

DETERMINACION DE ELEMENTOS CRITICOS DE SEGURIDAD EN TERMINAL DE REGASIFICACION GNL QUINTERO

Esteban Rubertis ^a, Martin Toscano ^a, Juan C. Zurlini ^b, Alejandro Amorín ^b

^a GIE S.A.

^b GNL QUINTERO

e-mail contacto:

rubertis@giempdp.com.ar

toscano@giempdp.com.ar

juancarlos.zurlini@gnlquintero.com

Alejandro.amorin@gnlquintero.com

Palabras clave: GNLQ, BG, ECS, HAZID, QRA, EP, EVE, PIM

1.- INTRODUCCION

El terminal de recepción, almacenamiento y regasificación de Gas Natural Licuado GNL Quintero, Perteneciente al grupo conformado por BG Group, ENAP, Endesa Chile y Metrogas, permitirá abastecer de gas natural a la zona central de Chile. La instalación, diseñada para abastecer hasta 15 MM m³/día, introdujo los más altos estándares de calidad, seguridad y respeto por el medio ambiente en su diseño, construcción y operación. La alta criticidad de los equipos involucrados, tanto por su capacidad (estanques de 160.000 m³) como por las condiciones críticas de operación (160°C), requirieron de un análisis intensivo de evaluación de la instalación.

Como parte de la política de gestión de integridad y riesgos de GNL Quintero, se efectuó la identificación de Elementos Críticos de Seguridad (ECS) y Elementos Críticos de Producción (ECP) del Terminal de GNL Quintero, y la definición de las actividades de inspección y mantenimiento necesarias para garantizar la integridad de dichos elementos.

Los **Elementos Críticos de Seguridad (ECS)** son aquellas partes de la instalación, sistemas y procesos que previenen, limitan y/o contribuyen a minimizar los impactos ante la ocurrencia de **incidentes mayores o daños significativos**. La forma sencilla de identificarlos es visualizarlos como las barreras del sistema que:

- Evitan o previenen un incidente.
- Detectan un mal funcionamiento.
- Controlan, mitigan, reducen las consecuencias de un incidente.
- Corresponden a la Respuesta de Emergencia.

Para la Identificación de Elementos Críticos de Seguridad (ECS), se realizó una formalización de los Peligros y Amenazas Mayores presentes en la operación del terminal Quintero.

2.- DEFINICION DE PELIGROS Y AMENAZAS MAYORES

2.1.- Identificación y Análisis de Peligros (HAZID-HAZAN)

Se define como peligro o amenaza, toda aquella situación que posee el potencial de generar daño y/o derivar en un daño sobre las personas, las instalaciones, el medio ambiente, las operaciones y la reputación de la compañía.

En esta primer etapa, se efectuó la identificación y evaluación de los peligros y amenazas asociados con la operación del terminal de GNL Quintero. Las metodologías utilizadas en esta etapa, se basan en los conceptos enunciados en la Práctica Recomendada **API RP 750** “Management of Process Hazards” y en las técnicas de Identificación y Análisis de Peligros **HAZID** y **HAZAN**, los cuales son recomendados por los estándares de BG.

La información utilizada para el desarrollo de esta etapa fue tomada a partir del **Safety Case** desarrollado para GNL Quintero y documentos de **DNV** (Det Norske Veritas), **HSE** (Health and safety Executive), **GIIGNL** (LNG Incident Identification Study), entre otros.

2.2.- Análisis de Riesgo de los peligros aplicables

Se efectuó un **Análisis de Riesgo** de los peligros y amenazas aplicables al terminal de GNL Quintero. El Análisis de Riesgo comprende la definición cualitativa / cuantitativa de las **Consecuencias** (Gente – Activos – Medio Ambiente – Reputación) y las **Probabilidades** (Frecuencia de Ocurrencia Anual) para cada uno de los peligros o amenazas identificados. Las metodologías utilizadas en esta etapa, se basan en los conceptos sobre Análisis de Riesgo enunciados en el **Safety Case Standard** de BG.

Los valores de frecuencia de ocurrencia y las consecuencias derivadas de una falla surgen de reuniones realizadas con personal de Seguridad (**HSE**) y documentos tales como el **QRA** del terminal de GNL Quintero realizado en forma previa, bases de datos internacionalmente validadas como **OREDA** (Offshore Reliability - Data Handbook. Det Norske Veritas) y **ARAMIS** (“Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of SEVESO II Directive”), entre otros.

Los resultados son presentados en una **Matriz de Riesgo**, la cual es una valiosa herramienta que permite representar en forma gráfica los ítems evaluados y obtener conclusiones en forma rápida y sencilla respecto de los valores relativos de riesgo obtenidos.

2.3.- Determinación de Peligros y Amenazas Mayores

De acuerdo con lo establecido en **Safety Case Standard** de BG, la zona roja de la matriz de riesgo representa un riesgo intolerable y la reducción del riesgo es una actividad mandatoria, mientras que la zona naranja representa un riesgo tolerable siempre y cuando se ejecute alguna actividad que demuestre alguna reducción del riesgo razonablemente practicable (criterio ALARP, “as low as reasonably practicable”). La zona amarilla representa un nivel de riesgo tolerable y se deben mantener controles sistemáticos para la mejora continua y el mantenimiento del nivel del riesgo. Finalmente, la zona verde representa un nivel bajo de riesgo y se debe mantener un monitoreo y control sistemático.

De esta manera, a los efectos de este estudio, el estándar determina que los peligros y amenazas posicionados en las zonas roja y naranja de la Matriz de Riesgo representan los **Peligros y Amenazas Mayores** para el terminal de GNL Quintero, a los cuales se deben asociar Elementos Críticos de Seguridad para su posterior reducción del nivel de riesgo.

3.- DEFINICION DE ELEMENTOS CRITICOS DE SEGURIDAD

Se efectuó la identificación de los Elementos Críticos de Seguridad (ECS), de acuerdo con los conceptos enunciados en **estándares de BG**, los cuales se basan principalmente en la metodología de **BOW TIE**, tomando asimismo como referencia los documentos “Guidelines for the Management of Safety Critical Elements” del **Energy Institute of London**, “Managing Risk. BG Asset Integrity Workshop” de **DNV** y “GNLQ-SCE” de **CBI**. La **Figura 1** presenta la metodología utilizada para la identificación de los ECS.

FIGURE 2: FLOW CHART FOR SCE IDENTIFICATION

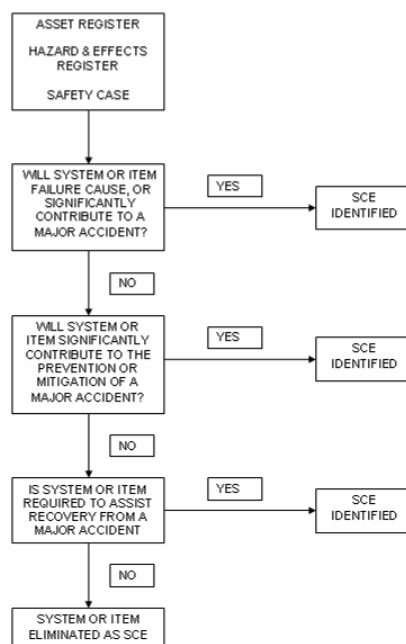


Figura 1.- Diagrama de Flujo para la identificación de los ECS.

Se presenta una planilla por cada Peligro y Amenaza Mayor identificado, en la cual se resumen las causas, los controles de prevención y mitigación, los elementos críticos de seguridad (ECS) y las dependencias e interacciones con otros elementos. A modo de ejemplo, se presenta la **Figura 2** para el caso de “Efectos Tóxicos de Fluidos”. Tanto los controles de prevención como los de mitigación se encuentran agrupados de manera que representan los subelementos de los diferentes ECS, para una práctica y rápida identificación de los mismos.

Escenario Peligroso	Causa	Controles de Prevención	Controles de Mitigación	Elementos Críticos de Seguridad	Dependencias e Interacciones
10.- Efectos Tóxicos de Fluidos - Asfixia - Irritación - Quemaduras - Congelamiento - Sofocamiento - Narcótico - Pérdida de visión	Contacto directo o indirecto por liberación, fuga o derrame de fluidos tóxicos.	1.- Política de Salud, Seguridad y Medio Ambiente. 2.- Elementos de Protección Personal. 3.- Permisos de Trabajo. 4.- Análisis Seguro de Trabajo. 5.- Investigación de Incidentes. 6.- Capacitaciones en Salud, Seguridad y Medio Ambiente. 7.- Comunicaciones internas / Reuniones de Seguridad. 8.- Programa de Intervenciones y Seguridad Conductual. 9.- Auditorías de Seguridad. 10.- Supervisión. 11.- Análisis de Riesgo por tarea. 12.- Gestión de la Documentación.		ECS16 Gestión de HSE	
		13.- Simulacros de Respuesta a Emergencia.	1.- Procedimiento de Marco General de Emergencia. 2.- Rol de Emergencia. 3.- Comunicaciones de Emergencia. 4.- Plan de Contingencia Médica. 5.- Equipamiento de Respuesta a Emergencias (ambulancia, camillas, botiquín de primeros auxilios, duchas y lavajojos de emergencia, etc).	ECS07 Sistema de Respuesta a Emergencias	Mantenimiento e Inspección de equipamientos de respuesta a emergencias.

Figura 2.- Planilla empleada para la identificación de Elementos Críticos de Seguridad.

El siguiente listado corresponde a los Elementos Críticos de Seguridad identificados para el terminal de GNL Quintero:

- ECS01 – Elementos de Contención
- ECS02 – Estructuras, Fundaciones y Edificios
- ECS03 – Sistema de Control de Procesos
- ECS04 – Sistema de Detección
- ECS05 – Sistema de Aislación
- ECS06 – Sistema de Protección contra el Fuego
- ECS07 – Sistema de Respuesta a Emergencias
- ECS08 – Sistema de Comunicaciones
- ECS09 – Sistema de Seguridad / Circuito Cerrado de Televisión
- ECS10 – Sistema de Provisión y Distribución de Energía
- ECS11 – Sistema de Gestión de Seguridad de la Información
- ECS12 – Operaciones Marítimas / Interfaz Buque-Tierra
- ECS13 – Gestión de Mantenimiento
- ECS14 – Gestión de Integridad
- ECS15 – Gestión de Operaciones
- ECS16 – Gestión de HSE

A modo de resumen, la **Figura 3** presenta una Matriz de Gestión de Peligros, en la cual se representan los diferentes Elementos Críticos de Seguridad, de acuerdo con su función, y su vinculación con cada uno de los Peligros Mayores.

PELIGROS IDENTIFICADOS ELEMENTOS CRITICOS DE SEGURIDAD	Elementos de Contención	Estructuras, Fundaciones y Edificios	Sistema de Control de Procesos	Sistema de Detección	Sistema de Aislación	Sistema de Protección contra el Fuego	Sistema de Respuesta a Emergencias	Sistema de Comunicaciones	Sistema de Seguridad / Circuito Cerrado de TV	Sistema de Provisión y Distribución de Energía	Sistema de Gestión de Seguridad de la Información	Operaciones Marítimas / Interfaz Buque - Tierra	Gestión de Mantenimiento	Gestión de Integridad	Gestión de Operaciones	Gestión de HSE
Pérdida de Contención	P			D	C/M	C/M	E						P	P		
Escaladas de Proceso	P		P		C/M	C/M	E						P	P	P	
Fallas Operacionales (Error humano)			P		C/M	C/M	E							P	P	
Riesgos del Trabajo						C/M	E							P		P
Fuerzas de la Naturaleza		P M					E	P								
Atentados				D	C/M	C/M	E		P							
Daños por Terceros				D	C/M	C/M	E		P							
Fallas por corte de energía										P C					C/M	
Colisión de Buques						C/M	E	P				P M				
Efectos Tóxicos							E									P
Defectos de Diseño y Fabricación	P												P	P		
Deficiencias de Mantenimiento e Inspección	P												P	P		
Alteración o Pérdida de Datos											P M					
Fallas Estructurales		P M					E						P	P		
Falla de Equipos Auxiliares			P	D	C/M	C/M	E						P	P	P	
Colisión de Aeronaves					C/M	C/M	E	P	P							
Colisión de Maquinaria Pesada					C/M	C/M	E	P	P							
Bloqueo de Línea de Salida					C/M			P							C/M	

P

 Prevención

D

 Detección

C/M

 Control / Mitigación

E

 Emergencia

Figura 3.- Matriz de Gestión de Peligros Mayores aplicables al terminal de GNLQ.

4.- ESTANDARES DE PERFORMANCE Y ESQUEMAS DE VERIFICACION ESCRITOS

Se desarrollaron los documentos referidos a Estándares de Performance (EP) y Esquemas de Verificación Escritos (EVE) para cada uno de los Elementos Críticos de Seguridad (ECS) identificados en las actividades previas.

En esta etapa se siguieron los lineamientos en **estándares de BG**, tomando asimismo como referencia el documento “Guidelines for the Management of Safety Critical Elements” del **Energy Institute of London**.

4.1.- Estándares de Performance (EP)

El objetivo de los **EP** es definir los criterios o niveles mínimos de performance de los Elementos Críticos de Seguridad, los cuales son requeridos para asegurar su correcto funcionamiento y por lo tanto garantizar la NO ocurrencia de un incidente mayor. Los **EP** pueden ser vistos como un valor o estado medible del sistema, equipo, procedimiento o persona, el cual puede ser expresado en términos cuantitativos o cualitativos.

El propósito de estos criterios es el de asegurar la **funcionalidad, disponibilidad y supervivencia** de los Elementos Críticos de Seguridad, en base a los niveles de performance establecidos por las normas de aplicación de cada tipo de equipo. En la **Figura 4** se presenta la metodología utilizada para la definición de los EP.

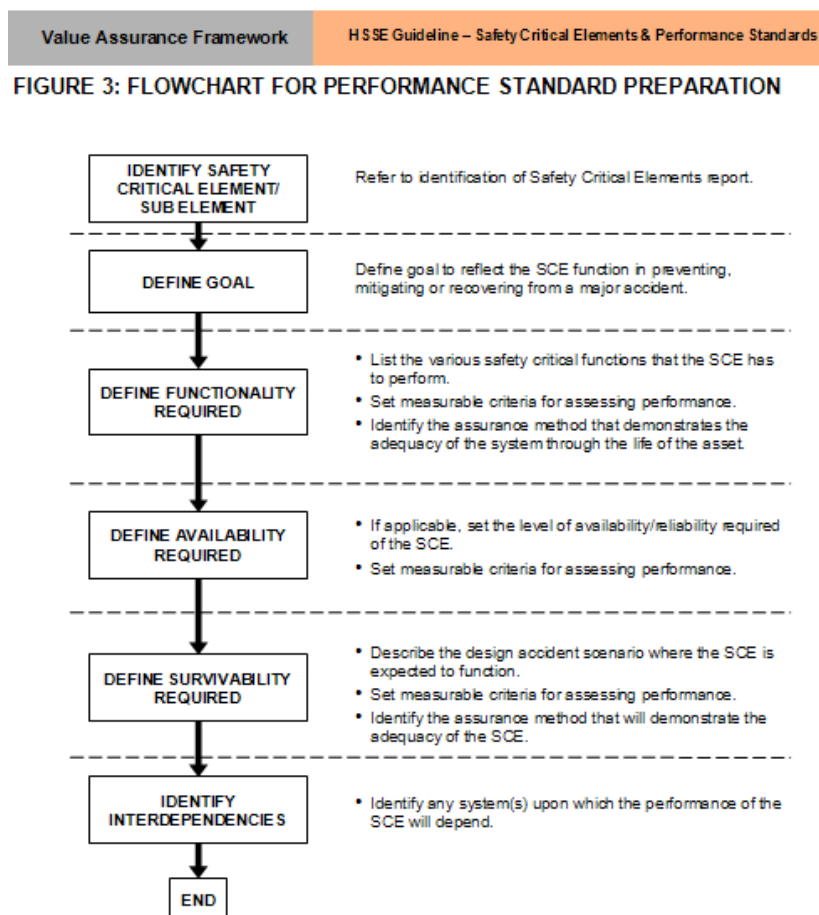


Figura 4.- Diagrama de Flujo para la definición de los EP.

A modo de ejemplo, en la **Figura 5** se presenta el Estándar de Performance para el caso de “Gestión de Operaciones”.

Objetivo del EP:	Definir las actividades que permitan garantizar la operación eficiente y segura del terminal de GNLQ.			
Descripción:	Elementos del sistema de Gestión de Operaciones.			
FUNCIONALIDAD				
Requerimiento	Criterio	Performance Medida	Método de Aseguramiento	Referencia
1501- Filosofía de Operaciones.	Operación del terminal de GNLQ en forma eficiente y segura	Cumplimiento de las especificaciones establecidas en los documentos referenciados	Auditorías y Capacitaciones, de acuerdo con lo especificado en el documento EVE-1500-1.	Decreto 277-2008 Chile NFPA 59A 157229-000-CG-OM-0005 "Start-up, Operations & Maintenance Manual" Procedimientos de Operación GNLQ
1502- Manual de Operaciones.				
1503- Procedimientos de Operación.				
1504- Planos y Diagramas de Operación.				
1505- Simulador OTS (Operation Trainig Simulator).				
1506- Gestión de la Documentación.				
1507- Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento.				
1508- Control de Válvulas fijas precintadas (abiertas o cerradas).				
DISPONIBILIDAD				
Requerimiento	Criterio	Performance Medida (%)	Método de Aseguramiento	Referencia
1501 a 1508	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
RESISTENCIA/SUPERVIVENCIA				
Requerimiento	Criterio	Performance Medida	Método de Aseguramiento	Referencia
1501 a 1508	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

Figura 5.- Planilla empleada para la determinación de EP.

4.2.-Esquemas de Verificación Escritos (EVE)

El objetivo de los **EVE** es elaborar el listado de actividades de inspección, verificación, test y auditoria, que son requeridas para el correcto funcionamiento de los Elementos Críticos de Seguridad. Mediante los **EVE** se deben asegurar los niveles de performance durante la vida útil de los elementos para las categorías **funcionalidad, disponibilidad y supervivencia**. Se definen además las frecuencias con las que deben ser realizadas estas actividades (basadas en normativas aplicables y/o análisis de riesgo), las responsabilidades y competencias de supervisores e inspectores, los procesos de verificación y aprobación, los criterios de evaluación de defectos, entre otros aspectos.

4.3.- Planes de Inspección y Mantenimiento (PIM)

Se efectuó la revisión de los Planes de Inspección y Mantenimiento (PIM) desarrollados por personal de mantenimiento de GNLQ, la cual comprende la vinculación del elemento evaluado con el peligro asociado y los valores resultantes en el Análisis de Riesgo Inherente y la revisión de las actividades y frecuencias de los PIM en relación con lo establecido en los EVE.

5.- ANALISIS DEL RIESGO RESIDUAL

Se efectuó un Análisis del Riesgo Residual de los peligros y amenazas aplicables al terminal de GNL Quintero. Este análisis, realizado en conjunto con personal de mantenimiento, integridad, operaciones y seguridad. Las variaciones en los valores de probabilidad y consecuencias se justifican en la suposición del cumplimiento de los estándares mínimos de performance requeridos para asegurar el correcto

funcionamiento de los Elementos Críticos de Seguridad (físicos o intangibles), definidos como las barreras para prevenir, controlar y mitigar accidentes mayores asociados con la operación del terminal de GNL.

La **Figura 6** presenta una comparación entre el riesgo inherente, analizado en forma previa para la identificación de los Peligros y Amenazas Mayores, y el riesgo residual, donde se observa una importante reducción de los niveles de riesgo, destacándose la ausencia de peligros con riesgo residual Alto.

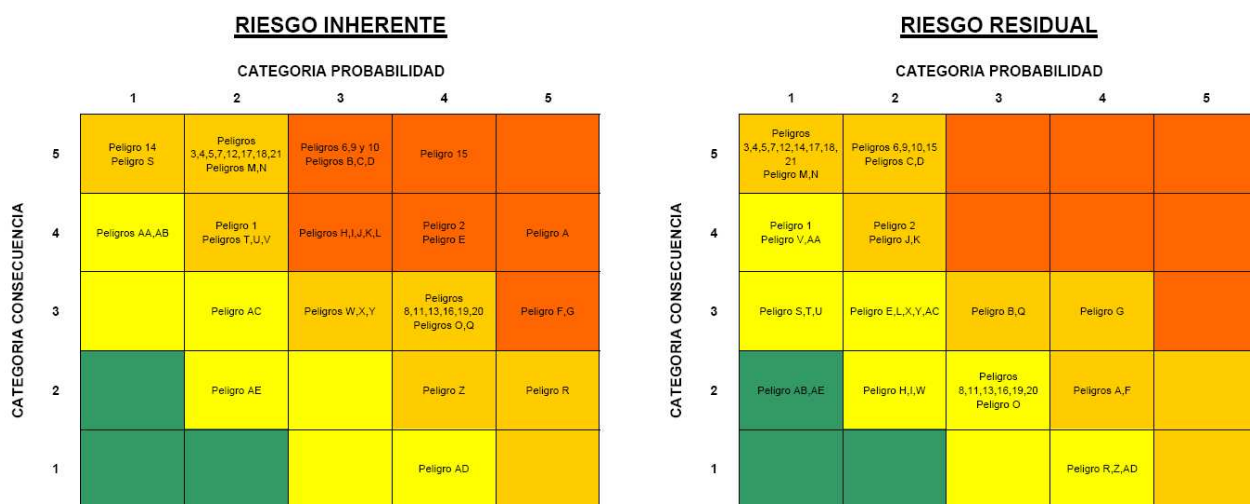


Figura 6.- Comparación entre Matrices de Riesgo Inherente y Residual.

6.- DISCUSION DE RESULTADOS

6.1.- Aspectos Generales del Proyecto

Todos los documentos y análisis desarrollados se realizaron bajo los lineamientos de los estándares de BG y normativas internacionales, y se encuentran alineados con otros documentos relevantes de seguridad como SAFETY CASE, QRA, HAZOP-SIL, etc.

6.2.- Revisión de los Elementos Críticos de Seguridad

El presente proyecto deberá ser revisado formalmente en intervalos apropiados, con el objetivo de determinar si los ELEMENTOS CRITICOS DE SEGURIDAD y sus actividades orientadas a cumplir los requerimientos de funcionalidad, disponibilidad y supervivencia son los adecuados en las condiciones actuales del sistema. El intervalo máximo de revisión no deberá superar un lapso **de 30 meses**, debiendo realizarse la primera revisión del documento en un lapso **de 12 meses** desde el inicio de las actividades. Asimismo, los documentos incluidos en el presente proyecto podrán ser modificados en función de los siguientes casos:

- Modificaciones en la instalación que afecten la designación de los ECS.
- Modificación de las condiciones de operación.
- Actualizaciones en los Códigos o Estándares referentes a los ECS.
- Modificaciones en las condiciones ambientales y/o del entorno.
- Definición de nuevas frecuencias en función de los datos recolectados durante las actividades de inspección, prueba, evaluación, mantenimiento, auditoria, etc.

6.3.- Elementos de Contención – Gestión del Riesgo

El análisis de los ECS determinó que los Elementos de Contención de fluidos resultaron de máxima criticidad, por lo cual todas las actividades relacionadas para establecer la condición de integridad de estos elementos resultarán en tareas prioritarias. Los elementos de contención conformados por los tanques,

recipientes y cañerías conforman la mayor parte de las instalaciones del Terminal GNLQ, es por esto que resulta clave implementar una metodología que permita establecer su integridad mediante la gestión de las actividades de inspección que contemple el riesgo particular de cada elemento. En el EVE correspondiente se consideraron los aspectos mencionados por lo cual se establece el desarrollo de los planes de inspección basados en riesgo, mediante un análisis de RBI o similar.

6.4.- Revisión de Actividades de Mantenimiento

Se propusieron actividades adicionales a las existentes en los planes mantenimiento las cuales son necesarias para cumplir con los requerimientos establecidos en los EP y los EVE. De acuerdo con las tareas y análisis desarrollados durante el actual proyecto se estima que las actividades relacionadas con los Elementos Críticos de Seguridad, no superará el 30% de la totalidad de las actividades realizadas en el Terminal GNLQ.

7.- CONCLUSIONES

El terminal de GNL Quintero cuenta con la identificación de Elementos Críticos de Seguridad (ECS), definidos como las barreras para prevenir, controlar y mitigar accidentes mayores asociados con su operación. Cada ECS identificado cuenta asimismo con la definición de los estándares mínimos de performance y los esquemas de verificación requeridos para asegurar su correcto funcionamiento.

La metodología empleada permitió a GNLQ, a través del Análisis de Riesgo y la asociación de Elementos Críticos de Seguridad, identificar y mitigar los posibles riesgos y asegurar la ausencia de peligros de Riesgo Alto para los trabajadores, activos, vecinos y medio ambiente.

La totalidad del proyecto se encuentra enmarcado en las **mejores prácticas y metodologías de gestión de seguridad y riesgos internacionalmente validadas**, y se encuentra completamente alineado con los estándares internos de BG y otros documentos relevantes de seguridad como SAFETY CASE, QRA, HAZOP-SIL, etc.

8.- REFERENCIAS

- API RP 750 - "Management of Process Hazards".
- Estándares de Seguridad y Calidad de BG (British Gas).
- Safety Case, QRA y HAZOP-SIL desarrollados para GNL Quintero.
- Documentos de DNV (Det Norske Veritas) y HSE (Health and safety Executive).
- GIIGNL – "LNG Incident Identification Study".
- OREDA - "Offshore Reliability - Data Handbook". Det Norske Veritas.
- ARAMIS - "Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of SEVESO II Directive".
- "Guidelines for the Management of Safety Critical Elements". Energy Institute of London.
- "Managing Risk. BG Asset Integrity Workshop". Det Norske Veritas.
- "GNLQ-SCE". CBI.