISO 45001:2018.

Los **desarrollos futuros** a proponer relativos a nuevas líneas de investigación o de desarrollo en el área de conocimiento en el que se ha elaborado esta tesis, serían:

- Investigar y profundizar en la aplicación de la técnica HAZOP para la realización de estudios de riesgos en las plantas satélites de GNL.
- Avanzar en el desarrollo de sistemas de seguimiento y evaluación de las actuaciones de personal y empresas contratistas en las plantas, dentro del ámbito de la prevención de riesgos laborales.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNE-EN ISO 16903:2016. *Industrias del petróleo y del gas natural. Características del GNL que influyen en el diseño y en la selección de los materiales*. AENOR, Madrid, 2016.
- [2] UNE 60210:2015. *Plantas satélite de Gas Natural Licuado (GNL)*, AENOR, Madrid, 2015.
- [3] *Informe Enagas 2019: El sistema gasista español*. Disponible en https://www.enagas.es/stfls/ENAGAS/Documentos/El_Sistema_Gasista_Informe_2019.pdf.
- [4] *RD Legislativo 6/2015, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial*. BOE núm. 261, de 31 de octubre de 2015, pp. 103167-103231.
- [5] *RD 551/2006, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español*. BOE núm. 113, de 12 de mayo de 2006, pp. 18187-18281.
- [6] *ADR Acuerdo Europeo sobre el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera. Texto enmendado de los Anejos A y B del Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR 2019) con las Enmiendas adoptadas durante las sesiones 100.ª, 101.ª, 102.ª, 103.ª y 104.ª del Grupo de trabajo de transportes de mercancías peligrosas de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE)*, BOE núm. 154, de 28 de junio de 2019, páginas 68989 a 70071. ADR disponible en el siguiente enlace <https://www.mitma.gob.es/transporte-terrestre/mercancias-peligrosas-y-perecederas/adr2019>.
- [7] UNE-EN 60079-10-1:2016. *Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas*. AENOR, Madrid, 2016.
- [8] *RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión*. BOE núm. 224, de 18 de septiembre de 2002, pp. 33084-33086.
- [9] *RD 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11*. BOE núm. 211, de 4 de septiembre de 2006, pp. 31576-31632.
- [10] *ITC-ICG 04 Plantas satélite de Gas Natural Licuado (GNL)*. RD 919/2006, BOE núm. 211, 2006, pp. 31594-31596.

- [11] *RD 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias*, BOE núm. 31, de 5 de febrero de 2009, pp. 12297-12388.
- [12] *RD 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios*, BOE núm. 139, de 12 de junio de 2017, pp. 48349-48386.
- [13] UNE-EN 13645:2003. *Instalaciones y equipamientos de gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres con capacidad de almacenamiento comprendida entre 5 t y 200 t*. AENOR, 2003.
- [14] UNE 60670-3:2014. *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 3: Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones*. AENOR, Madrid, 2014.
- [15] UNE-EN 1473:2017. *Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de instalaciones terrestres*. AENOR, Madrid, 2017.
- [16] *Norma para la producción, almacenamiento y manejo del Gas Natural Licuado (GNL)*, NFPA 59 A, 2016.
- [17] *RD 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*. BOE núm. 251, de 20 de octubre de 2015, pp. 97531-97567.
- [18] *RD 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia*. BOE núm. 72, de 24 de marzo de 2007, pp. 12841-12850.
- [19] *Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y sus modificaciones*. BOE núm. 269, de 10/11/1995.
- [20] *RD 681/2003 sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo [Trasposición de la Directiva 99/92/CE (ATEX-137)]*. BOE núm. 145, de 18 de junio de 2003, pp. 23341-23345.
- [21] *Especificaciones técnicas para las actividades de Técnico de Plantas Satélite de GNL*. Sedigas, Asociación española del gas, 2009.
- [22] *Ficha técnica de Seguridad del gas natural sin odorizar, del gas natural odorizado, del Gas Natural Licuado (GNL)*. Sedigas, Asociación española del gas, 2009.

- [23] *Manual de actuaciones de seguridad en presencia de gases combustibles*. Sedigas, Asociación española del gas, 2009.
- [24] *Nota Técnica de Prevención. NTP 1058: Sector gasista: riesgos laborales en instalaciones de almacenamiento, transporte y distribución de gas*. INSHT, 2015.
- [25] *Nota Técnica de Prevención. NTP 383: Riesgo en la utilización de gases licuados a baja temperatura*. INSHT, 1995.
- [26] *Nota Técnica de Prevención. NTP 430: Gases licuados: evaporación de fugas y derrames*. INSHT, 1996.
- [27] *Ficha técnica del Tetrahidrotiofeno y del Nitrógeno*. INSHT, 1994.
- [28] *RD 1566/1999, de 8 de octubre, sobre los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable*. BOE núm. 251, de 20 de octubre de 1999, pp. 36830-36833.
- [29] *UNE 60312:2015. Estaciones de regulación para canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión de entrada no superior a 16 bar*. AENOR, Madrid, 2015.
- [30] *UNE 60620-5:2005. Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 5: Grupos de regulación*. AENOR, Madrid, 2005.
- [31] *RD 387/1996, de 1 de marzo, por el que se aprueba la directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril*. BOE núm. 71, de 22 de marzo de 1996, pp. 10998-11010.
- [32] *Ley 54/2003 de Reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales*. BOE núm. 298, de 13 de diciembre de 2003, pp. 44408-44415.
- [33] *RD 486/997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. BOE núm. 97, de 23/04/1997.
- [34] *RD 1627/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción*. BOE núm. 256, de 25/10/1997.
- [35] *Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción*. BOE núm. 250, de 19/10/2006.
- [36] *RD 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*. BOE núm. 27, de 31/01/2004.

- [37] *Documento técnico del INSHT “Evaluación de Riesgos Laborales”*. Disponible en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Ficheros/Evaluacion_riesgos.pdf.
- [38] UNE-ISO 45001:2018. *Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo*. AENOR, Madrid, 2018.
- [39] *Safety History of International LNG Operations*, CH-IV International Report, 2014.
- [40] M. Michot Foss, “LNG Safety and Security”, [online] CEE The University of Texas at Austin, 2012. Disponible en el siguiente enlace <http://www.beg.utexas.edu/index.php/energyecon/areas-of-research/global-gas-and-ling>.
- [41] Equipo de redacción, “Seguridad del GNL y accidentes conexos”, [online] *Química.es*, 2018. Disponible en el siguiente enlace http://www.quimica.es/enciclopedia/Gas_natural_licuado.html.
- [42] Equipo de redacción, “Seguridad del GNL. Accidentes”, [online] *Wikiwand.com*, 2018. Disponible en el siguiente enlace http://www.wikiwand.com/es/Gas_natural_licuado#/Seguridad_del_GNL.Accidentes.
- [43] Equipo de redacción, “El puerto de Barcelona, paralizado por una fuga de gas en un barco”, [online] *El País*, 1985. Disponible en el siguiente enlace https://elpais.com/diario/1985/06/15/espana/487634423_850215.html.
- [44] J. Zamora, “Grave incidente de un gasero en el puerto de Barcelona”; [online] *NAUCHERglobal*, 2015. Disponible en el siguiente enlace <http://www.naucher.com/es/actualidad/grave-incidente-de-un-gasero-en-el-puerto-de-barcelona/ n:3580/>.
- [45] J.M. Bonilla Martínez, J. Belmonte Pérez, J.A. Marín Ayala, “Explosión de una cisterna con gas natural licuado”, [online] *Seguridad y Medio Ambiente*, año 32 n° 127, 2012. Disponible en el siguiente enlace <http://www.seguridadypromociondelasalud.com/n127/es/articulo2.html>.
- [46] UNE-ISO 31000:2018. *Gestión del riesgo. Directrices*. AENOR, Madrid, 2018.
- [47] UNE-EN 31010:2011. *Gestión del riesgo. Técnicas de apreciación del riesgo*. AENOR, Madrid, 2011.
- [48] *Nota Técnica de Prevención. NTP 238: Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso*. INSHT, 1998.
- [49] UNE-EN 61882:2017. *Estudios de peligros y operatividad (estudios HAZOP). Guía de aplicación*. AENOR, Madrid, 2017.

-
- [50] García Gómez, F.J., González Gaya, C., y Morales Camprubí, F. Metodología HAZOP para la identificación y análisis de riesgos en Plantas satélites GNL; Conferencia: XXII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos, Madrid, España. 12 julio 2018. ISBN-13: 978-84-09-05132-8, pp. 2033-2045.
- [51] OHSAS 18001:2007. *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. AENOR, Madrid, 2007. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscar-libros/detalle?c=173e4c95-9180-e911-a84e-000d3a2fe6cc> .
- [52] García-Gómez, F.J.; González-Gaya, C.; Rosales-Prieto, V.F. An Approach to Health and Safety Assessment in Industrial Parks. *Sustainability* 2020, *12*, 3646, doi: 10.3390/su12093646.

Apéndice

Fichas técnicas de seguridad

	FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Página
		Número de revisión:
	GAS NATURAL (Odorizado)	Fecha: DD/MM/AAA
		Reemplaza

1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto

Nombre comercial/denominación: Gas natural (odorizado)

1.2. Usos específicos del producto o la mezcla

- Fuente de energía para su utilización como combustible en los sectores doméstico, comercial e industrial.
- Carburante para motores de combustión interna y turbinas de gas.
- Materia prima en el sector industrial.

1.3. Datos del proveedor

A cumplimentar por cada empresa

- Nombre de la empresa
- Dirección
- Teléfono y fax
- Correo electrónico

1.4. Teléfonos de emergencia

A cumplimentar por cada empresa

2. Riesgos potenciales

Clasificación de la sustancia o mezcla

2.1. Clasificación de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo (GHS/CLP) ¹

Clasificación CLP El producto está clasificado como peligroso de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008

Tipo de riesgo / Categoría	Advertencias de seguridad ²
Gas extremadamente inflamable /Categoría 1	H220
Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.	H280

2.2. Clasificación de conformidad con la Directiva 1999/45/EC y la Directiva 67/548/EEC

Clasificación El producto está clasificado como peligroso según la Directiva 67/548/EEC

Símbolo del riesgo y descripción	Frases R ³
F+ Extremadamente inflamable	R12

2.3. Etiquetado de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008 (GHS/CLP)

Símbolo:	
Palabra de advertencia:	Peligro
Indicaciones de riesgo:	H220 Gas extremadamente inflamable. H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
Instrucciones de seguridad:	

¹ GHS. Global harmonized system (of classification and labelling of chemicals).

CLP. Classification for labelling and packaging.

² Ver texto completo en la nota al final del documento.

³ Ver texto completo en la nota al final del documento.

Medidas preventivas:	P102	Mantener fuera del alcance de los niños.
	P210	Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llamas abiertas o superficies calientes. No fumar.
	P243	Adoptar medidas preventivas contra descargas eléctricas estáticas.
	P377	En caso de fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.
	P381	Eliminar todas las fuentes de ignición, si es seguro hacerlo.
Posibles reacciones:	P410+P403:	Proteger de la radiación solar y almacenar en lugares bien ventilados

2.4. Etiquetado de conformidad con la Directiva 1999/45/EC y la Directiva 67/548/EEC

Símbolo y descripción del riesgo	
Frases R:	R12 Extremadamente inflamable.
Frases S:	S2 Mantener fuera del alcance de los niños.
	S9 Guardar los contenedores en lugares bien ventilados.
	S16 Mantener alejado de fuentes de ignición. No fumar.
	S33 Adoptar medidas preventivas contra descargas eléctricas estáticas.

2.5. Otros peligros para las personas y el medio ambiente

Forma mezclas explosivas con el aire; riesgo de explosión dentro de los límites de inflamabilidad.

Gas de efecto narcótico muy débil.

A elevadas concentraciones, peligro de asfixia por desplazamiento del oxígeno.

Peligros debidos a la descompresión en caso de liberación intencionada o accidental del gas:

- Ruido
- Onda expansiva
- Lesiones cutáneas causada por congelación

El gas inflamado puede causar quemaduras. Los productos de la combustión pueden ser un peligro para la salud.

Gas de efecto invernadero.

Otras consideraciones a tener en cuenta:

Los trabajos en las redes de transporte y distribución, así como en las instalaciones receptoras deben ser realizados únicamente por personal especialista familiarizado con los riesgos asociados y las precauciones necesarias.

3. Composición / Información sobre los componentes

3.1. Caracterización química

Mezcla de hidrocarburos y gases inertes con adición de un odorizante (tetrahidrotiofeno), cuyas proporciones relativas pueden variar dentro de los siguientes límites redondeados.

3.2. Componentes peligrosos

CAS Nº ¹ / EC Nº ² / INDEX number ³	Nombre químico	% (v/v)	Clase de riesgo / Categoría / Advertencias	Información sobre el riesgo. Frases-R ⁴
74-82-8 / 200-812-7 / 601-001-00-4	Metano	75 ÷ 99	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases comprimidos / H280	F+; R12
74-84-0 / 200-814-8 / 601-002-00-X	Etano	< 12	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
74-98-6 / 200-827-9 / 601-003-00-5	Propano	< 6	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
106-97-8 / 203-448-7 / 601-004-00-0	n-Butano	< 2.5	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
75-28-5 / 200-857-2 / 600-004-00-0	Iso-Butano	< 2.5	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
7727-37-9 / 231-783-9	Nitrógeno	< 15	Gases presurizados / Gases comprimidos - precaución / H280	-
124-38-9 / 204-696-9	Dióxido de carbono	< 6	Gases presurizados / Gases comprimidos - precaución / H280	-

¹ CAS Nº. Chemical Abstracts Service Registry Number. Número internacional para designar sustancias químicas.

² EC Nº. European Community Number. Número de identificación de sustancias químicas.

³ INDEX number. Número europeo asignado a sustancias químicas peligrosas de acuerdo con las disposiciones relativas a la clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas.

⁴ El texto completo de las frases H y R, mencionadas en esta sección, se indica en la sección 16.

110-01-0 / 203-728-9 / 613-087-00-0	Tetrahidro- tiofeno	< 0,001	Líquido y vapores muy inflamables / Categoría 2 / H225 Nocivo en caso de ingestión / Categoría 4 / H302 Nocivo en contacto con la piel / Categoría 4 / H312 Nocivo en caso de inhalación / Categoría 4 / H332 Provoca irritación ocular grave / Categoría 2 / H319 Provoca irritación cutánea / Categoría 2 / H315 Nocivo para el medio ambiente acuático / Categoría 3 / H412	F; R11 Xn; R20/21/22 Xi; R36/38 R52/53
--	------------------------	---------	--	---

4. Primeros auxilios

4.1. Advertencias generales

Trasladar a la víctima a un área no contaminada, en dirección contraria al viento desde el foco utilizando un equipo autónomo de respiración. Mantener a la víctima abrigada y en reposo. Solicitar asistencia médica.

En caso de inhalación

Trasladar a la víctima a un área no contaminada, utilizando un equipo autónomo de respiración. En caso necesario ayudarle a respirar. Mantener a la víctima abrigada y en reposo, al aire libre. Solicitar asistencia médica. Practicarle la respiración artificial si ha dejado de respirar.

En caso de contacto con la piel

No se esperan efectos adversos

En caso de contacto con los ojos

No se esperan efectos adversos

En caso de ingestión

La ingestión no se considera una vía de exposición al riesgo.

Autoprotección del socorrista

El socorrista debe utilizar un equipo autónomo de respiración para trasladar a la víctima desde la zona contaminada.

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

En elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas de la asfixia pueden manifestarse en la pérdida de movilidad y de conocimiento. La víctima puede no ser consciente de la asfixia.

En elevadas concentraciones puede causar también depresión del sistema nervioso central y sensibilización cardíaca. Los sensibilizadores cardíacos pueden causar la repentina aparición de una arritmia.

En bajas concentraciones puede producir efectos narcóticos. Los síntomas pueden manifestarse en mareo, jaqueca, náuseas y pérdida de coordinación.

4.3. Indicios de cualquier atención médica inmediata o tratamiento especial necesarios

Ninguno.

5. Medidas de lucha contra incendios

Detener la fuga o flujo de gas.

5.1. Medios de extinción apropiados

Material adecuado: Polvo seco.

Material adecuado con reservas: Dióxido de carbono, agua utilizando una tecnología de extinción apropiada. Los extintores portátiles de dióxido de carbono y de agua, en general, no son adecuados para extinguir incendios de gas.

5.2. Medios de extinción inapropiados

Espuma.

Chorro de agua de gran caudal.

5.3. Riesgos específicos derivados de la propia sustancia o mezcla, sus productos de la combustión o gases resultantes

En espacios confinados, no apagar las llamas antes de detener la fuga de gas, ya que, de lo contrario, pueden formarse mezclas explosivas.

La combustión incompleta puede producir monóxido de carbono (peligro de intoxicación).

5.4. Equipos de protección especiales para el personal de lucha contra incendios

Equipos autónomos de respiración cuando sea necesario. Prendas ignífugas y protectoras del calor.

5.5. Información complementaria

Garantizar la autoprotección.

Mantener alejado al personal no autorizado.

Acordonar el área de peligro y limitar una zona de seguridad.

Eliminar fuentes de ignición.

Enfriar el entorno con proyección de agua.

Enfriar los depósitos expuestos al riesgo rociándolos con agua, y si fuera necesario con chorro de agua pulverizada.

6. Medidas en caso de escape accidental

Detener la fuga.
Evitar fuentes de ignición.

6.1. Medidas de seguridad personales

Evacuar la zona de peligro y acordonarla ampliamente, mantener alejadas a todas las personas no autorizadas. En caso de fuga gas al aire libre, permanecer a barlovento. Facilitar una ventilación adecuada.
Antes de que el personal (sólo el autorizado) pueda entrar en la zona de peligro, debe determinarse la concentración de gas con un dispositivo adecuado para comprobar la inocuidad de la atmósfera.
Utilizar equipos de protección personal.
Garantizar la autoprotección.
Adoptar las medidas de protección de acuerdo con la sección 8.

6.2. Procedimiento para comprobar la ausencia de gas

Limitar una zona de seguridad.
Ventilar el espacio suficientemente.
Utilizar dispositivos de medida adecuados para comprobar la seguridad de la zona antes de entrar de nuevo en ella.

7. Manipulación y almacenamiento

7.1. Precauciones para una manipulación segura

El gas natural es transportado mediante sistemas autónomos (tuberías o depósitos, si es necesario).
La liberación intencionada de gas debe ser realizada únicamente por personal cualificado.
El gas natural es más ligero que el aire.

7.2. Información sobre las condiciones de almacenamiento

Los recipientes con gas natural no deben almacenarse junto con sustancias oxidantes y/o materiales combustibles o líquidos inflamables.
Los almacenes deben estar bien ventilados.
Los equipos, los sistemas de transporte o los recipientes deben mantenerse herméticamente cerrados.

7.3. Medidas de seguridad para la protección contra incendio o explosión

Cuando se manipule o almacene gas natural deben adoptarse medidas de prevención contra explosiones (p. e. controlar la ausencia de gas con dispositivos adecuados, ventilar, prevenir fuentes de ignición, designar zonas protegidas / zonas de peligro). Éstas deben ser definidas durante la valoración de los riesgos que debe realizarse previamente.

Grupo de explosión: II A
Clase de temperatura: T1
Clase de fuego: C

8. Control y límites de exposición / Protección individual

8.1. Valores límite de exposición: Límites nacionales de exposición laboral (OELs) / EU valores límite indicativos de exposición laboral

Límite de exposición para el gas natural:

- Concentración media ponderada en el tiempo 1.000 ppm.

Límite de exposición para el tetrahidrotiofeno:

- Concentración media ponderada en el tiempo 50 ppm.

A completar, si procede, de acuerdo con la legislación nacional

8.2. Control y límites de exposición

En caso de posible fuga de gas: Controlar la concentración de gas en la zona de trabajo o de peligro.

Para controlar la concentración de CH₄, deben utilizarse instrumentos y procedimientos de medida.

Evitar los riesgos derivados de una atmósfera explosiva:

Véase el documento BGR 104 "Explosion Protection Rules"

Al detectar concentraciones de gas:

Adoptar las medidas de protección necesarias de acuerdo con la valoración del riesgo.

Iniciar las actuaciones para la eliminación del peligro. Actuar según lo indicado en el apartado 6 "Medidas en caso de escape accidental".

8.3. Equipos de protección individual

Las medidas preventivas de carácter técnico y de organización del trabajo deben ser prioritarias frente al uso de equipos de protección individual. Sin embargo, si a pesar de las medidas anteriores se mantuviera alguna situación residual de riesgo, deben utilizarse equipos de protección apropiados.

Protección respiratoria

Utilizar protección respiratoria apropiada según el resultado de la valoración de riesgos.

En general, pueden seguirse las siguientes indicaciones: Si los filtros no son adecuados como medida preventiva (p. e. en caso de que la concentración de oxígeno en la atmósfera respirable sea inferior al 17 % o en caso de condiciones ambientales desconocidas) utilizar equipos de respiración autónomos.

Otros equipos de protección individual

Cuando se trabaje en canalizaciones de gas o en depósitos, deben adoptarse medidas de protección adecuadas para evitar lesiones (p. e. guantes de protección, gafas de seguridad, cascos, calzado de seguridad conductor, prendas de vestir ignífugas que cumplan la norma DIN EN 531, protección auditiva; véase también BGR 500, 2.31).

8.4. Protección del medio ambiente

Deberían evitarse las emisiones de gas al ambiente debido a su potencial efecto invernadero.

9. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas dependen de la composición del gas natural, que pueden variar dentro de un rango relativamente amplio. La tabla siguiente especifica rangos de dichas propiedades. Los valores que dependen de la presión del gas están referidos a la presión absoluta de 1.013,25 hPa.

9.1. Aspecto

Estado físico: Gaseoso

Color: Incoloro

Olor: Inodoro. Se puede odorizar de acuerdo con la hoja de trabajo DVGW G 280-1

9.2. Información relevante sobre las condiciones de seguridad e higiene en los puestos de trabajo y la protección del medio ambiente

- Aspecto / color: Incoloro
- Olor: El gas natural odorizado posee un olor acre parecido al de los huevos podridos
- Umbral de olor: El sulfuro de hidrógeno (odorizante) posee un umbral de olor de 0,005 ppm
- pH: No disponible
- Punto de fusión: - 182 °C
- Punto de ebullición: - 161 °C
 - Punto de inflamación: -180 °C - 188 °C
 - Velocidad de evaporación: No aplicable
 - Inflamabilidad (sólido, gas): Extremadamente inflamable
 - Límites de inflamabilidad: 5 a 15 (Vol % en aire)
 - Presión de vapor: 147 kPa (metano)
 - Densidad de vapor: 0,554 (metano) – 0,59 (valor típico) Aire = 1
- Densidad relativa: De 0,55 a 0,70 (a 15 °C y 101,3 kPa)
- Solubilidad: 22 mg/l (en agua a 25 °C)
- Coeficiente de reparto n-octanol/agua: 1,09 log Pow
- Temperatura de auto-inflamación: De 535 °C a 595 °C

- | | |
|---|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> Temperatura de descomposición: | No hay datos disponibles |
| <input type="checkbox"/> Viscosidad: | No hay datos disponibles |
| • Propiedades explosivas (acc. Legislación EU): | No explosivo |
| <input type="checkbox"/> Propiedades comburentes: | No aplicable |

10. Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Puede formar una mezcla explosiva con el oxígeno del aire. No hay riesgo de polimerización.

10.2. Estabilidad química

Estable en condiciones normales de presión y temperatura.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Sólo es extremadamente inflamable, no es tóxico, ni irritante, ni sensibilizador, ni cancerígeno, ni tóxico para la reproducción, ni mutagénico, ni teratogénico.

Puede formar mezclas explosivas en contacto con el aire.

Puede reaccionar violentamente con oxidantes.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, superficies calientes y llamas.

No fumar.

10.5. Materiales incompatibles

Materiales incompatibles: Halógenos y oxidantes (agentes oxidantes fuertes).

10.6. Productos de descomposición peligrosos

En condiciones normales de utilización y almacenamiento no es previsible la formación de productos de descomposición peligrosos.

11. Información toxicológica

- Efectos tóxicos agudos: No se conocen efectos toxicológicos de este producto.
- Corrosión o irritación cutánea: No se conocen efectos de este producto.
- Lesiones o irritación ocular graves: No se conocen efectos de este producto.
- Corrosividad: No se conocen efectos de este producto.

- Sensibilización: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad de dosis reiteradas: No se conocen efectos de este producto.
- Efectos carcinógenos: No se conocen efectos de este producto.
- Efectos mutágenos: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad para la reproducción: No se conocen efectos de este producto.
- Mutación de células embrionarias: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad específica sobre determinados órganos (exposición única): No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad específica sobre determinados órganos (exposiciones repetidas): No se conocen efectos de este producto.

12. Información medioambiental

12.1. Ecotoxicidad

Toxicidad para peces, invertebrados acuáticos, plantas acuáticas, organismos terrestres, plantas terrestres y otros mamíferos terrestres incluidos los pájaros: No tóxico.

12.2. Migración entre medios

El cálculo efectuado de acuerdo con el método de Mackay, nivel I, para la distribución dentro de los compartimentos ambientales de aire, biota, sedimentos, suelo y agua, muestran que el 100% de los hidrocarburos metano, etano, propano y butano se vuelven a distribuir en el aire.

12.3. Persistencia y degradabilidad

Los hidrocarburos considerados no se hidrolizan en el agua.

Los hidrocarburos metano, etano, propano y butano son eliminados fundamentalmente mediante un proceso de fotólisis indirecta.

Sus productos de degradación son dióxido de carbono y agua.

12.4. Potencial de bioacumulación

No se conocen efectos de bioacumulación para el metano, etano, propano y butano.

13. Consideraciones sobre la eliminación

Debe evitarse la liberación de gas natural a la atmósfera debido a su potencial como gas de efecto invernadero.

La posibilidad de reciclar o quemar el gas debe evaluarse caso por caso.

Pequeñas cantidades de gas natural pueden ser liberadas a la atmósfera de forma segura (en zonas de protección definidas).

Grandes cantidades de gas natural pueden ser quemadas de forma controlada en caso necesario.

La liberación intencionada de gas natural en cantidades peligrosas (tal como se definen en BGR 104) en espacios cerrados no está permitida.

14. Información sobre el transporte

El transporte del gas natural se realiza a través de gasoductos, y si es necesario también se transporta en cilindros de acero u otro tipo de contenedores.

14.1. Transporte por vía terrestre (ADR ⁵ / RID ⁶ / GGVSE)

Descripción de la mercancía:	Gas natural, comprimido, con elevada concentración de metano.
Clase:	2
Código de clasificación:	1F UN
Nº:	1971
Panel de advertencia / nº de peligro:	23
Etiqueta de peligro:	2.1
Instrucciones de envasado:	P 200
Riesgos para el medio ambiente:	Ninguno

14.2. Transporte marítimo (IMDG ⁷ / GGV Sea)

Descripción de la mercancía:	Gas natural, comprimido.
Clase:	2.1
UN nº:	1971
Contaminantes marinos:	No
Etiqueta de peligro:	2.1
EmS ^{8,9,10} :	F-D, S-U
Instrucciones de envasado:	P 200
Riesgos para el medio ambiente:	Ninguno

14.3. Transporte por vía aérea (ICAO ¹² / IATA ¹³)

Descripción de la mercancía:	Gas natural, comprimido.
Clase:	2.1
UN nº:	1971
Contaminantes marinos:	No
Etiqueta de peligro:	2.1
Instrucciones de envasado:	P 200

(permitido sólo en aviones de carga)

⁵ ADR. Accord européen relatif au transport International des marchandises dangereuses par route.

⁶ RID. Regulations concerning international carriage of dangerous goods by rail.

⁷ IMDG. International Maritime Dangerous Goods Code.

⁸ Emergency procedures for ships carrying dangerous goods.

⁹ ICAO. International Civil Aviation Organization.

¹⁰ IATA. International Air Transport Association.

Riesgos para el medio ambiente: Ninguno

15. Información sobre reglamentación

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

15.1.1. Reglamentos de la UE

En julio de 2009, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron una nueva Directiva (Directiva 2009/73/EC), con el objeto de introducir unas reglas comunes para el transporte, distribución, suministro y almacenamiento de gas natural. La Directiva hace referencia principalmente al gas natural, el GNL, el biogás y el gas de biomasa.

15.1.2. Reglamentos nacionales

A completar con la información nacional.

15.2. Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química para esta sustancia (gas natural odorizado) por parte del suministrador.

16. Otra información

La información enumerada en esta ficha describe únicamente las exigencias de seguridad del producto y está basada en el estado actual del conocimiento. No es una garantía de cualquier propiedad específica del producto descrito. Los detalles recogidos en este documento se consideraron correctos en el momento de prepararlo. Aunque la preparación de este documento se ha realizado con la mayor atención, no puede aceptarse ninguna responsabilidad por lesiones o daños resultantes de su uso.

NOTA

Abreviaciones y acrónimos:

- F Fácilmente inflamable
- F+ Extremadamente inflamable
- Xi Irritante
- Xn Nocivo
- H220 Gas extremadamente inflamable.
- H225 Líquido y vapores muy inflamables
- H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
- H302 Nocivo en caso de ingestión
- H312 Nocivo en contacto con la piel
- H315 Provoca irritación cutánea
- H319 Provoca irritación ocular grave
- H332 Nocivo en caso de inhalación

- H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
- R11 Fácilmente inflamable
- R12 Extremadamente inflamable
- R20/21/22 Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
- R36/38 Irrita los ojos y la piel
- R52/53 Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

	FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Página
		Número de revisión:
	GAS NATURAL (Sin odorizante)	Fecha: DD/MM/AAA
		Reemplaza

1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto

Nombre comercial/denominación:	Gas natural (sin odorizante)
EC Nº ¹¹ :	232-343-9
CAS Nº ¹² :	8006-14-2

1.2. Usos específicos del producto o la mezcla

- Fuente de energía para su utilización como combustible en los sectores doméstico, comercial e industrial.
- Carburante para motores de combustión interna y turbinas de gas.
- Materia prima en el sector industrial.

1.3. Datos del proveedor

A cumplimentar por cada empresa

- Nombre de la empresa
- Dirección
- Teléfono y fax
- Correo electrónico

1.4. Teléfonos de emergencia

A cumplimentar por cada empresa

¹¹ European Community Number

¹² Chemical Abstracts Service Registry Number

2. Riesgos potenciales

Clasificación de la sustancia o mezcla

2.1. Clasificación de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo (GHS/CLP) ³

Clasificación CLP El producto está clasificado como peligroso de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008

Tipo de riesgo / Categoría	Advertencias de seguridad ⁴
Gas extremadamente inflamable /Categoría 1	H220
Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.	H280

2.2. Clasificación de conformidad con la Directiva 1999/45/EC y la Directiva 67/548/EEC

Clasificación El producto está clasificado como peligroso según la Directiva 67/548/EEC

Símbolo del riesgo y descripción	Frases R ⁵
F+ Extremadamente inflamable	R12

2.3. Etiquetado de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008 (GHS/CLP)

Símbolo:	
Palabra de advertencia:	Peligro
Indicaciones de riesgo:	H220 Gas extremadamente inflamable. H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
Instrucciones de seguridad:	

³ GHS. Global harmonized system (of classification and labelling of chemicals)
CLP. Classification for labelling and packaging.

⁴ Ver texto completo de las advertencias en la nota al final del documento. ⁵
Ver texto completo de las frases R en la nota al final del documento.

Medidas preventivas:	P102	Mantener fuera del alcance de los niños.
	P210	Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llamas abiertas o superficies calientes. No fumar.
	P243	Adoptar medidas preventivas contra descargas eléctricas estáticas.
	P377	En caso de fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.
	P381	Eliminar todas las fuentes de ignición, si es seguro hacerlo.
Posibles reacciones:	P410+P403:	Proteger de la radiación solar y almacenar en lugares bien ventilados

2.4. Etiquetado de conformidad con la Directiva 1999/45/EC y la Directiva 67/548/EEC

Símbolo y descripción del riesgo	
Frases R:	R12 Extremadamente inflamable.
Frases S:	S2 Mantener fuera del alcance de los niños.
	S9 Guardar los contenedores en lugares bien ventilados.
	S16 Mantener alejado de fuentes de ignición. No fumar.
	S33 Adoptar medidas preventivas contra descargas eléctricas estáticas.

2.5. Otros peligros para las personas y el medio ambiente

Forma mezclas explosivas con el aire; riesgo de explosión dentro de los límites de inflamabilidad.

Gas de efecto narcótico muy débil.

A elevadas concentraciones, peligro de asfixia por desplazamiento del oxígeno.

Peligros debidos a la descompresión en caso de liberación intencionada o accidental del gas:

- Ruido
- Onda expansiva
- Lesiones cutáneas causada por congelación

El gas inflamado puede causar quemaduras. Los productos de la combustión pueden ser un peligro para la salud.

Gas de efecto invernadero.

Otras consideraciones a tener en cuenta:

Los trabajos en las redes de transporte y distribución, así como en las instalaciones receptoras deben ser realizados únicamente por personal especialista familiarizado con los riesgos asociados y las precauciones necesarias.

3. Composición / Información sobre los componentes

3.1. Caracterización química

Mezcla de hidrocarburos y gases inertes, cuyas proporciones relativas pueden variar dentro de los siguientes límites redondeados.

3.2. Componentes peligrosos

CAS Nº ¹³ / EC Nº ¹⁴ / INDEX number ¹⁵	Nombre químico	% (v/v)	Clase de riesgo / Categoría / Advertencias	Información sobre el riesgo. Frases-R ¹⁶
74-82-8 / 200-812-7 / 601-001-00-4	Metano	75 ÷ 99	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases comprimidos / H280	F+; R12
74-84-0 / 200-814-8 / 601-002-00-X	Etano	< 12	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
74-98-6 / 200-827-9 / 601-003-00-5	Propano	< 6	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
106-97-8 / 203-448-7 / 601-004-00-0	<i>n</i> -Butano	< 2.5	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
75-28-5 / 200-857-2 / 600-004-00-0	Iso-Butano	< 2.5	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
7727-37-9 / 231-783-9	Nitrógeno ¹⁾	< 15	Gases presurizados / Gases comprimidos - precaución / H280	-
124-38-9 / 204-696-9	Dióxido de carbono ²⁾	< 6	Gases presurizados / Gases comprimidos - precaución / H280	-

4. Primeros auxilios

¹³ CAS Nº. Chemical Abstracts Service Registry Number. Número internacional para designar sustancias químicas.

¹⁴ EC Nº. European Community Number. Número de identificación de sustancias químicas.

¹⁵ INDEX number. Número europeo asignado a sustancias químicas peligrosas de acuerdo con las disposiciones relativas a la clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas.

¹⁶ El texto completo de las frases H y R, mencionadas en esta sección, se indica en la sección 16.

4.1. Advertencias generales

Trasladar a la víctima a un área no contaminada, en dirección contraria al viento desde el foco utilizando un equipo autónomo de respiración. Mantener a la víctima abrigada y en reposo. Solicitar asistencia médica.

En caso de inhalación

Trasladar a la víctima a un área no contaminada, utilizando un equipo autónomo de respiración. En caso necesario ayudarle a respirar. Mantener a la víctima abrigada y en reposo, al aire libre. Solicitar asistencia médica. Practicarle la respiración artificial si ha dejado de respirar.

En caso de contacto con la piel

No se esperan efectos adversos

En caso de contacto con los ojos

No se esperan efectos adversos

En caso de ingestión

La ingestión no se considera una vía de exposición al riesgo.

Autoprotección del socorrista

El socorrista debe utilizar un equipo autónomo de respiración para trasladar a la víctima desde la zona contaminada.

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

En elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas de la asfixia pueden manifestarse en la pérdida de movilidad y de conocimiento. La víctima puede no ser consciente de la asfixia.

En elevadas concentraciones puede causar también depresión del sistema nervioso central y sensibilización cardíaca. Los sensibilizadores cardíacos pueden causar la repentina aparición de una arritmia.

En bajas concentraciones puede producir efectos narcóticos. Los síntomas pueden manifestarse en mareo, jaqueca, náuseas y pérdida de coordinación.

4.3. Indicios de cualquier atención médica inmediata o tratamiento especial necesarios

Ninguno.

5. Medidas de lucha contra incendios

Detener la fuga o flujo de gas.

5.1. Medios de extinción apropiados

Material adecuado: Polvo seco.

Material adecuado con reservas: Dióxido de carbono, agua utilizando una tecnología de extinción apropiada. Los extintores portátiles de dióxido de carbono y de agua, en general, no son adecuados para extinguir incendios de gas.

5.2. Medios de extinción inapropiados

Espuma.

Chorro de agua de gran caudal.

5.3. Riesgos específicos derivados de la propia sustancia o mezcla, sus productos de la combustión o gases resultantes

En espacios confinados, no apagar las llamas antes de detener la fuga de gas, ya que, de lo contrario, pueden formarse mezclas explosivas.

La combustión incompleta puede producir monóxido de carbono (peligro de intoxicación).

5.4. Equipos de protección especiales para el personal de lucha contra incendios

Equipos autónomos de respiración cuando sea necesario. Prendas ignífugas y protectoras del calor.

5.5. Información complementaria

Garantizar la autoprotección.

Mantener alejado al personal no autorizado.

Acordonar el área de peligro y limitar una zona de seguridad.

Eliminar fuentes de ignición.

Enfriar el entorno con proyección de agua.

Enfriar los depósitos expuestos al riesgo rociándolos con agua, y si fuera necesario con chorro de agua pulverizada.

6. Medidas en caso de escape accidental

Detener la fuga.

Evitar fuentes de ignición.

6.1. Medidas de seguridad personales

Evacuar la zona de peligro y acordonarla ampliamente, mantener alejadas a todas las personas no autorizadas. En caso de fuga gas al aire libre, permanecer a barlovento.

Facilitar una ventilación adecuada.

Antes de que el personal (sólo el autorizado) pueda entrar en la zona de peligro, debe determinarse la concentración de gas con un dispositivo adecuado para comprobar la inocuidad de la atmósfera.

Utilizar equipos de protección personal.

Garantizar la autoprotección.

Adoptar las medidas de protección de acuerdo con la sección 8.

6.2. Procedimiento para comprobar la ausencia de gas

Limitar una zona de seguridad.

Ventilar el espacio suficientemente.

Utilizar dispositivos de medida adecuados para comprobar la seguridad de la zona antes de entrar de nuevo en ella.

7. Manipulación y almacenamiento**7.1. Precauciones para una manipulación segura**

El gas natural es transportado mediante sistemas autónomos (tuberías o depósitos, si es necesario).

La liberación intencionada de gas debe ser realizada únicamente por personal cualificado.

El gas natural es más ligero que el aire.

7.2. Información sobre las condiciones de almacenamiento

Los recipientes con gas natural no deben almacenarse junto con sustancias oxidantes y/o materiales combustibles o líquidos inflamables.

Los almacenes deben estar bien ventilados.

Los equipos, los sistemas de transporte o los recipientes deben mantenerse herméticamente cerrados.

7.3. Medidas de seguridad para la protección contra incendio o explosión

Cuando se manipule o almacene gas natural deben adoptarse medidas de prevención contra explosiones (p. e. controlar la ausencia de gas con dispositivos adecuados, ventilar, prevenir fuentes de ignición, designar zonas protegidas / zonas de peligro).

Éstas deben ser definidas durante la valoración de los riesgos que debe realizarse previamente.

Grupo de explosión: II A

Clase de temperatura: T1

Clase de fuego: C

8. Control y límites de exposición / Protección individual**8.1. Valores límite de exposición: Límites nacionales de exposición laboral (OELs) / EU valores límite indicativos de exposición laboral**

Límite de exposición:

- Concentración media ponderada en el tiempo 1.000 ppm.

A completar, si procede, de acuerdo con la legislación nacional.

8.2. Control y límites de exposición

En caso de posible fuga de gas: Controlar la concentración de gas en la zona de trabajo o de peligro.

Para controlar la concentración de CH₄, deben utilizarse instrumentos y procedimientos de medida apropiados.

Evitar los riesgos derivados de una atmósfera explosiva:
Véase el documento BGR 104 "Explosion Protection Rules"

Al detectar concentraciones de gas:

Adoptar las medidas de protección necesarias de acuerdo con la valoración del riesgo. Iniciar las actuaciones para la eliminación del peligro. Actuar según lo indicado en el apartado 6 "Medidas en caso de escape accidental".

8.3. Equipos de protección individual

Las medidas preventivas de carácter técnico y de organización del trabajo deben ser prioritarias frente al uso de equipos de protección individual. Sin embargo, si a pesar de las medidas anteriores se mantuviera alguna situación residual de riesgo, deben utilizarse equipos de protección apropiados.

Protección respiratoria

Utilizar protección respiratoria apropiada según el resultado de la valoración de riesgos.

En general, pueden seguirse las siguientes indicaciones: Si los filtros no son adecuados como medida preventiva (p. e. en caso de que la concentración de oxígeno en la atmósfera respirable sea inferior al 17 % o en caso de condiciones ambientales desconocidas) utilizar equipos de respiración autónomos.

Otros equipos de protección individual

Cuando se trabaje en canalizaciones de gas o en depósitos, deben adoptarse medidas de protección adecuadas para evitar lesiones (p. e. guantes de protección, gafas de seguridad, cascos, calzado de seguridad conductor, prendas de vestir ignífugas que cumplan la norma DIN EN 531, protección auditiva; véase también BGR 500, 2.31).

8.4. Protección del medio ambiente

Deberían evitarse las emisiones de gas al ambiente debido a su potencial efecto invernadero.

9. Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas dependen de la composición del gas natural, que pueden variar dentro de un rango relativamente amplio. La tabla siguiente especifica

rangos de dichas propiedades. Los valores que dependen de la presión del gas están referidos a la presión absoluta de 1.013,25 hPa.

9.1. Aspecto

Estado físico: Gaseoso

Color: Incoloro

Olor: Inodoro. Se puede odorizar de acuerdo con la hoja de trabajo DVGW G 280-1

9.2. Información relevante sobre las condiciones de seguridad e higiene en los puestos de trabajo y la protección del medio ambiente

- Aspecto / color: Incoloro
- Olor: Inodoro. El gas natural odorizado posee un olor acre parecido al de los huevos podridos
- Umbral de olor: El sulfuro de hidrógeno (odorizante) posee un umbral de olor de 0,005 ppm
- pH: No disponible
- Punto de fusión: - 182 °C
 - Punto de ebullición: - 161 °C
 - Punto de inflamación: -180 °C - 188 °C
 - Velocidad de evaporación: No aplicable
 - Inflamabilidad (sólido, gas): Extremadamente inflamable
 - Límites de inflamabilidad: 5 a 15 (Vol % en aire)
 - Presión de vapor: 147 kPa (metano)
 - Densidad de vapor: 0,554 (metano) – 0,59 (valor típico) Aire = 1
- Densidad relativa: De 0,55 a 0,70 (a 15 °C y 101,3 kPa)
- Solubilidad: 22 mg/l (en agua a 25 °C)
- Coeficiente de reparto n-octanol/agua: 1,09 log Pow
- Temperatura de auto-inflamación: De 535 °C a 595 °C
- Temperatura de descomposición: No hay datos disponibles
- Viscosidad: No hay datos disponibles
- Propiedades explosivas (acc. Legislación EU): No explosivo
- Propiedades comburentes: No aplicable

10. Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Puede formar una mezcla explosiva con el oxígeno del aire. No hay riesgo de polimerización.

10.2. Estabilidad química

Estable en condiciones normales de presión y temperatura.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Sólo es extremadamente inflamable, no es tóxico, ni irritante, ni sensibilizador, ni cancerígeno, ni tóxico para la reproducción, ni mutagénico, ni teratogénico.

Puede formar mezclas explosivas en contacto con el aire.

Puede reaccionar violentamente con oxidantes.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, superficies calientes y llamas.

No fumar.

10.5. Materiales incompatibles

Materiales incompatibles: Halógenos y oxidantes (agentes oxidantes fuertes).

10.6. Productos de descomposición peligrosos

En condiciones normales de utilización y almacenamiento no es previsible la formación de productos de descomposición peligrosos.

11. Información toxicológica

- Efectos tóxicos agudos: No se conocen efectos toxicológicos de este producto.
- Corrosión o irritación cutánea: No se conocen efectos de este producto.
- Lesiones o irritación ocular graves: No se conocen efectos de este producto.
- Corrosividad: No se conocen efectos de este producto.
- Sensibilización: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad de dosis reiteradas: No se conocen efectos de este producto.
- Efectos carcinógenos: No se conocen efectos de este producto.
- Efectos mutágenos: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad para la reproducción: No se conocen efectos de este producto.
- Mutación de células embrionarias: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad específica sobre determinados órganos (exposición única): No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad específica sobre determinados órganos (exposiciones repetidas): No se conocen efectos de este producto.

12. Información medioambiental**12.1. Ecotoxicidad**

Toxicidad para peces, invertebrados acuáticos, plantas acuáticas, organismos terrestres, plantas terrestres y otros mamíferos terrestres incluidos los pájaros: No tóxico.

12.2. Migración entre medios

El cálculo efectuado de acuerdo con el método de Mackay, nivel I, para la distribución dentro de los compartimentos ambientales de aire, biota, sedimentos, suelo y agua, muestran que el 100% de los hidrocarburos metano, etano, propano y butano se vuelven a distribuir en el aire.

12.3. Persistencia y degradabilidad

Los hidrocarburos considerados no se hidrolizan en el agua.
Los hidrocarburos metano, etano, propano y butano son eliminados fundamentalmente mediante un proceso de fotólisis indirecta.
Sus productos de degradación son dióxido de carbono y agua.

12.4. Potencial de bioacumulación

No se conocen efectos de bioacumulación para el metano, etano, propano y butano.

13. Consideraciones sobre la eliminación

Debe evitarse la liberación de gas natural a la atmósfera debido a su potencial como gas de efecto invernadero.

La posibilidad de reciclar o quemar el gas debe evaluarse caso por caso.

Pequeñas cantidades de gas natural pueden ser liberadas a la atmósfera de forma segura (en zonas de protección definidas).

Grandes cantidades de gas natural pueden ser quemadas de forma controlada en caso necesario.

La liberación intencionada de gas natural en cantidades peligrosas (tal como se definen en BGR 104) en espacios cerrados no está permitida.

14. Información sobre el transporte

El transporte del gas natural se realiza a través de gasoductos, y si es necesario también se transporta en cilindros de acero u otro tipo de contenedores.

14.1. Transporte por vía terrestre (ADR ¹⁰ / RID ¹¹ / GGVSE)

Descripción de la mercancía:	Gas natural, comprimido, con elevada concentración de metano.
Clase:	2
Código de clasificación:	1F UN
Nº:	1971
Panel de advertencia / nº de peligro:	23
Etiqueta de peligro:	2.1
Instrucciones de envasado:	P 200
Riesgos para el medio ambiente:	Ninguno

14.2. Transporte marítimo (IMDG ¹² / GGV Sea)

Descripción de la mercancía:	Gas natural, comprimido.
Clase:	2.1
UN nº:	1971
Contaminantes marinos:	No

¹⁰

ADR. Accord européen relatif au transport International des marchandises dangereuses par route.

¹¹

RID. Regulations concerning international carriage of dangerous goods by rail.

¹²

IMDG. International Maritime Dangerous Goods Code.

Etiqueta de peligro:	2.1
EmS ¹³ :	F-D, S-U
Instrucciones de envasado:	P 200
Riesgos para el medio ambiente:	Ninguno

14.3. Transporte por vía aérea (ICAO ¹⁴ / IATA ¹⁵)

Descripción de la mercancía:	Gas natural, comprimido.
Clase:	2.1
UN nº:	1971
Contaminantes marinos:	No
Etiqueta de peligro:	2.1
Instrucciones de envasado:	P 200
(permitido sólo en aviones de carga)	
Riesgos para el medio ambiente:	Ninguno

15. Información sobre reglamentación**15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla**

15.1.1. Reglamentos de la UE

En julio de 2009, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron una nueva Directiva (Directiva 2009/73/EC), con el objeto de introducir unas reglas comunes para el transporte, distribución, suministro y almacenamiento de gas natural. La Directiva hace referencia principalmente al gas natural, el GNL, el biogás y el gas de biomasa.

15.1.2. Reglamentos nacionales

A completar con la información nacional.

15.2. Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química para esta sustancia (gas natural) por parte del suministrador.

16. Otra información

La información enumerada en esta ficha describe únicamente las exigencias de seguridad del producto y está basada en el estado actual del conocimiento. No es una garantía de cualquier propiedad específica del producto descrito. Los detalles recogidos en este documento se

¹³

Emergency procedures for ships carrying dangerous goods.

¹⁴

ICAO. International Civil Aviation Organization.

¹⁵

IATA. International Air Transport Association.

consideraron correctos en el momento de prepararlo. Aunque la preparación de este documento se ha realizado con la mayor atención, no puede aceptarse ninguna responsabilidad por lesiones o daños resultantes de su uso.

NOTA

Abreviaciones y acrónimos:

- F+ Extremadamente inflamable
- H220 Gas extremadamente inflamable.
- H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
- R12 Extremadamente inflamable

	FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Página
		Número de revisión:
	GAS NATURAL LICUADO (GNL)	Fecha: DD/MM/AAA
		Reemplaza

Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto

Nombre comercial/denominación:	Gas natural (sin odorizante)
EC N ^o ¹⁷ :	232-343-9
CAS N ^o ¹⁸ :	8006-14-2

1.2. Usos específicos del producto o la mezcla

- Fuente de energía para su utilización como combustible en los sectores doméstico, comercial e industrial.
- Carburante para motores de combustión interna y turbinas de gas.
- Materia prima en el sector industrial.

1.3. Datos del proveedor

A cumplimentar por cada empresa

- Nombre de la empresa
- Dirección
- Teléfono y fax
- Correo electrónico

1.4. Teléfonos de emergencia

A cumplimentar por cada empresa

Servicio de información Toxicológica
 Instituto Nacional de Toxicología
 Departamento de Madrid +34 915 620 420

¹⁷ European Community Number

¹⁸ Chemical Abstracts Service Registry Number

Riesgos potenciales

Clasificación de la sustancia o mezcla

2.1. Clasificación de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo (GHS/CLP) ³

Clasificación CLP El producto está clasificado como peligroso de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008

Tipo de riesgo / Categoría	Advertencias de seguridad ⁴
Gas extremadamente inflamable /Categoría 1	H220
Gas licuado refrigerado	H281

2.2. Clasificación de conformidad con la Directiva 1999/45/EC y la Directiva 67/548/EEC

Clasificación El producto está clasificado como peligroso según la Directiva 67/548/EEC

Símbolo del riesgo y descripción	Frases R ⁵
F+ Extremadamente inflamable	R12

2.3. Etiquetado de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1272/2008 (GHS/CLP)

Símbolo:	
Palabra de advertencia:	Peligro
Indicaciones de riesgo:	H220 Gas extremadamente inflamable. H281 Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.
Instrucciones de seguridad:	

³

GHS. Global harmonized system (of classification and labelling of chemicals)

CLP. Classification for labelling and packaging.

⁴ Ver texto completo de las advertencias en la nota al final del documento.⁵ Ver texto completo de las frases R en la nota al final del documento.

Medidas preventivas:	P102	Mantener fuera del alcance de los niños.
	P210	Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llamas abiertas o superficies calientes. No fumar.
	P282	Llevar guantes que aíslen del frío/gafas/máscara.
	P315	Consultar a un médico inmediatamente.
	P336	Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada.
	P377	En caso de fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.
	P381	Eliminar todas las fuentes de ignición, si es seguro hacerlo.
	P403	Almacenar en un lugar bien ventilado.
Posibles reacciones:	P403:	Almacenar en lugares bien ventilados

2.4. Etiquetado de conformidad con la Directiva 1999/45/EC y la Directiva 67/548/EEC

Símbolo y descripción del riesgo	
Frases R:	R12 Extremadamente inflamable.
Frases S:	S2 Mantener fuera del alcance de los niños.
	S9 Guardar los contenedores en lugares bien ventilados.
	S16 Mantener alejado de fuentes de ignición. No fumar.
	S33 Adoptar medidas preventivas contra descargas eléctricas estáticas.

2.5. Otros peligros para las personas y el medio ambiente

Peligros en caso de liberación intencionada o accidental del gas:

- Lesiones cutáneas causada por congelación.
- Al evaporarse, la fase gaseosa forma mezclas explosivas con el aire; riesgo de explosión dentro de los límites de inflamabilidad.
- Gas de efecto narcótico muy débil.
- A elevadas concentraciones, peligro de asfixia por desplazamiento del oxígeno.
- El gas inflamado puede causar quemaduras. Los productos de la combustión pueden ser un peligro para la salud. □ Gas de efecto invernadero.

Otras consideraciones a tener en cuenta:

Los trabajos en las instalaciones de GNL deben ser realizados únicamente por personal especialista familiarizado con los riesgos asociados y las precauciones necesarias.

Composición / Información sobre los componentes

3.1. Caracterización química

Mezcla de hidrocarburos y gases inertes, cuyas proporciones relativas pueden variar dentro de los siguientes límites redondeados.

3.2. Componentes peligrosos

CAS Nº ¹⁹ / EC Nº ²⁰ / INDEX number ²¹	Nombre químico	% (v/v)	Clase de riesgo / Categoría / Advertencias	Información sobre el riesgo. Frases-R ²²
74-82-8 / 200-812-7 / 601-001-00-4	Metano	75 ÷ 99	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases comprimidos / H280	F+; R12
74-84-0 / 200-814-8 / 601-002-00-X	Etano	< 12	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
74-98-6 / 200-827-9 / 601-003-00-5	Propano	< 6	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
106-97-8 / 203-448-7 / 601-004-00-0	n-Butano	< 2.5	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
75-28-5 / 200-857-2 / 600-004-00-0	Iso-Butano	< 2.5	Gases inflamables / Categoría 1 / H220 Gases presurizados / Gases licuados / H280	F+; R12
7727-37-9 / 231-783-9	Nitrógeno ¹⁾	< 15	Gases presurizados / Gases comprimidos - precaución / H280	-
124-38-9 / 204-696-9	Dióxido de carbono ²⁾	< 6	Gases presurizados / Gases comprimidos - precaución / H280	-

¹⁹ CAS Nº. Chemical Abstracts Service Registry Number. Número internacional para designar sustancias químicas.

²⁰ EC Nº. European Community Number. Número de identificación de sustancias químicas.

²¹ INDEX number. Número europeo asignado a sustancias químicas peligrosas de acuerdo con las disposiciones relativas a la clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas.

²² El texto completo de las frases H y R, mencionadas en esta sección, se indica en la sección 16.

Primeros auxilios

4.1. Advertencias generales

Trasladar a la víctima a un área no contaminada, en dirección contraria al viento desde el foco utilizando un equipo autónomo de respiración. Mantener a la víctima abrigada y en reposo. Solicitar asistencia médica.

En caso de inhalación

Trasladar a la víctima a un área no contaminada, utilizando un equipo autónomo de respiración. En caso necesario ayudarle a respirar. Mantener a la víctima abrigada y en reposo, al aire libre. Solicitar asistencia médica. Practicarle la respiración artificial si ha dejado de respirar.

En caso de contacto con la piel

Si se produce congelación, aclarar con abundante agua. No quitar la ropa al afectado. Sumergirle en agua fresca o aplicar compresas húmedas. Mantenerle tranquilo, tapado y caliente, y a cubierto del posible riesgo de incendio.

Solicitar asistencia médica.

Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.

En caso de contacto con los ojos

Enjuagar inmediatamente con abundante agua, también debajo de los párpados, al menos durante 15 minutos. Consultar con un médico.

En caso de ingestión

Enjuagar inmediatamente la boca con agua y beber agua en abundancia. Consultar con un médico.

Autoprotección del socorrista

El socorrista debe utilizar los equipos de protección individual indicados en la sección 8.3.

Nunca suministrar por vía oral algo a una persona que esté sin conocimiento o tenga contracciones espasmódicas.

En caso de duda solicitar asistencia médica.

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

En contacto con la piel puede causar congelación.

En caso de fuga, la fase gaseosa en elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas de la asfixia pueden manifestarse en la pérdida de movilidad y de conocimiento. La víctima puede no ser consciente de la asfixia.

En elevadas concentraciones puede causar también depresión del sistema nervioso central y sensibilización cardíaca. Los sensibilizadores cardíacos pueden causar la repentina aparición de una arritmia.

En bajas concentraciones puede producir efectos narcóticos. Los síntomas pueden manifestarse en mareo, jaqueca, náuseas y pérdida de coordinación.

4.3. Indicios de cualquier atención médica inmediata o tratamiento especial necesarios

Ninguno.

Medidas de lucha contra incendios

Existe riesgo de incendio en caso de inflamación de la fase gaseosa tras una fuga de líquido.

Siempre que sea posible se intentará, en primer lugar, localizar y detener la fuga o flujo de líquido.

5.1. Medios de extinción apropiados

Material adecuado: Polvo seco.

Material adecuado con reservas: Dióxido de carbono, agua utilizando una tecnología de extinción apropiada. Los extintores portátiles de dióxido de carbono y de agua, en general, no son adecuados para extinguir incendios de gas.

5.2. Medios de extinción inapropiados

Espuma.

Chorro de agua de gran caudal.

5.3. Riesgos específicos derivados de la propia sustancia o mezcla, sus productos de la combustión o gases resultantes

Gas extremadamente inflamable. Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden extenderse a ras del suelo a gran distancia.

El fuego o el calor intenso pueden provocar la ruptura violenta de los contenedores. En espacios confinados, no apagar las llamas antes de detener la fuga de gas, ya que, de lo contrario, pueden formarse mezclas explosivas.

La combustión puede producir productos de descomposición peligrosos (peligro de intoxicación).

5.4. Equipos de protección especiales para el personal de lucha contra incendios

Equipos autónomos de respiración cuando sea necesario. Prendas ignífugas y protectoras del calor.

5.5. Información complementaria

Garantizar la autoprotección.

Mantener alejado al personal no autorizado.

Acordonar el área de peligro y limitar una zona de seguridad.

Eliminar fuentes de ignición.

Enfriar el entorno con proyección de agua.

Enfriar los depósitos expuestos al riesgo rociándolos con agua, y si fuera necesario con chorro de agua pulverizada.

Medidas en caso de escape o vertido accidental

Detener la fuga.
Evitar fuentes de ignición.

6.1. Medidas de seguridad personales

Evacuar la zona de peligro y acordonarla ampliamente, mantener alejadas a todas las personas no autorizadas. En caso de fuga gas al aire libre, permanecer a barlovento. Facilitar una ventilación adecuada.

Antes de que el personal (sólo el autorizado) pueda entrar en la zona de peligro, debe determinarse la concentración de gas con un dispositivo adecuado para comprobar la inocuidad de la atmósfera.

Utilizar equipos de protección personal.

Garantizar la autoprotección.

Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa.

No respirar los aerosoles.

Mantener alejadas las fuentes de calor, los dispositivos susceptibles de producir chispas, las llamas abiertas o superficies calientes. No fumar.

Utilizar únicamente herramientas que no puedan producir chispas.

Asegurarse de que todos los equipos dispongan de una toma de tierra efectiva antes de empezar cualquier operación.

Sólo debe intervenir personal cualificado dotado de equipo de protección. Adoptar las medidas de protección de acuerdo con la sección 8.

6.2. Procedimiento para comprobar la ausencia de gas

Limitar una zona de seguridad.

Ventilar el espacio suficientemente.

Utilizar dispositivos de medida adecuados para comprobar la seguridad de la zona antes de entrar de nuevo en ella.

6.3. Precauciones relativas al medio ambiente

Evitar que los eventuales vertidos penetren en la red de alcantarillado.

6.4. Métodos y material de contención y de limpieza

Impedir nuevos escapes o derrames. Dejar evaporar los derrames producidos si no existe riesgo de inflamación.

Limpiar la zona afectada con agua a presión y arrastrar los posibles residuos generados.

Manipulación y almacenamiento

7.1. Precauciones para una manipulación segura

El GNL es un líquido extremadamente frío que se encuentra bajo presión, cuya manipulación sin las protecciones adecuadas puede causar graves quemaduras por congelación.

Utilizar el equipo de protección individual obligatorio.

Asegurar una ventilación adecuada.

Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa.

No respirar los aerosoles.

Mantener alejadas las fuentes de calor, dispositivos susceptibles de producir chispas, llamas abiertas o fuentes de calor. No fumar.

Asegurarse de que todos los equipos dispongan de una toma de tierra efectiva antes de empezar cualquier operación.

Mantener los recipientes bien cerrados.

Utilizar instalaciones, aparatos, equipos, etc. protegidos contra explosiones.

Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas y respetar las prácticas de seguridad.

No comer ni beber durante la manipulación del producto.

Lavarse las manos y la cara inmediatamente después de la manipulación del producto.

Quitarse las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.

7.2. Información sobre las condiciones de almacenamiento

Los recipientes con GNL deben almacenarse en lugares frescos y bien ventilados. Los recipientes no deben almacenarse junto con sustancias oxidantes ni materiales combustibles o líquidos inflamables.

Mantener los recipientes alejados de fuentes de calor, chispas, llamas abiertas o superficies calientes. No fumar en las zonas de almacenamiento. Evitar que la temperatura en la zona de almacenamiento supere los 30 °C.

7.3. Medidas de seguridad para la protección contra incendio o explosión

Cuando se manipule o almacene GNL deben adoptarse medidas de prevención contra explosiones (p. e. controlar la ausencia de gas con dispositivos adecuados, ventilar, prevenir fuentes de ignición, designar zonas protegidas / zonas de peligro). Éstas deben ser definidas durante la valoración de los riesgos que debe realizarse previamente.

Grupo de explosión: II A

Clase de temperatura: T1

Clase de fuego: C

Control y límites de exposición / Protección individual**8.1. Valores límite de exposición: Límites nacionales de exposición laboral (OELs) / EU valores límite indicativos de exposición laboral**

Límite de exposición (considerado como gas natural en fase gaseosa):

- Concentración media ponderada en el tiempo 1.000 ppm.

A completar, si procede, de acuerdo con la legislación nacional.

8.2. Control y límites de exposición

En caso de posible fuga de gas: Controlar la concentración de gas en la zona de trabajo o de peligro.

Para controlar la concentración de CH₄, deben utilizarse instrumentos y procedimientos de medida apropiados.

Evitar los riesgos derivados de una atmósfera explosiva:

Véase el documento BGR 104 "Explosion Protection Rules"

Al detectar concentraciones de gas:

Adoptar las medidas de protección necesarias de acuerdo con la valoración del riesgo.

Iniciar las actuaciones para la eliminación del peligro. Actuar según lo indicado en el apartado 6 "Medidas en caso de escape accidental".

8.3. Equipos de protección individual

Las medidas preventivas de carácter técnico y de organización del trabajo deben ser prioritarias frente al uso de equipos de protección individual. Sin embargo, si a pesar de las medidas anteriores se mantuviera alguna situación residual de riesgo, deben utilizarse equipos de protección apropiados.

Protección respiratoria

Utilizar protección respiratoria apropiada según el resultado de la valoración de riesgos.

Para trabajos de salvamento y mantenimiento en los depósitos de almacenamiento usar un aparato respiratorio independiente de la atmósfera circundante.

En general, pueden seguirse las siguientes indicaciones: Si los filtros no son adecuados como medida preventiva (p. e. en caso de que la concentración de oxígeno en la atmósfera respirable sea inferior al 17 % o en caso de condiciones ambientales desconocidas) utilizar equipos de respiración autónomos.

Otros equipos de protección individual

Cuando se trabaje en depósitos o canalizaciones de GNL, deben adoptarse medidas de protección adecuadas para evitar lesiones (p. e. guantes de protección, gafas de seguridad, cascos, calzado de seguridad conductor, prendas de vestir ignífugas que cumplan la norma DIN EN 531, protección auditiva; véase también el documento BGR 500, 2.31).

8.4. Protección del medio ambiente

Evitar que el producto penetre en la red de alcantarillado. Evitar las emisiones de gas al ambiente debido a su potencial efecto invernadero.

Propiedades físicas y químicas

Las propiedades físicas y químicas dependen de la composición del GNL, que pueden variar dentro de un rango relativamente amplio. La tabla siguiente especifica rangos de dichas propiedades. Los valores que dependen de la presión del gas están referidos a la presión absoluta de 1.013,25 hPa.

9.1. Aspecto

Estado físico: Gas licuado a baja temperatura (temperatura crítica - 82,5 °C)
Color: Incoloro Olor: Inodoro.

9.2. Información relevante sobre las condiciones de seguridad e higiene en los puestos de trabajo y la protección del medio ambiente

<input type="checkbox"/> Umbral olfativo:	No hay datos disponibles
<input type="checkbox"/> pH:	No aplicable
<input type="checkbox"/> Punto de fusión:	- 183 °C (metano)
<input type="checkbox"/> Punto de ebullición:	- 161 °C (metano)
<input type="checkbox"/> Punto de inflamación:	- 188 °C (metano)
<input type="checkbox"/> Velocidad de evaporación:	No hay datos disponibles
<input type="checkbox"/> Inflamabilidad (sólido, gas):	Extremadamente inflamable
<input type="checkbox"/> Límites de inflamabilidad:	LIE 4,14 % - LSE 17 % (Vol % en aire)
<input type="checkbox"/> Presión de vapor:	147 kPa (metano)
<input type="checkbox"/> Densidad de vapor:	> 1 (aire = 1)
<input type="checkbox"/> Densidad (fase líquida):	450 – 460 kg/m ³
<input type="checkbox"/> Densidad (fase gaseosa):	0,7 ÷ 0,85 kg/m ³
<input type="checkbox"/> Densidad relativa (fase gaseosa):	0,54 ÷ 0,66
<input type="checkbox"/> Solubilidad en agua:	Insoluble
<input type="checkbox"/> Solubilidad en otros disolventes:	No hay datos disponibles
<input type="checkbox"/> Coeficiente de reparto n-octanol/agua:	No hay datos disponibles
<input type="checkbox"/> Temperatura de auto-inflamación:	600 °C (metano)
<input type="checkbox"/> Temperatura de descomposición:	No hay datos disponibles
<input type="checkbox"/> Viscosidad:	No hay datos disponibles
<input type="checkbox"/> Propiedades explosivas:	No aplicable
<input type="checkbox"/> Propiedades comburentes:	No aplicable

<input type="checkbox"/> Punto de rocío:	< 5 °C (metano)
<input type="checkbox"/> Peso molecular:	16,5 ÷ 18,5 g/mol

Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Extremadamente inflamable. Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el oxígeno del aire.

10.2. Estabilidad química

Estable en condiciones normales de presión y temperatura.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Sólo es extremadamente inflamable, no es tóxico, ni irritante, ni sensibilizador, ni cancerígeno, ni tóxico para la reproducción, ni mutagénico, ni teratogénico.

Puede formar mezclas explosivas en contacto con el aire.

Puede reaccionar violentamente con oxidantes y ácidos fuertes.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, superficies calientes y llamas.

Evitar la exposición al aire. No fumar.

10.5. Materiales incompatibles

Halógenos y oxidantes (agentes oxidantes fuertes).

10.6. Productos de descomposición peligrosos

En condiciones normales de utilización y almacenamiento no es previsible la formación de productos de descomposición peligrosos.

Información toxicológica

- Efectos tóxicos agudos: No se conocen efectos tóxicos de este producto.
- Corrosión o irritación cutánea: No se conocen efectos de este producto.
- Lesiones o irritación ocular graves: No se conocen efectos de este producto.
- Corrosividad: No se conocen efectos de este producto.
- Sensibilización: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad de dosis reiteradas: No se conocen efectos de este producto.

- Efectos carcinógenos: No se conocen efectos de este producto.
- Efectos mutágenos: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad para la reproducción: No se conocen efectos de este producto.
- Mutación de células embrionarias: No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad específica sobre determinados órganos (exposición única): No se conocen efectos de este producto.
- Toxicidad específica sobre determinados órganos (exposiciones repetidas): No se conocen efectos de este producto.

Información medioambiental

12.1. Ecotoxicidad

Toxicidad para peces, invertebrados acuáticos, plantas acuáticas, organismos terrestres, plantas terrestres y otros mamíferos terrestres incluidos los pájaros: No tóxico.

12.2. Migración entre medios

El cálculo efectuado de acuerdo con el método de Mackay, nivel I, para la distribución dentro de los compartimentos ambientales de aire, biota, sedimentos, suelo y agua, muestran que el 100% de los hidrocarburos metano, etano, propano y butano se vuelven a distribuir en el aire.

12.3. Persistencia y degradabilidad

Los hidrocarburos considerados no se hidrolizan en el agua.

Los hidrocarburos metano, etano, propano y butano son eliminados fundamentalmente mediante un proceso de fotólisis indirecta.

Sus productos de degradación son dióxido de carbono y agua.

12.4. Potencial de bioacumulación

No se conocen efectos de bioacumulación para el metano, etano, propano y butano.

Consideraciones sobre la eliminación

Debe evitarse la liberación de gas natural a la atmósfera debido a su potencial como gas de efecto invernadero.

La posibilidad de reciclar o quemar el gas debe evaluarse caso por caso.

Pequeñas cantidades de gas natural pueden ser liberadas a la atmósfera de forma segura (en zonas de protección definidas).

En caso necesario, pueden quemarse grandes cantidades de gas natural de forma controlada.

La liberación intencionada de gas natural en cantidades peligrosas (tal como se definen en el documento BGR 104) en espacios cerrados no está permitida.

La destrucción o reciclado de recipientes que hayan contenido GNL debe realizarse a través de gestores de residuos peligrosos autorizados.

Información sobre el transporte

El transporte del GNL se realiza normalmente por vía marítima en grandes cantidades mediante buques metaneros o por vía terrestre mediante camiones o por ferrocarril y excepcionalmente por vía aérea.

14.1. Transporte por vía terrestre (ADR ¹⁰ / RID ¹¹ / GGVSE)

Descripción de la mercancía: Gas natural licuado refrigerado.
 Clase: 2 - Gases
 Código de clasificación: 3F
 Nº: 1972
 Panel de advertencia / nº de peligro: 223

¹⁰

ADR. Accord européen relatif au transport International des marchandises dangereuses par route.

¹¹

RID. Regulations concerning international carriage of dangerous goods by rail.

Etiqueta de peligro: 2.1 – Gases inflamables



14.2. Transporte marítimo (IMDG ²³ / GGV Sea)

Descripción de la mercancía: Gas natural licuado refrigerado.
 Clase: 2
 UN nº: 1972
 Contaminantes marinos: No

14.3. Transporte por vía fluvial (ADN ²⁴)

Descripción de la mercancía: Gas natural licuado refrigerado.
 Clase: 2
 UN nº: 1972

14.4. Transporte por vía aérea (ICAO ²⁵ / IATA ²⁶)

²³ IMDG. International Maritime Dangerous Goods Code.

²⁴ European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways.

²⁵ ICAO. International Civil Aviation Organization.

²⁶ IATA. International Air Transport Association.

Descripción de la mercancía:	Gas natural licuado refrigerado.
Clase:	2
UN nº:	1972

14.5. Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL ²⁷ y al Código IBC ²⁸

Sin datos disponibles.

Información sobre reglamentación

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

15.1.1. Reglamentos de la UE

En julio de 2009, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron una nueva Directiva (Directiva 2009/73/EC), con el objeto de introducir unas reglas comunes para el transporte, distribución, suministro y almacenamiento de gas natural. La Directiva hace referencia principalmente al gas natural, el GNL, el biogás y el gas de biomasa.

15.1.2. Reglamentos nacionales

A completar, si procede, con la información nacional.

15.2. Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química para esta sustancia (gas natural licuado) por parte del suministrador.

Otra información

La información enumerada en esta ficha describe únicamente las exigencias de seguridad del producto y está basada en el estado actual del conocimiento. No es una garantía de cualquier propiedad específica del producto descrito. Los detalles recogidos en este documento se consideraron correctos en el momento de prepararlo. Aunque la preparación de este documento se ha realizado con la mayor atención, no puede aceptarse ninguna responsabilidad por lesiones o daños resultantes de su uso.

NOTA

Abreviaciones y acrónimos:

- F+ Extremadamente inflamable. □ R12 Extremadamente inflamable.
- H220 Gas extremadamente inflamable.
- H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
- H281 Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.

²⁷ Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques.

²⁸ Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transportan productos químicos peligrosos a granel.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TETRAHIDROTIOFENO

ICSC: 0677

TETRAHIDROTIOFENO Sulfuro de tetrametileno Tiolano THT C_4H_8S Masa molecular: 88.2				
N° CAS 110-01-0 N° RTECS XN0370000 N° ICSC 0677 N° NU 2412				

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido y explosión.	Evitar llama abierta, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con sustancias inflamables.	Espuma resistente al alcohol, polvos, dióxido de carbono. Los bomberos deberían emplear indumentaria de protección completa, incluyendo equipo autónomo de respiración.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión en contacto con oxidantes y ácido nítrico.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR LA PRODUCCION DE NIEBLAS! ¡HIGIENE ESTRICTA!	
• INHALACION	Sensación de quemazón, tos, dolor de cabeza, náusea, dolor de garganta.	Sistema cerrado y ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicado y someter a atención médica.
• PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca, enrojecimiento, sensación de quemazón (para mayor información véase Inhalación).	Guantes protectores, traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y solicitar atención médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
• INGESTION	Dolor abdominal (para mayor información véase Inhalación).	No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, reposo y someter a atención médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro, consultar a un experto, ventilación; recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verter en el alcantarillado, NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido (protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio, medidas para contener el efluente de extinción de incendios; separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, ácido nítrico. Mantener en lugar frío.	Hermético, envase irrompible. Clasificación de Peligros NU 3 Grupo de Envasado NU: II	

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0677

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

TETRAHIDROTIOFENO

ICSC: 0677

D A T O S P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, con olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.	RIESGO DE INHALACION
	PELIGROS QUIMICOS En combustión, formación de humos tóxicos. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes y ácido nítrico. Ataca el caucho.	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El líquido desengrasa la piel.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido.	
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 119°C Punto de fusión: -96°C Densidad relativa (agua = 1): 0.998 Solubilidad en agua: inmiscible Presión de vapor, kPa a 25°C: 2.4	Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.05 Punto de inflamación: 13°C Temperatura de autoignición: 200°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.1-12.1
DATOS AMBIENTALES	Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial al agua.	
NOTAS		
NO utilizar cerca de un fuego, una superficie caliente o mientras se trabaja en soldadura.		
Código NFPA: H 3; F 3; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 1-188 TETRAHIDROTIOFENO		
ICSC: 0677		TETRAHIDROTIOFENO
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	



Fichas Internacionales de Seguridad Química

NITROGENO (gas comprimido)

ICSC: 1198

			
NITROGENO (gas comprimido) Azoe (botella) N_2 Masa molecular: 28.01			
N° CAS 7727-37-9 N° RTECS QW9700000 N° ICSC 1198 N° NU 1066			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Debilidad, pérdida del conocimiento, asfixia (véanse Notas).	Ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL			
• OJOS			
• INGESTION			
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Ventilar. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).		A prueba de incendio, si está en local cerrado. Mantener en lugar fresco y bien ventilado.	Clasificación de Peligros NU: 2.2
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1198		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 2005	

NITROGENO (gas comprimido)

ICSC: 1198

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas comprimido incoloro, inodoro e insípido.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS El gas se mezcla fácilmente con el aire.	RIESGO DE INHALACION Al producirse pérdidas en zonas confinadas este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno del aire (véanse Notas).
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: asfixiante simple (ACGIH 2004). MAK: no establecido.	
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C	Solubilidad en agua: escasa Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.97
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20G1A		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 4-156 NITROGENO (gas comprimido)		Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: www.insht.es
ICSC: 1198		NITROGENO (gas comprimido)
© CCE, IPCS, 2005		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

NITROGENO (líquido refrigerado)

ICSC: 1199

			
NITROGENO (líquido refrigerado) Nitrógeno líquido (licuado) N_2 Masa molecular: 28.01			
N° CAS 7727-37-9 N° RTECS QW9700000 N° ICSC 1199 N° NU 1977			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION			
• INHALACION	Asfixia. Ver notas.	Ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Dolor, quemaduras profundas graves. Además, ver Piel	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION			
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	A prueba de incendio, si está en local cerrado. Mantener en lugar bien ventilado.	Botella especial aislada. Clasificación de Peligros NU: 2.2	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1199		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 2005	

NITROGENO (líquido refrigerado)

ICSC: 1199

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, inodoro, extremadamente frío.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS El gas frío es más pesado que el aire y puede acumularse a nivel del suelo, causando una deficiencia de oxígeno con riesgo de asfixia.	RIESGO DE INHALACION Al producirse pérdidas en zonas confinadas este líquido se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con grave riesgo de asfixia (véanse Notas).
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: asfixiante simple (ACGIH 2004). MAK no establecido.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION El líquido puede producir congelación.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C	Densidad del líquido en el punto de ebullición: 0.808 kg/l Solubilidad en agua: escasa
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1977 o 20G3A Código NFPA: H 3; F 0; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 4-157 NITROGENO (líquido)	Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: www.insht.es	
ICSC: 1199	NITROGENO (líquido refrigerado)	
© CCE, IPCS, 2005		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.	

Apéndice

***Curriculum Vitae* del autor**

CURRICULUM VITAE



INFORMACIÓN

Nombre y Apellidos

Francisco Javier García Gómez

Fecha y lugar de nacimiento

8 de febrero de 1968, Madrid

Dirección profesional

Endesa Energía - C/ Ribera del Loira, 60 – 28042 Madrid

Número de Teléfono

691 850 029

Email

javier.garciago@endesa.es

FORMACIÓN ACADÉMICA

Fecha

1997

Titulación Universitaria

Ingeniero Industrial. Especialidad Mecánica de Máquinas.

Universidad

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Posición actual grupo ENEL

Enero 2020 - actualidad

Responsable Compras

Power Generation Procurement Iberia – Endesa – Grupo ENEL

Funciones:

- Identificar y analizar necesidades para el área de Power Generation Iberia
- Desarrollar estrategias de compras y planificar y gestionar los procesos de compras, fomentar la estandarización y optimización de costes.

Responsabilidades:

- Gestionar los procesos de compras desde los planteamientos previos y lanzamiento hasta la consecución del contrato.

Posiciones anteriores grupo ENEL

Noviembre 2008 – Diciembre 2019

**Consultor Servicios Energéticos Integrales / Gestor Servicios Energéticos
Dirección de Grandes Clientes – Endesa Energía – Grupo ENEL**

Funciones:

- Prospección y detección de nuevas oportunidades, liderando la negociación para la firma de contratos de servicios energéticos.
- Definir y valorar las soluciones que respondan a las necesidades de clientes en cuanto a eficiencia energética, gas natural, climatización, proyectos eléctricos y otros proyectos o servicios.
- Control y seguimiento técnico-económico de los proyectos de que se ejecuten en la zona.
- Relación y seguimiento de proveedores internos y/o externos.
- Atención y apoyo técnico a la fuerza de ventas

Responsabilidades:

- Gestionar las relaciones comerciales con los clientes existentes y potenciales durante todo el ciclo de la venta de servicios de valor añadido, para lograr la consecución de los objetivos marcados por la dirección.
- Proyectos relevantes:
 - Acuerdo marco para posicionar a Endesa como proveedor de servicios energéticos en grupo industrial internacional (año 2019). Negociación y firma contratos de oportunidades en curso (iluminación, solar fotovoltaica,...), con firma de 2 contratos en modelo ESE, inversión de 1,5 millones de euros y 10 años de duración, y previsión inversiones superiores a 3 millones de euros en los 3 años siguientes.
 - Arrendamiento y mantenimiento de instalaciones térmicas en industria componentes plásticos para automoción (año 2018). Inversión de 180.000 € y 4 años de duración.
 - Contrato Hospital Comunidad de Madrid (año 2018). Oferta técnico-económica para servicios de renovación de equipos por importe de 760.000 € y mantenimiento durante 15 años de las instalaciones térmicas y de gas de centro hospitalario.
 - Movilidad eléctrica en sector automóvil (2017 – 2018). Promoción de campaña colaboración con primera marca de sector automóvil para instalación de puntos de recarga de vehículo eléctrico en la sede y más de 40 concesionarios.
 - Estudio para análisis y selección de soluciones energéticas que permitan la viabilidad de 12 plantas de cogeneración gestionadas por grupo empresarial (año 2017).
 - Contrato cadena hotelera (año 2016): Oferta técnico-económica para la gestión energética de las instalaciones térmicas Hotel en Andalucía. Contrato en modelo ESE, inversión de 1 millón de euros, de 3 años de duración.
 - Contrato estación GNV Empresa autobuses (año 2016): Oferta técnico-económica de la Planta de GNL y surtidores para abastecer de gas natural a flota de autobuses en la Comunidad de Madrid. Contrato en modelo ESE, inversión de 1 millón de euros, de 10 años de duración.

- Contrato Establecimientos turísticos (año 2014): Oferta técnico-económica del Proyecto de mejora de rendimientos energéticos en 94 Establecimientos turísticos de ámbito nacional. Contrato en modelo ESE con ahorros compartidos, con inversión de 4,4 millones de euros, de 6 años de duración.
- Contrato Iluminación Municipio (año 2014): Oferta técnico-económica del Proyecto de Servicio Integral de Iluminación Exterior de municipio en la Comunidad de Madrid. Contrato en modelo ESE con un importe anual de 2 millones de euros, de 16 años de duración (prorrogable 2 + 2 años).
- Frío Industrial Agrupación Empresas Cárnicas (año 2013): Oferta técnico-económica del Proyecto de Frío Industrial para empresas sector alimentación en Comunidad de Madrid. Contrato en modelo ESE, inversión de 4 millones de euros, de 10 años de duración.
- Cogeneración Industria láctea (año 2009): Oferta técnico-económica del primer proyecto de cogeneración firmado en Comunidad de Castilla-León.
- Proyectos varios (años 2009-2019):
 - Auditorías energéticas: Empresas sector sanitario, farmacéutico, papelerero, industrial.
 - Certificación energética de edificios: Edificios oficiales.
 - Instalaciones eléctricas: Empresas sector ferroviario, transporte de energía eléctrica, centros comerciales, Universidades y colegios.
 - Infraestructura para puntos de recarga de vehículo eléctrico: Empresas sector automóvil, car sharing, organismos oficiales.
 - Instalaciones de gas: Empresas sector industrial, Colegios.
 - Instalaciones térmicas: Empresas sector industrial (calefacción naves por tubo radiante), farmacéutico (reforma sistema acumulación ACS).
 - Recuperación de calor: Empresas sector automóvil
 - Instalaciones de iluminación: Cadenas hoteleras
 - Solar fotovoltaica: Grandes superficies comerciales

Posiciones anteriores

Enero 1994 – octubre 2008

Director

Indogas – Desarrollos Naturales del Gas - Empresa cuya actividad se desarrolla en el ámbito de las Instalaciones de Gas, Climatización, Electricidad, Fontanería, Protección Contra Incendios, Instalaciones Petrolíferas, Ingeniería y Consultoría, homologada por la Dirección General de Industria:

Funciones

- Director Técnico, controlando todos los aspectos técnicos y de producción de los proyectos, política de subcontrataciones, y gestión económica de los mismos.
- Responsable de Calidad y de Prevención de Riesgos Laborales, supervisando la elaboración e implantación del Sistema de Gestión de Calidad, PRL y Medioambiente, según la Normativa ISO 9001, 14001 y 18001 (OHSAS).

- Responsable de la estrategia comercial y de negocio de la empresa, potenciando la fidelización mediante soluciones a la medida de las necesidades de cada cliente.
- Interlocutor con grandes clientes (Repsol, Gas Natural, Endesa), la administración y organismos oficiales de la Comunidad de Madrid y Ayuntamientos.
- Responsable de Formación, impartiendo cursos técnicos y coordinando cursos con colaboradores externos, con el objetivo de favorecer el crecimiento y el desarrollo profesional del personal de la empresa.

Responsabilidades

- Optimización de la cuenta de resultados de la empresa con la gestión de un equipo humano multidisciplinar de 30 personas (oficina técnica: ingenieros y delineantes, jefes de obra, instaladores, contratistas, almacén, etc.), coordinando las siguientes áreas:
 - Proyectos, Estudios Técnicos y Presupuestos de Plantas de GNL, Centros de Almacenamiento de G.L.P., Redes de Distribución e Instalaciones Receptoras de gas natural y propano para urbanizaciones, viviendas unifamiliares, bloques de viviendas de antigua y nueva construcción, y edificios singulares (Hoteles, Restaurantes, Naves Industriales, etc.).
 - Transformaciones de Salas de Calderas a gas en Comunidades de Vecinos y Centros Oficiales: cálculo y diseño de los equipos que componen la Central Térmica, Presupuestos, Proyectos de Instalaciones Receptoras de gas, Proyectos de Homologación de aparatos de tipo único para conjunto caldera-quemador, Proyectos de Calefacción y Adecuación de sala de máquinas a Normativa, Dirección Técnica y seguimiento de la obra, Instrucciones de Funcionamiento y Mantenimiento, Libro de Mantenimiento y Documentación necesaria a entregar en la Compañía Suministradora de gas y en el Dirección General de Industria para la puesta en servicio de las instalaciones.
 - Proyectos e Instalaciones de energía solar térmica, gestión energética, climatización, electricidad, fontanería y protección contra incendios en los sectores doméstico, industrial y terciario.
 - Proyectos de Concesión Administrativa, Estudios de Viabilidad y Proyectos de Ejecución de canalizaciones de gas en distintos municipios de las Comunidades de Madrid, La Rioja, Galicia y Valencia.
 - Dirección Facultativa en obras de canalización de gas de varios municipios de la Comunidad de Madrid.
 - Mantenimiento de instalaciones (30.000 usuarios).
 - Instalaciones de Gasauto: Proyectos, ejecución y legalización.

EXPERIENCIA EN FORMACIÓN**Noviembre 2008 – Diciembre 2019****Endesa Energía – Grupo ENEL**

- Miembro de la comunidad de formadores de la Escuela de Ventas de Endesa Energía, impartiendo periódicamente los siguientes cursos:
 - o Curso instalaciones de gas y solar fv autoconsumo para pool de ventas del segmento Empresas
 - o Curso instalaciones de gas para fuerza de ventas del segmento Empresas
 - o Curso IRG y Salas de Calderas para Gestores Técnicos del segmento Empresas
 - o Formación comercial en productos a Pool del segmento Empresas
 - o Formación a fuerza de ventas del segmento Empresas en tramitación ofertas para Servicios de Valor Añadido.
 - o Formación fuerza de ventas del segmento Grandes Clientes productos Servicios Energéticos Integrales

Enero 1994 - octubre 2008**Indogas – Desarrollos Naturales del Gas**

- Responsable de Formación de las empresas Indogas y Desarrollos Naturales del Gas, impartiendo cursos técnicos a personal de la empresa para su desarrollo profesional:
 - o Formación en realización de proyectos, diseño y cálculo de redes de distribución, acometidas, ERM e instalaciones receptoras de gas natural.
 - o Formación en realización de proyectos, diseño y cálculo de Plantas de GNL, centros de almacenamiento de GLP, redes de distribución e instalaciones receptoras de gas propano.
 - o Formación en realización de proyectos, diseño y cálculo de instalaciones térmicas (Climatización, Salas de Calderas, ...)

Otra experiencia en formación

1998 Profesor del “Curso de Proyectos de Urbanización. Redes de suministro de gases combustibles: gas natural” en la Fundación Cultural del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

1989/95 Profesor en CEIN (Centro de Estudios Informáticos) impartiendo clases de Sistema Operativo MS-DOS y de lenguaje de programación BASIC.

1986/88 Profesor de Inglés e informática dentro del “Programa de Oposiciones a Funcionarios del Estado” en el Centro de Estudios IBERIA de Madrid.

PUBLICACIONES

García-Gómez, F.J.; González-Gaya, C.; Rosales-Prieto, V.F. An Approach to Health and Safety Assessment in Industrial Parks. *Sustainability* 2020, 12, 3646, doi: 10.3390/su12093646



OTROS DATOS

Colegiado nº 9226 en el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid.

CARNETS PROFESIONALES

1996 CARNET DE INSTALADOR DE GAS (IG IV) nº I.G. 4-491 en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

1999 CARNET DE INSTALADOR DE CALEFACCION, CLIMATIZACION Y AGUA CALIENTE SANITARIA nº IC 2731 AB en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

1999 CARNET DE MANTENEDOR DE CALEFACCION, CLIMATIZACION Y AGUA CALIENTE SANITARIA nº MC 1436 AB en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

2005 CARNET DE INSTALADOR ELECTRICISTA BAJA TENSIÓN (CATEGORÍA ESPECIALISTA) nº IBTE 9246 en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

2006 CARNET DE REPARADOR P. PETROLÍFEROS nº RP 29 en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

2007 CARNET DE INSTALADOR P. PETROLÍFEROS nº IP-II 884 en la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

Formación Interna Grupo ENEL

AREA TEMATICA	CURSO	DESDE	HASTA
Genérico-Gerencial	NEGOCIACIÓN - TRACTUM	04.03.2009	06.03.2009
Técnicas Comerciales	GESEIVA. FORMACION DE FORMADORES	10.03.2009	11.03.2009
Tecnologías de la Informa	GESEIVA INCIDENCIAS Y APLIC CRITERIOS	31.03.2009	31.03.2009
Prevención y Seguridad	JORNADA CONCIENCIACION PRL	21.07.2009	21.07.2009
Prevención y Seguridad	PRIMEROS AUXILIOS	04.11.2009	04.11.2009
Técnicas Comerciales	PLANIFICACION ACTIVIDAD COMERCIAL	09.06.2010	10.06.2010
Prevención y Seguridad	COMPORTAMIENTOS SEGUROS EN LA CONDUCCIÓN	07.07.2010	07.07.2010
Prevención y Seguridad	RIESGOS DE VISITA E INSPECCIÓN	20.07.2010	21.07.2010
Genérico-Gerencial	SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN Y LOPD	04.10.2010	17.10.2010
Técnicas Comerciales	ANÁLISIS FINANCIERO GEST. INVERSION I	25.10.2010	26.10.2010
Recursos Humanos	SENS. IGUALDAD DE TRATO Y OPORT.	18.10.2010	30.10.2010
Técnicas Comerciales	ANÁLISIS FINANCIERO GEST. INVERSION II	10.11.2010	11.11.2010
Técnicas Comerciales	FORMACIÓN DE FORMADORES PERFIL FORMADOR	01.02.2011	03.02.2011
Prevención y Seguridad	RIESGOS OFICINAS Y PANT VISUALIZ DATOS	01.06.2011	12.07.2011
Técnicas Comerciales	HABILIDADES DE NEGOCIACIÓN TCOS/SEI	26.10.2011	27.10.2011
Técnicas Comerciales	SVE GESTORES TECNICOS DE EMPRESAS	15.02.2012	15.02.2012
Técnicas Comerciales	TALLER PRODUCTO DE ILUMINACIÓN	11.04.2012	11.04.2012
Técnicas Comerciales	CURSO TÉCNICO DE GAS	28.06.2012	28.06.2012
Medio Ambiente	SIST. INTG. GESTION MEDIOAMBIENTAL	19.06.2012	19.07.2012
Prevención y Seguridad	PREVENCION RIESGOS PROFESIONALES MOD. I	09.07.2012	30.09.2012
Prevención y Seguridad	PRL BÁSICO MOD. II OSHAS	19.07.2012	30.09.2012
Técnicas Comerciales	DETECCIÓN DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIO	21.11.2012	22.11.2012
Prevención y Seguridad	RIESGOS PREVENCIÓN VISITAS COMERCIALES	21.01.2013	21.01.2013
Técnicas Comerciales	INSTALACIONES DE GAS PARA GEST TECNICOS	22.01.2013	23.01.2013
Prevención y Seguridad	PREVENCION RIESGOS PROFESIONALES MOD. V	12.03.2013	12.04.2013
Genérico-Gerencial	PLAN SENDA	04.09.2013	18.09.2013
Otras competencias	CÓDIGO ÉTICO	05.11.2013	19.11.2013
Técnicas Comerciales	DES D LOS RECURSOS PERS EN GEST DE SEI'S	28.01.2014	29.01.2014
Prevención y Seguridad	DIFUSIÓN DEL ESTRES	03.03.2014	15.04.2014
Técnicas Comerciales	SUBESTACIONES ELECTRICAS	10.06.2014	11.06.2014
Genérico-Gerencial	KEY PEOPLE NAVEGADORES	12.06.2014	12.06.2014
Prevención y Seguridad	PREVEN RIESGOS PROFESIONALES MOD. II_COM	25.06.2014	09.07.2014
Medio Ambiente	SIST. INTG. GESTION MEDIOAMBIENTAL_COM	22.09.2014	22.10.2014
Técnicas Comerciales	CONOCIMIENTO DE GAS Y ELECTRICIDAD	18.11.2014	19.11.2014
Técnicas Comerciales	EXPOSIC.COMERC.QUE PERSUADEN Y MOTIVAN	10.02.2015	11.02.2015
Auditoría	Modelo Prevención de Riesgos Penales_ELS	05.05.2015	11.05.2015
Prevención y Seguridad	PRIMEROS AUXILIOS	19.05.2015	19.05.2015
Prevención y Seguridad	PRIMEROS AUXILIOS (ONLINE)	01.07.2015	31.07.2015
Prevención y Seguridad	PREVENCION RIESGOS PROFESIONALES		

	MOD. III	22.06.2015	31.07.2015
Prevención y Seguridad	PREVENCION RIESGOS PROFESIONALES		
	MOD. I	15.06.2015	31.07.2015
Prevención y Seguridad	PREVENCION RIESGOS PROFESIONALES		
	MOD. IV	22.06.2015	31.07.2015
Idiomas	LTEST IDIOMAS	15.06.2015	24.08.2015
Técnicas Comerciales	INSTALACIONES PARA AUTOCONSUMO		
	NUEVO RD	25.02.2016	25.02.2016
ICT	SALESFORCE ADMINISTRATION ESENTIALS	07.03.2016	09.03.2016
Técnicas Comerciales	FOR. PRUEBAS PREACEPTACIÓN-PROY.		
	ATENEA	17.05.2016	17.05.2016
Técnicas Comerciales	FORMACIÓN PILOTO - PROYECTO ATENEA	07.06.2016	09.06.2016
Prevención y Seguridad	RIESGOS OFICINAS Y P V D (ELS)	23.05.2016	15.07.2016
Prevención y Seguridad	COMPORTAMIENTOS SEGUROS EN LA		
	CONDUCCIÓN	07.11.2016	07.11.2016
Sostenibilidad	NUEVA CULTURA DE LA ENERGÍA	26.10.2016	29.11.2016
Técnicas Comerciales	INFLUIR SIN JERARQUIA. GGCC	29.03.2017	30.03.2017

Otra formación: CURSOS Y SEMINARIOS

2008	Curso Ingeniería de la Calidad. Fundación Confemetal.
2007	Curso Proyectos de Instalaciones de Climatización. Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid.
2007	Curso Proyectista en Instalaciones de Energía Solar a Baja Temperatura. Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid.
2007	Curso Instalaciones Térmicas en Edificios: Tecnologías de Eficiencia y Sostenibilidad Energética. E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid.
2004	Curso Instalaciones de Energía Solar aplicada a Calefacción y ACS. Plan Forcem. Asefosam. Centro de Formación "Manuel Laguna".
2003	Curso Sistemas Eléctricos de Media y Baja Tensión. Diseño y cálculo. Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid.
2000	Curso en Prevención de Riesgos Laborales. FRATERNIDAD - MUPRESPA.
1992/93	Diploma de Proyectista- Instalador de Energía Solar. CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar).
1990	Cursos de: "Marketing en la Empresa Industrial"

“Nuevas Tecnologías: Comunicaciones integradas en la Empresa – Generación de Energía – Automatización Industrial – Automatización en Siderurgia – Automatización en Edificios Singulares – Imagen Digital en el Diagnóstico Médico”

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, con la colaboración del Instituto de Ampliación de Estudios e Investigación Industrial “J. A. Artigas” y SIEMENS, S.A.