

Terminal GNL Escobar Revisión independiente

Reporte para:
YPF



Resumen

Terminal de GNL de Escobar

Revisión Independiente

Clasificación de Seguridad del informe: Distribute only after client's acceptance

Número del Documento: 11100289961 R04	Revisión: 04	Fecha del Informe: 26 de Noviembre de 2020
Preparado por: Chris Swift Thanos Koliopoulos Federico Tobias	Revisado por: Dr Kevin Fitzgerald Senior Principal Consultant	Aprobado por: Dr Kevin Fitzgerald Manager - UK & Spain Risk Management Consulting

Nombre y Dirección:
Lloyd's Register Consulting - Energy Limited
Regus Manchester Business Park
3000 Aviator Road
Manchester
M22 5TG
United Kingdom

Nombre y Dirección del Cliente:
YPF
Macacha Guemes 515
CABA Argentina

Nuestro Contacto:
Chris Swift
T: +44 (0) 1246 220129
E: chris.swift@lr.org

Contacto del Cliente:
Federico G. Tobias
T: +54 11 4812 4001
E: federico.tobias@lr.org

Lloyd's Register Group Limited, its subsidiaries and affiliates and their respective officers, employees or agents are, individually and collectively, referred to in this clause as 'Lloyd's Register'. Lloyd's Register assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has signed a contract with the relevant Lloyd's Register entity for the provision of this information or advice and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

Except as permitted under current legislation no part of this work may be photocopied, stored in a retrieval system, published, performed in public, adapted, broadcast, transmitted, recorded or reproduced in any form or by any means, without the prior permission of the copyright owner. Enquiries should be addressed to Lloyd's Register, 71 Fenchurch Street, London, EC3M 4BS.
©Lloyd's Register 2020.

Historial del Documento

Revision	Fecha	Descripcion/Cambios	Cambios hechos por
00	18/11/20	Informe Inicial	Chris Swift
01	19/11/20	Informe Draft	YPF
02	20/11/20	Draft Español	LR/YPF
03	24/11/20	Draft Español	YPF
04	26/11/20	Final Español	LR

Resumen Ejecutivo

Antecedentes

YPF SA (YPF) es el operador de la terminal de regasificación de GNL Escobar en el río Paraná, a unas 30 millas a las afueras de Buenos Aires.

Lloyd's Register Consulting - Energy Limited (actualmente Vysus UK Limited, consultar la sección 7 para más información) realizó dos análisis cuantitativos de riesgos (QRA) para la terminal en 2012 [1] y 2015 [3]. En 2020, YPF contrató a un consultor independiente para actualizar el ECR de 2015 [4].

En octubre de 2020 se presentaron acciones legales contra la susodicha terminal [2] que resultaron en la suspensión de la actividad en la terminal. Estas acciones se sustentan en un análisis cuantitativo de riesgos [5] realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (abreviado como "Universidad" en este informe).

En noviembre de 2020 y a petición de YPF, Lloyd's Register Consulting - Energy Limited ha realizado una revisión independiente de los siguientes estudios:

- QRA del consultor independiente de YPF de 2020 [4]; y,
- QRA de la Universidad de 2020 [5].

El presente informe de Lloyd's Register Consulting - Energy Limited detalla el resultado de esta revisión teniendo en cuenta las mejores prácticas en materia de ECR. Cabe señalar que el informe se centra principalmente en las instalaciones de la terminal de regasificación Escobar. La sección 5 de este informe ha sido elaborada por personal de Lloyd's Register Marine & Offshore y contiene información sobre la operación de los buques gaseros que atienden la terminal.

Este informe

El enfoque adoptado en esta revisión es el siguiente:

- Identificar las mejores prácticas en materia de ECR en instalaciones industriales;
- Revisar las metodologías del QRA de Lloyd's Register Consulting - Energy Limited de 2015 [3], del ECR del consultor independiente de YPF de 2020 [4] y del ECR de la Universidad de 2020 [5], compararlas con las mejores prácticas en materia de ECR y destacar similitudes y diferencias.

Las principales similitudes y diferencias en las metodologías (y su importancia) se resumen en la sección de conclusiones al dorso.

En conclusión, las metodologías del ECR de Lloyd's Register Consulting - Energy Limited de 2015 [3] y del ECR del consultor independiente de YPF de 2020 [4] están alineadas con las mejores prácticas en materia de ECR en instalaciones industriales. La metodología empleada en el ECR de la Universidad de 2020 [5] difiere de las mejores prácticas en algunos aspectos importantes que se resumen a continuación.

En particular, el ECR de la Universidad [5] no considera todos los escenarios accidentales posibles, sino que se centra en un reducido número de escenarios catastróficos tales como BLEVEs y explosiones de nubes de vapores inflamables (VCEs). Adicionalmente, este estudio no realiza una cuantificación de riesgos como establecen estándares internacionales tales como el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS [9]) o el aplicado en Holanda para análisis cuantitativos de riesgos (RIVM [8]). La importancia de los eventos catastróficos mencionados anteriormente (BLEVEs y VCEs) se ha sobrestimado significativamente, lo cual resulta en una sobreestimación del riesgo derivado de estos

eventos para el personal de operaciones de la terminal así como para el público en general en las cercanías de la terminal.

Hallazgos

1. Lloyd's Register y el consultor independiente han realizado análisis de riesgos en concordancia con métodos reconocidos por la industria, como aquéllos definidos por BEVI y CCPS; los análisis además describen la metodología de forma adecuada. Los análisis consideran las instalaciones onshore, el FSRU y el barco de GNL cuando está amarrado.
2. Los escenarios identificados para análisis detallado en los análisis de Lloyd's Register y del consultor independiente son comprensivos de las frecuencias y consecuencias potenciales calculadas utilizando métodos reconocidos por la industria.
3. Se reconoce que existen diferencias entre el análisis cuantitativo de riesgos de Lloyd's Register y el del consultor independiente. Este hecho se puede esperar cuando dos empresas independientes realizan un análisis de este tipo; sin embargo, no hay diferencias significativas en los resultados globales.
4. Tanto el análisis cuantitativo de Lloyd's Register como el del consultor independiente concluyendo que los riesgos a los que se enfrenta el público fuera de la Terminal Escobar, una vez comparado con criterios de riesgo de YPF y del Health and Safety Executive del Reino Unido, son ampliamente aceptables, y que el riesgo para el personal de la terminal es tolerable si se demuestra que es ALARP. Por lo tanto, no se identifica ningún riesgo inaceptable con relación a fugas de GNL asociadas con la operación de la terminal.
5. El análisis de la Universidad es de una naturaleza semicuantitativa e identifica niveles de riesgo identificados en zonas específicas, tanto en la zona de la Terminal Escobar como a través de la ruta de tránsito del barco de carga de GNL; este método difiere del usado por Lloyd's Register y el consultor independiente y no es un método que se esperarí de un análisis cuantitativo de riesgos que cumple con las mejores prácticas de la industria.
6. El análisis de la Universidad identifica explosiones (tanto de tipo BLEVE como después de una fuga de gas (VCE)) como un tipo de incidente de alto riesgo, y se concentra en estos escenarios a lo largo de análisis. Una explosión de tipo BLEVE no es generalmente considerada posible en un barco de carga de GNL, FSRU o una terminal de gas del tipo considerado en el análisis, y por lo tanto el uso de este escenario como el riesgo principal no es válido. Una explosión tras una fuga de GNL es posible, pero requeriría unas condiciones específicas, y el análisis de la Universidad no considera la posibilidad de que estas condiciones se den en la terminal o a través de la ruta de tránsito de los barcos de transporte de GNL.
7. La evaluación de incidentes ocurridos en otros establecimientos industriales o la industria marítima que se realiza en el análisis de la Universidad incluye un alto número de incidentes de GLP (gas licuado de petróleo), los cuales no son representativos de incidentes con GNL, y también erróneamente categoriza algunos incidentes como explosiones de tipo BLEVE cuando en realidad no lo fueron.
8. El cálculo de consecuencias, frecuencias y riesgos realizados por la Universidad se basa en una muestra reducida de explosiones (de tipo BLEVE u otro, VCE), las cuales no son representativas de la Terminal Escobar o de operaciones con barcos de transporte de GNL. La metodología usada

para evaluar frecuencias no es clara y los resultados del análisis de frecuencia dan la impresión de no ser consistentes con el número de incidentes que han ocurrido en el sector.

Los dos métodos usados por la Universidad para comparar los riesgos asociados con los escenarios evaluados no están en línea con las mejores prácticas del sector. Lloyd's Register no ha sido capaz de reconocer el criterio de tolerabilidad indicado; la Universidad indica que el criterio está basado en la Directiva III Seveso, pero Lloyd's Register entiende que dicha Directiva no incluye ningún criterio cuantitativo de riesgos.

Glosario / abreviaturas

AIChE	Instituto Americano de Ingenieros Químicos
ALARP	Tan bajo como sea razonablemente posible
CCPS	Centro de Seguridad de Procesos Químicos - Instituto Americano de Ingenieros Químicos
EGIG	Grupo europeo de datos de incidentes de gasoductos
FMEA	Análisis de efectos y modos de falla
FRED	Tasa de fallas y datos de eventos
FSRU	Unidad flotante de almacenamiento y regasificación
GR	Riesgo geográfico
HAZID	Identificación de peligros
HAZOP	Riesgo y operabilidad
HRD	Base de datos de liberación de hidrocarburos
HSE	Ejecutivo de Seguridad y Salud
IRPA	Riesgo individual por año
LFL	Límite inferior de inflamabilidad
GNL	Gas natural licuado
GLP	Gas Licuado de Petroleo
LNGC	Transportista de LNG
LSIR	Riesgo individual específico de la ubicación
MAH	Riesgo de accidente grave
MEM	Método de energía múltiple
NG	Gas natural
P&ID	Diagrama de instrumentos y tuberías
PCAG	Guía de planificación de evaluación de casos
PHA	Análisis de peligros del proceso
ECR	Evaluación cuantitativa de riesgos
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu [Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos]
RPT	Transición rápida de fase
STS	Buque à buque
VCE	Explosión de nube de vapor

Tabla de contenido

Página

1	Introducción	9
1.1	La instalación	9
1.2	Evaluación de riesgos	11
1.3	Alcance de la revisión	11
1.4	Estructura del informe	11
2	Descripción general y mejores prácticas de ECR	12
2.1	Descripción general de ECR	12
2.2	Mejores prácticas de ECR	12
2.2.1	Instituto Británico de Normalización	13
2.2.2	CCPS	13
2.2.3	EN 31010	13
2.2.4	BEVI	14
2.2.5	Diagrama de flujo de ECR	15
3	Peligros del GNL y el gas natural	16
3.1	Propiedades del gas natural	16
3.2	Riesgos de incendio y explosión	16
3.3	Chorro de Fuego	16
3.4	Incendios Repentinos	18
3.5	Estanques de Incendio	18
3.6	Explosiones de nubes de vapor	18
3.7	Quemaduras criogénicas	18
3.8	Transición rápida de fase	19
3.9	BLEVE	19
4	Revisión detallada	20
4.1	Definición del estudio	20
4.1.1	ECR de Lloyd's Register	20
4.1.2	Consultor Independiente de ECR	21
4.1.3	Evaluación universitaria de ECR	21
4.1.4	Discusión	21
4.2	Recopilación de datos	22
4.2.1	ECR de Lloyd's Register	22
4.2.2	Consultor Independiente de ECR	23
4.2.3	Evaluación universitaria	23

4.2.4	Discusión	23
4.3	Identificación de peligros	23
4.3.1	ECR de Lloyd's Register	23
4.3.2	Consultor Independiente de ECR	23
4.3.3	Evaluación universitaria	24
4.3.4	Discusión	27
4.4	Definición de escenario de lanzamiento	28
4.4.1	ECR de Lloyd's Register	28
4.4.2	Consultor Independiente de ECR	28
4.4.3	Evaluación universitaria	29
4.4.4	Discusión	29
4.5	Análisis de consecuencias	30
4.5.1	ECR de Lloyd's Register	32
4.5.2	Consultor Independiente de ECR	33
4.5.3	Evaluación universitaria	34
4.5.4	Discusión	35
4.6	Análisis de frecuencia	37
4.6.1	ECR de Lloyd's Register	37
4.6.2	Consultor Independiente de ECR	38
4.6.3	Evaluación universitaria	38
4.6.4	Discusión	38
4.7	Cálculo de riesgos	39
4.7.1	ECR de Lloyd's Register	40
4.7.2	Consultor Independiente de ECR	40
4.7.3	Evaluación universitaria	41
4.7.4	Discusión	41
4.8	Evaluación de riesgos	42
4.8.1	ECR de Lloyd's Register	44
4.8.2	Consultor Independiente de ECR	46
4.8.3	Evaluación universitaria	48
4.8.4	Discusión	50
5	Resumen	52
6	Asesoramiento de Operaciones Maritimas	55
7	Hallazgos Principales	59
8	Referencias	61

Introducción

1 Introducción

La terminal de regasificación de GNL Escobar, operada por YPF SA (denominada YPF en este informe), está ubicada en el río Paraná, a unas 30 millas a las afueras de Buenos Aires.

En octubre de 2020, en el marco de una causa judicial iniciada con una denuncia [2] contra la operación de regasificación de YPF en la terminal, se resolvió la clausura y la operación de la terminal está actualmente suspendida por una orden judicial dictada en el marco de dicha causa.

Como evidencia para respaldar lo solicitado en el marco de la denuncia judicial, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (denominada Universidad en este informe) completó una Evaluación Cuantitativa de Riesgos (ECR). Los resultados de esta ECR se detallan en un informe [5] publicado por la Universidad en octubre de 2020 y agregado a la causa judicial, informe en el que se basó la resolución de clausura.

Lloyd's Register Consulting - Energy Limited (y su predecesor LR Scandpower Ltd.) habían completado previamente ECR para la terminal Escobar a requerimiento de YPF (en 2013 [1] y en 2015 [3]). El estudio de 2015 se llevó a cabo luego de cambios en la ubicación de algunas poblaciones del sitio y la adición del nuevo Edificio de Administración y Centro Médico. El ECR de Lloyd's Register fue posteriormente revisado y revisado en 2020 por un consultor independiente contratado por YPF [4].

Tras la discusión entre Lloyd's Register Marine & Offshore e YPF, Lloyd's Register Consulting - Energy Limited (ahora Vysus UK Ltd) ha llevado a cabo una revisión independiente de las dos ECR completadas en 2020, comparando con las mejores prácticas actuales aceptadas por la industria en ECR los enfoques adoptados por :

- Consultor independiente de YPF [4];
- la Universidad Nacional de Lomas de Zamora [5].

Al realizar esta revisión, Lloyd's Register Consulting - Energy Limited (ahora Vysus UK Ltd) ha hecho referencia a su propia ECR de 2015 [3] como ejemplo de referencia de las mejores prácticas actuales de la industria.

1.1 La instalación

La terminal de GNL Escobar está ubicada cerca de Buenos Aires, Argentina (ver Figura 1.1.). La terminal comprende:

- Un embarcadero en Puerto Escobar, Buenos Aires;
- Una Unidad Flotante de Almacenamiento y Regasificación (FSRU) amarrada en el muelle;

- Reabastecimiento de la FSRU mediante transferencia de buque a buque desde un transportador de GNL (LNGC), amarrado junto a la FSRU
- Transferencia de buque a buque utilizando mangueras criogénicas;
- Un gasoducto corto sobre el suelo conectado a un gasoducto largo soterrado que alimenta la red nacional de gas de Argentina; y,
- Edificio de administración, centro médico y sala de control.

La FSRU puede almacenar hasta 150,900 m³ de LNG en sus tanques. El GNL se regasifica a bordo del FSRU y se exporta a través de un brazo de descarga de alta presión (HP) Emco Wheaton al ducto del muelle. El equipo del embarcadero incluye válvulas de cierre de emergencia (ESDV), un sistema de detección de incendios y gas y un sistema de protección de presión. Existe un enlace barco-costa (SSL) entre la FSRU y el sistema instrumentado de seguridad del lado del embarcadero (SIS).

El brazo de descarga de gas tiene alarmas de rango y acoplamientos de liberación de emergencia. En el caso de que el movimiento de la FSRU en relación con el embarcadero exceda los límites aceptables, se inicia la parada (apagando las bombas del barco y cerrando las ESDV en la FSRU y el embarcadero). En última instancia, los acoplamientos de liberación de emergencia funcionan, evitando una liberación significativa de gas.

La transferencia de buque a buque (STS) de GNL entre el LNGC y la FSRU se realiza mediante mangueras criogénicas cada 5-8 días.



Figura 1.1 Localización de la terminal (extracto de Google Earth)

1.2 Evaluación de riesgos

De acuerdo con las buenas prácticas internacionales y con los requisitos reglamentarios nacionales, se completó una evaluación cuantitativa de riesgos (ECR) de la terminal en la etapa de diseño.

Un ECR es un enfoque sistemático para evaluar la probabilidad y las consecuencias de eventos peligrosos y expresar los resultados cuantitativamente como riesgo para las personas y, si es necesario, los activos y el medio ambiente.

Los estudios ECR suelen ser necesarios para instalaciones de producción y procesamiento, tuberías de alta presión, sitios de almacenamiento y terminales, incluidas las instalaciones de gas natural licuado (GNL).

Las técnicas están bien establecidas y existen fuentes de datos reconocidas destinadas a garantizar que se sigan las mejores prácticas industriales.

1.3 Alcance de la revisión

La revisión aquí reportada cubre una comparación del enfoque de ECR adoptado por el Consultor Independiente de YPF [4] y por la Universidad Nacional de Lomas de Zamora [5]. El ECR completado por Lloyd's Register Consulting - Energy Limited en 2015 [3] se toma como un ejemplo de referencia de las mejores prácticas actuales de la industria en materia de ECR.

La Universidad consideró los incidentes relacionados con el tránsito por agua durante el tránsito del LNGC. Estos incidentes normalmente no están dentro del alcance de los estudios de ECR de terminales de GNL y no se incluyeron en los ECR de Lloyd's Register ni del Consultor Independiente de YPF Independent Consultant. Por lo tanto, están excluidos de la revisión comparativa que aquí se informa, que se limita a la propia terminal de LNG. Sin embargo, cuando corresponde, este informe hace observaciones sobre la idoneidad del enfoque adoptado para la evaluación de riesgos del tránsito de LNGC.

1.4 Estructura del informe

Este informe combina la explicación de la metodología ECR con una revisión de los tres informes ya indicados (es decir, [4] y [5] con [3] como punto de referencia).

Primero se proporciona una descripción general de las mejores prácticas actuales de la industria en materia de ECR, y luego los tres informes se revisan paso a paso en las Secciones que están alineadas con la propia metodología ECR.

Luego se discuten los temas y aspectos clave de la ECR aplicada a la terminal de GNL de Escobar.

2 Descripción general y mejores prácticas de ECR

2.1 Descripción general de ECR

Cualquier evaluación de riesgos busca dar respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede ir mal?
- Si las cosas salen mal, ¿cuáles serían las consecuencias?
- ¿Cuál es la probabilidad de que las cosas salgan mal?
- ¿Es necesario emprender alguna acción?

La evaluación de riesgos es un método estructurado para obtener respuestas a estas y otras preguntas relacionadas. Como sugiere el nombre, la evaluación cuantitativa de riesgos (ECR) se utiliza para indicar los resultados de probabilidad, consecuencia y riesgo en términos numéricos.

El Informe de Investigación Ejecutiva de Salud y Seguridad del Reino Unido CRR293 [6] proporciona una descripción útil de Riesgo y ECR:

“El riesgo es la posibilidad de que ocurra algo adverso. En el contexto actual, "algo adverso", o consecuencia, suele ser la muerte o la exposición de las personas a un nivel (o dosis) específico de una sustancia o fuente de energía nociva. La 'oportunidad' generalmente se expresa como una probabilidad o una frecuencia”.

“Una evaluación de riesgos consiste en una estimación de los riesgos que surgen de los peligros identificados, con el fin de controlar, evitar o comparar esos riesgos. Una ECR es una evaluación de riesgos que incorpora estimaciones numéricas (es decir, de consecuencias y frecuencia)”.

CRR293 reconoce que ECR no es una ciencia exacta y que existen incertidumbres dentro de las estimaciones numéricas de riesgo producidas que surgen de una serie de fuentes [7]

2.2 Mejores prácticas de ECR

La metodología ECR se ha desarrollado a lo largo de varios años y se describe en muchas publicaciones, siendo referencias clave los manuales BEVI holandeses [8] y la guía CCPS [9]. El Instituto de Normas Británicas (BSI) también ha proporcionado algunas orientaciones [10]. Estas referencias se resumen en los siguientes párrafos.

2.2.1 Instituto Británico de Normalización

BS 8444: Parte 3: 1996 "Guía para el análisis de riesgos de los sistemas tecnológicos" [10] proporciona orientación sobre el análisis de riesgos de los sistemas tecnológicos y fue diseñada para ser ampliamente aplicable a una variedad de industrias o tipos de sistemas. La Norma considera el análisis de riesgos como teniendo lugar dentro de un proceso general de gestión de riesgos.

El Estándar no está dirigido específicamente a la ECR, pero brinda una guía general sobre las mejores prácticas de evaluación de riesgos.

2.2.2 CCPS

El Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos (CCPS) del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (CCPS) [9] proporciona un procedimiento detallado para ECR de procesos químicos (CPECR). Este estándar sigue gran parte del enfoque descrito en BS 8444 y describe consejos prácticos sobre ECR, con secciones que detallan:

- Antecedentes y definición de ECR;
- El uso de ECR;
- Gestión de ECR;
- Identificación de peligros;
- Análisis de consecuencias;
- Análisis de frecuencia;
- Evaluación de riesgo;
- Supuestos y limitaciones;
- Uso de resultados de ECR;
- Comunicación de riesgos; y,
- Errores de ECR.

2.2.3 EN 31010

Esta norma [11] está destinada a reflejar las buenas prácticas actuales en la selección y utilización de técnicas de evaluación de riesgos. La norma es de naturaleza general y, por lo tanto, es aplicable a muchas industrias y tipos de sistemas.

El estándar reconoce que pueden existir estándares más específicos dentro de industrias específicas que establecen metodologías preferidas y niveles de evaluación para aplicaciones particulares y si estos estándares están en armonía con este estándar, los estándares específicos serán generalmente suficientes.

Aunque EN 31010 no incluye ECR, incluye técnicas o conceptos que se utilizan con frecuencia dentro de ECR; específicamente:

- Análisis preliminar de peligros (PHA);
- Estudio de riesgos y operabilidad (HAZOP);
- Análisis del árbol de fallos;
- Análisis del árbol de eventos;
- Curvas FN;
- Tan bajo como sea razonablemente posible (ALARP); y,
- Índices de riesgo.

EN 31010 proporciona detalles de las técnicas junto con sus fortalezas y debilidades.

2.2.4 BEVI

Dentro de los Países Bajos, el Decreto de seguridad externa [establecimientos] (Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen, BEVI [8]) establece requisitos para garantizar que las ECR realizadas en los Países Bajos sean verificables, reproducibles y comparables. Para cumplir con este requisito, las ECR deben completarse basándose en los mismos supuestos, modelos e información básica. El Comité para la Prevención de Desastres causados por Sustancias Peligrosas (CPR) ha publicado una serie de informes en los que se registran los métodos de cálculo de la ECR, en particular el 'Libro Rojo', el 'Libro Amarillo', el 'Libro Verde' y el 'Libro púrpura'.

El "Libro Rojo" describe los métodos utilizados para determinar y procesar probabilidades [26].

En el "Libro amarillo" se establecen modelos que pueden utilizarse para determinar el flujo de salida y la dispersión de sustancias peligrosas en la zona circundante [27].

El "Libro Verde" describe los efectos de la exposición a sustancias tóxicas, la radiación térmica y la sobrepresión en el hombre [28].

Todas las demás suposiciones y detalles básicos necesarios para el cálculo de la ECR se establecen en el "Libro púrpura" [29].

El método de cálculo ECR se definió esencialmente en su totalidad con la publicación de los libros en colores. Para comprobar que las ECR se estaban llevando a cabo de forma coherente, el Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente, RIVM) llevó a cabo un estudio de referencia. Los resultados del estudio de referencia demostraron que podrían producirse grandes diferencias en los resultados de los cálculos, según la interpretación del consultor y el paquete de cálculo utilizado. Como resultado, se estipuló un paquete de cálculo específico para realizar los cálculos de ECR para los establecimientos que estaban bajo el BEVI; este fue el paquete de cálculo SAFETI-NL proporcionado por DNV London. El Libro Morado también fue reemplazado por un Manual de Referencia de Evaluaciones de Riesgos de BEVI (el Manual de Referencia de BEVI).

La combinación del paquete de cálculo SAFETI-NL y el presente Manual de referencia [8] representa actualmente el método de cálculo para realizar una ECR como parte del BEVI, y a menudo se denomina "método de cálculo BEVI".

Si bien el método de cálculo BEVI está diseñado para realizar ECR en los Países Bajos, el enfoque general y muchas de las técnicas y supuestos utilizados son aplicables a las ECR en todo el mundo.

2.2.5 Diagrama de flujo de ECR

En la Figura 2 se muestra un diagrama de flujo simplificado que muestra los pasos principales en el proceso de ECR.

En la práctica, realizar una ECR es una tarea compleja con una variedad de fuentes de datos, cálculos y suposiciones.

Una ECR robusta debe describir claramente todos los aspectos que se muestran en la Figura 2 y todas las suposiciones realizadas deben estar debidamente justificadas.

Tenga en cuenta que, como se indica en la Figura 2, el análisis de frecuencia, el análisis de consecuencias y el análisis de riesgo se realizan dentro del paquete de software.

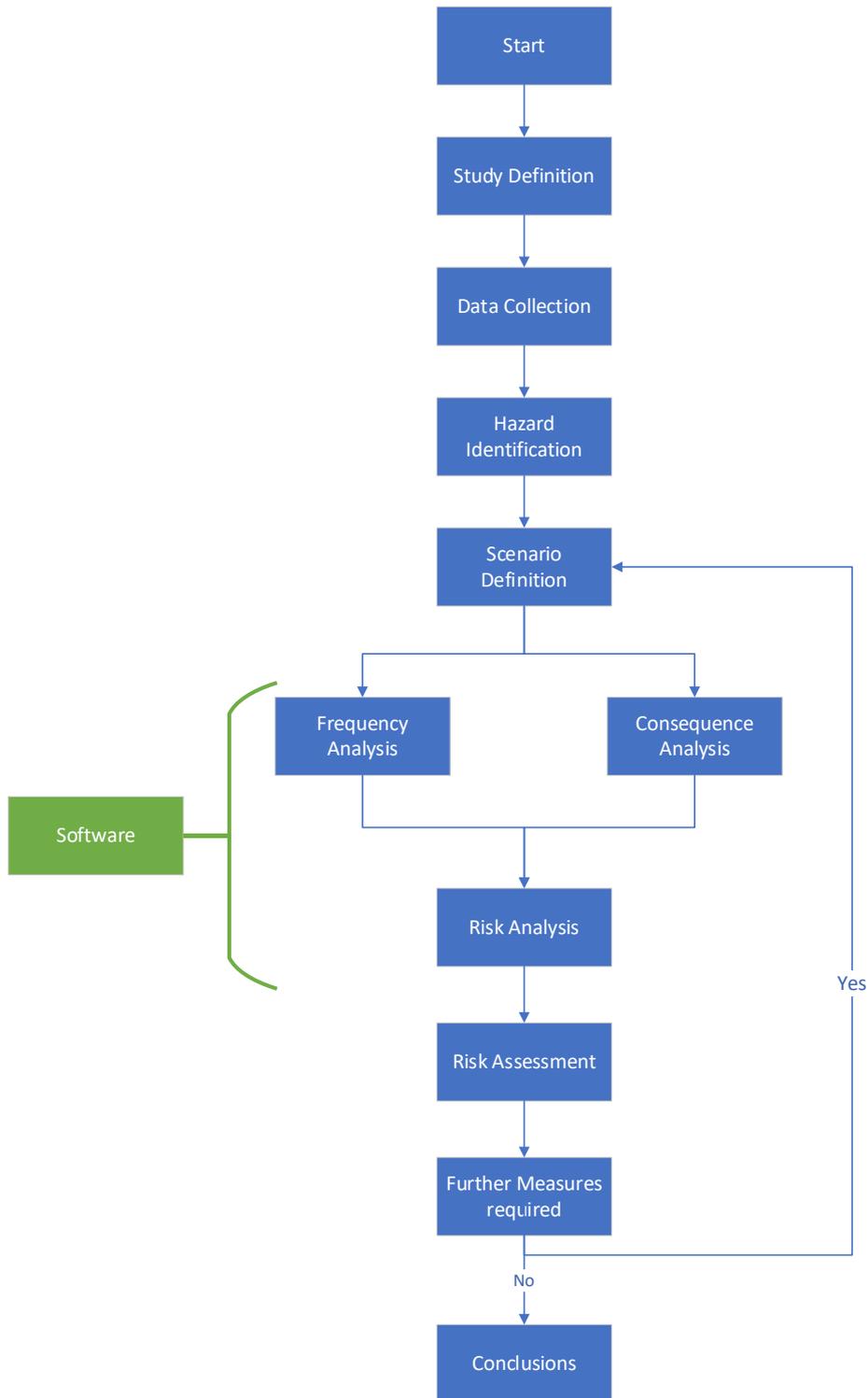


Figura 2: Diagrama de flujo de ECR

3 Peligros del GNL y el gas natural

3.1 Propiedades del gas natural

El gas natural (NG) es una mezcla de metano (el componente principal) y otros hidrocarburos de bajo peso molecular (como etano y propano). El GNL (gas natural licuado) es gas natural que se mantiene en forma líquida a temperaturas extremadamente bajas y a presiones cercanas a la atmosférica. El proceso de licuefacción requiere que se eliminen contaminantes como el agua y el dióxido de carbono, de modo que la concentración de dichos contaminantes en el GNL y el gas natural producido al vaporizar el GNL sea extremadamente baja. Las propiedades físicas del metano, etano y propano se resumen a continuación.

Tabla 1: Propiedades Físicas del Gas Natural

Propiedad	Substancia		
	Metano	Etano	Propano
Fórmula química	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈
Peso molecular	16.04	30.07	44.09
Punto de ebullición atmosférico (OC)	-161.5	-88.6	-42.1
Gravedad específica del líquido (relativo al agua = 1)	0.422 (at -160°C)	0.546 (at -88.6°C)	0.590 (at -50°C)
Peso específico del gas (relativo al aire = 1)	0.55	1.1	1.5
Límite inferior de inflamabilidad (% v / v)	5	2.9	2.1
Límite superior de inflamabilidad (% v / v)	15	13	9.5

Source: Cheremisinoff, N P (2000). *Handbook of Hazardous Chemical Properties*

Los peligros del gas natural surgen de su inflamabilidad y propiedades de dispersión de vapor. El GNL presenta un peligro adicional en forma de frío extremo (que se mantiene a una temperatura de aproximadamente -162 ° C). Debe tenerse en cuenta que el gas natural no es tóxico (aunque puede actuar como asfixiante al desplazar el aire).

3.2 Riesgos de incendio y explosión

El gas natural, cuando se libera de la contención como gas, o cuando se genera por vaporización de una liberación de GNL, forma mezclas inflamables en el aire entre concentraciones de 5 y 15% vol / vol. Aunque el gas natural a temperatura ambiente es

menos denso que el aire, el vapor de gas natural generado por el LNG a $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ es aproximadamente 1,5 veces más denso que el aire a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por tanto, el gas natural como gas a presión a temperatura ambiente se vuelve rápidamente flotante tras su liberación. Sin embargo, el vapor frío generado por la vaporización del GNL se comporta como una nube densa. Aunque a medida que el vapor frío se mezcla con el aire se vuelve más cálido y menos denso, la nube tenderá a permanecer flotando negativamente hasta que se haya dispersado por debajo de su límite inferior de inflamabilidad (LFL).

Pueden surgir diferentes tipos de peligro de incendio, dependiendo de si se libera gas natural gaseoso o GNL. Estos peligros de incendio incluyen fuegos de chorro, fuegos repentinos e incendios de piscinas. En determinadas circunstancias, también pueden producirse explosiones de nubes de vapor (VCE) (consulte a continuación para obtener más detalles).

3.3 Chorro de Fuego

Un chorro de fuego es una llama fuertemente direccional causada por la quema de una liberación continua de gas inflamable presurizado (en este caso, gas natural) cerca del punto de liberación. La ignición puede ocurrir poco después de que comience la liberación; o puede retrasarse, con la llama ardiendo de regreso a través de la nube (es decir, como un destello, ver más abajo) hasta la fuente. Los chorros de agua pueden resultar de fugas encendidas de equipos de proceso (recipientes, tuberías, juntas, etc.) y tuberías.

Un chorro de fuego puede dirigirse horizontal o verticalmente (o en algún ángulo intermedio). Un chorro de fuego puede incidir en estructuras u otros equipos de proceso, lo que puede provocar una escalada del incidente. La intensidad de la radiación térmica emitida por los chorros de fuego puede ser suficiente para causar daños a las personas expuestas.

3.4 Incendios Repentinos

Los incendios repentinos son el resultado de la ignición de una nube de gas o vapor inflamable, cuando la concentración de gas dentro de la nube está dentro de los límites inflamables. En este caso, la nube inflamable puede ser generada por:

- Una liberación de gas inflamable presurizado (es decir, gas natural); o,
- Vaporización de un charco de líquido inflamable volátil (es decir, GNL).

Por lo general, un incendio repentino ocurre como resultado de una ignición retardada, una vez que la nube inflamable ha tenido tiempo de crecer y alcanzar una fuente de ignición. En ausencia de confinamiento o congestión, la quema dentro de la nube se produce con relativa lentitud, sin una sobrepresión significativa. Se supone que los efectos térmicos se limitan generalmente al interior de la envoltura de la llama, donde existe una probabilidad muy alta de muerte.

3.5 Estanques de Incendio

Las emisiones encendidas de líquidos inflamables (incluido el GNL) tienden a provocar estanques de incendios. Al igual que con los chorros de fuego, la ignición del charco de líquido puede ocurrir poco después de que comience la liberación, o puede ocurrir como resultado de un retroceso de una fuente de ignición remota, si el líquido es lo suficientemente volátil como para generar una nube de vapor inflamable.

3.6 Explosiones de nubes de vapor

Cuando una nube de gas inflamable ocupa una región que está confinada o congestionada y se enciende, se produce una explosión de nube de vapor. La presencia de confinamiento (en forma de paredes, pisos y / o techo) o congestión (como tuberías, recipientes y otros elementos asociados con la planta de proceso) dentro y alrededor de la nube inflamable da como resultado la aceleración de la llama al encenderse. Esta aceleración de la llama genera una sobrepresión de la explosión. La fuerza de la explosión depende de varios factores, que incluyen:

- La reactividad del combustible;
- El grado de confinamiento o congestión;
- El tamaño de la región congestionada / confinada ocupada por la nube inflamable; y,
- La fuerza de la fuente de ignición.

Cabe señalar que una variedad de objetos pueden actuar como confinamiento / congestión, además de los que normalmente se encuentran en la planta de proceso. Esto incluye áreas de vegetación densa que bordean el sitio.

Una revisión reciente de HSE (Ref: HSE RR113, 2017) no identificó ningún registro histórico de explosiones de nubes de vapor de LNG en áreas abiertas con la gravedad suficiente para causar daños secundarios a tanques y tuberías y, en consecuencia, una escalada rápida de un incidente de fuga menor del proceso a una pérdida importante de inventario.

3.7 Quemaduras criogénicas

La temperatura extremadamente baja (criogénica) del GNL significa que puede causar quemaduras si entra en contacto con la piel expuesta. Además, la inhalación de los vapores fríos generados por el GNL puede causar daño a los pulmones (el llamado "congelamiento de los pulmones").

3.8 Transición rápida de fase

Si se derrama GNL en el agua, generalmente forma una piscina hirviendo en la superficie del agua. Sin embargo, en determinadas circunstancias, el GNL liberado en el agua puede cambiar de líquido a vapor prácticamente instantáneamente. El efecto se ha observado en algunos experimentos con GNL, pero no se comprende bien. Una transición de fase rápida (RPT) puede generar sobrepresión y una "bocanada" de vapor en dispersión. Cualquier daño por la sobrepresión generada suele ser bastante

localizado. Los rápidos cambios de fase no han dado lugar a ningún incidente importante conocido que involucre al GNL.

3.9 BLEVE

Un BLEVE ocurre cuando un recipiente cerrado que contiene un líquido se calienta externamente, generalmente por un fuego externo. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la presión dentro del recipiente y se reduce la resistencia del recipiente. Finalmente, el recipiente falla y el líquido liberado se despresuriza rápidamente, provocando una transición casi instantánea de líquido a vapor con la correspondiente liberación de energía. Una BLEVE de material inflamable suele ir acompañada de una gran bola de fuego en aerosol.

4 Revisión detallada

En la Sección 2.1 se presenta una introducción general al enfoque QRA y las referencias técnicas clave asociadas.

Esta revisión considera las principales actividades realizadas durante una QRA, como se muestra en la Figura 2.

4.1 Definición del estudio

Es importante definir el alcance y los objetivos del estudio desde el principio, ya que estos influirán en la amplitud, profundidad y resultados del análisis. La definición del estudio implica:

- Definir el sistema a analizar (en términos de los tipos de procesos involucrados, los límites físicos del sistema, la naturaleza del entorno / población circundante, etc.);
- Describir las razones para realizar el análisis (los objetivos del estudio o las inquietudes que dan lugar a la necesidad del análisis); y,
- Identificar las decisiones que deberán tomarse, utilizando los resultados del análisis como una entrada. Los tipos de decisión que se deben tomar influyen en el resultado requerido del análisis.

Sin objetivos claros y acordados, una QRA puede no producir resultados adecuados.

4.1.1 ECR de Lloyd's Register

Las ECR de Lloyd's Register (2013 [1] y 2015 [3]) se llevaron a cabo para verificar el cumplimiento de los criterios de riesgo del Reino Unido con reconocimiento global, para daños al personal en el sitio y a miembros del público en general (consulte el informe ECR de Lloyd's Register [3] para los criterios de riesgo).

Los sistemas considerados para el ECR fueron:

- El LNGC (una vez atracado);
- La FSRU;
- Transferencia de LNGC / FSRU de buque a buque;
- Instalaciones de gas en tierra; y,
- El gasoducto de gas natural.

Para cada uno de estos sistemas, se considera parte del ECR una variedad de casos de liberación y consecuencias. Los resultados de ECR debían utilizarse como parte de la gestión en curso de YPF de las actividades de riesgo para la terminal, como lo demuestra la actualización de 2015 de ECR para reflejar los cambios en los edificios.

4.1.2 Consultor Independiente de ECR

La ECR del Consultor Independiente de YPF en 2020 [4] también se llevó a cabo como parte del programa de gestión de riesgos de YPF en curso, que requiere una

actualización de la ECR cada 5 años y fue una actualización de la ECR de Lloyd's Register de 2015.

El alcance declarado de la ECR era para los mismos sistemas considerados por Lloyd's Register con riesgo para las personas por la liberación de materiales inflamables o tóxicos, con una comparación del riesgo con los criterios del Reino Unido y corporativos de YPF para daños a las personas.

4.1.3 Análisis de la Evaluación realizada por la Universidad LZ

La Evaluación de Riesgos realizada por la Universidad Nacional de Lomas de Zamora en 2020 ([5], denominada aquí "Evaluación de la Universidad LZ") se centró en escenarios que podrían conducir a accidentes mayores y / o catastróficos.

En particular, la atención se centró en aquellos escenarios que conducen a los niveles más altos de consecuencias para las personas y el medio ambiente, en lugar de los mayores contribuyentes de riesgo. Estos fueron identificados específicamente como Explosiones de nube de vapor (VCE) y Explosiones de nube de vapor en expansión de líquido en ebullición (BLEVE) en la terminal y a lo largo de la ruta del LNGC a la Terminal.

El ECR se basó en general en los mismos sistemas en tierra que los ECR de Lloyd's Register [3] y del Consultor Independiente de YPF [4], pero también incluyó un análisis de vulnerabilidad para los buques de transporte de LNG en la ruta de navegación hacia la terminal portuaria de LNG de Escobar (sección de hidrovía y aproximación).

4.1.4 Discusión

Los objetivos y el alcance de las ECR de Lloyd's Register [3] y del Consultor Independiente de YPF [4] estaban en línea con los requisitos de YPF para evaluar el riesgo para el personal en el sitio y las poblaciones fuera del sitio contra los criterios establecidos como parte de la gestión del riesgo. Los sistemas considerados en estos estudios eran apropiados para una ECR en tierra.

El enfoque principal de la Evaluación de la Universidad LZ [5] parece ser una evaluación de los escenarios que tienen las peores consecuencias. Como tal, ofrece una imagen incompleta del riesgo. Centrarse en un subconjunto de incidentes potenciales no se ajusta a las mejores prácticas de la industria; un ECR debe considerar una variedad de eventos (incluidos los que tienen un impacto local [es decir, in situ] únicamente) y el riesgo asociado a través de la combinación de la frecuencia y las consecuencias de estos eventos.

Los riesgos asociados con el tránsito de LNGC a la Terminal Escobar fueron considerados en la Evaluación de la Universidad LZ. Estos riesgos normalmente no se consideran parte de una ECR en tierra y normalmente serían parte de una evaluación de riesgo específica para la operación de LNGC. La combinación de la ECR en tierra con la evaluación de vulnerabilidad de LNGC tiende a agregar complejidad a la evaluación, ya que son dos temas diferentes.

Puntos Principales

- El alcance y la definición de Lloyd's Register y los ECR del Consultor Independiente de YPF se alinean, están bien definidos y cumplen con los estándares de la industria para evaluar el riesgo
- La Evaluación de la Universidad LZ solo se concentra en los peores eventos y descuida aquellos que tienen un impacto más limitado (por ejemplo, solo en el sitio). Como tal, ofrece una imagen incompleta del riesgo.
- La inclusión de los riesgos de tránsito de LNGC en la Evaluación de la Universidad LZ complica el análisis. Es convencional separar estos temas.

4.2 Recopilación de datos

Dependiendo del propósito del análisis y del tamaño del sistema en consideración, la cantidad de datos necesarios para realizar una ECR puede ser sustancial. Normalmente, los datos requeridos incluyen:

- Información sobre el sistema (planos de ingeniería, datos de proceso, especificaciones del equipo, planos de distribución, etc.);
- Información sobre los sistemas de seguridad de procesos;
- Información sobre posibles fuentes de ignición (dentro y fuera del sitio);
- Datos de población (para personas en el sitio y / o fuera del sitio, según el propósito del estudio); y,
- Datos meteorológicos.

Tener datos de buena calidad para la ECR es fundamental; el uso de datos incompletos o deficientes en la ECR dará como resultado una ECR por debajo del estándar. Como parte del ejercicio de recopilación de datos, se esperaría que cualquier persona que emprenda una ECR consulte de cerca con los representantes de la instalación que se está considerando.

4.2.1 ECR de Lloyd's Register

Los datos clave del proceso para Lloyd's Register ECR [3], como diagramas de tuberías e instrumentación (P & ID), balance de masa y calor, poblaciones en el sitio, especificaciones de equipos y detalles del sistema de seguridad, se obtuvieron directamente de YPF para ECR.

Otros datos utilizados se obtuvieron de una variedad de fuentes bien establecidas, incluidos organismos reguladores, estándares de la industria y publicaciones como los manuales BEVI y datos del HSE del Reino Unido (consulte las referencias enumeradas en la sección 10 del informe ECR de Lloyd's Register [3]). Se proporcionan referencias claras a las fuentes de datos a lo largo del informe ECR).

4.2.2 Consultor Independiente de ECR

Los datos clave para la QRA del Consultor Independiente de YPF también se obtuvieron de YPF.

Además, dado que el Consultor Independiente tiene su sede local, Lloyd's Register asume que se llevaron a cabo conversaciones entre YPF y el consultor para garantizar que los datos utilizados fueran válidos.

Otros datos, como los criterios de daño por radiación térmica y sobrepresión de explosión, se tomaron de fuentes de referencia como los manuales de BEVI.

4.2.3 Evaluación de la Universidad LZ

La Evaluación de la Universidad LZ hace muchas referencias a fuentes de datos que incluyen aquellas a las que hace referencia Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF, como los manuales de BEVI, la HSE del Reino Unido y las Normas Internacionales.

La discusión con YPF indica que no se solicitó información del sitio para el ECR, sin embargo, la Universidad tiene una copia de los Diagramas de Instrumentación y Tuberías de la terminal.

4.2.4 Discusión

Lloyd's Register y el consultor independiente de YPF trabajaron con YPF durante sus ECR y, como resultado, tuvieron acceso a datos específicos del sitio. Estos datos incluyeron diagramas de tuberías e instrumentación, balances de calor y masa y diseños del sitio que son fundamentales para la definición adecuada de los casos de escapes y para la evaluación de la frecuencia. El hecho de que la Universidad no tuviera contacto directo con YPF significa que la ECR efectuada por la Universidad LZ carecería de estos insumos y, en consecuencia, sería menos precisa.

Los tres ECR utilizaron fuentes de datos adicionales de fuentes de referencia bien establecidas.

La Evaluación de la Universidad LZ utilizó una amplia gama de fuentes de datos y, como se discutirá más adelante, una variedad de métodos de cálculo. Existe un riesgo significativo de que el uso inconsistente de los datos y los métodos de cálculo pueda dar lugar a resultados engañosos. Además, es poco probable que los resultados de dicho cálculo sean comparables con los resultados de un cálculo realizado de acuerdo con las buenas prácticas actuales de la industria.

Puntos Principales

- Lloyd's Register y el Consultor Independiente obtuvieron datos clave directamente de YPF para el ECR; la Universidad no lo hizo.
- Todas las empresas utilizaron datos de fuentes acreditadas.

4.3 Identificación de peligros

El propósito del paso de identificación de peligros es identificar todos los peligros relevantes que generan riesgo dentro del sistema, junto con la forma en que los peligros podrían materializarse. El paso de definición del estudio puede limitar los tipos de peligros de interés (por ejemplo, un estudio puede centrarse en posibles accidentes graves para las personas o el medio ambiente). Los métodos para la identificación de peligros incluyen:

- Revisión de datos de accidentes / incidentes;
- Estudios de seguridad como:
 - o Análisis de peligros del proceso (PHA);
 - o Estudios de identificación de riesgos de accidentes mayores (MAH);
 - o Estudios de identificación de peligros (HAZID);
 - o Estudios de peligrosidad y operabilidad (HAZOP);
 - o Análisis de modos y efectos de falla (FMEA);
 - o Análisis « y si » ; y,
- El uso de listas de verificación.

El método utilizado depende del propósito del estudio, si se comprenden bien o no los peligros, la complejidad del diseño y su ubicación.

Tenga en cuenta que los peligros del GNL y el gas natural no son nuevos, se comprenden y documentan bien.

4.3.1 ECR de Lloyd's Register

No se realizó ninguna identificación de peligro específica para la ECR [3] en sí, ya que los estudios HAZID y HAZOP previos para la terminal [12] que habían sido facilitados por Lloyd's Register estaban disponibles para su revisión.

Los estudios HAZID y HAZOP son técnicas bien establecidas para la identificación de peligros como parte de una evaluación de riesgos, como se detalla en EN 31010 [11].

4.3.2 Consultor Independiente de ECR

El ECR del Consultor Independiente de YPF establece que "sobre la base de la identificación de peligros, la determinación de la causa y la consideración de las consecuencias, se obtendrá un conjunto de escenarios accidentales que puedan ocurrir". Esto implica que se llevó a cabo algún tipo de ejercicio de identificación de peligros, pero no se ha hecho referencia a un estudio específico. El Consultor Independiente tuvo acceso a los informes HAZID y HAZOP de Lloyd's Register, y realizó una actualización en 2019.

4.3.3 Evaluación de la Universidad LZ

La Universidad no parece haber realizado ningún estudio específico como HAZID o HAZOP e incluso si este tipo de estudio se hubiera realizado, habría sido de poco beneficio sin la contribución de YPF.

La Universidad ha adoptado dos enfoques alternativos para la identificación de peligros;

4.3.3.1 Revisión de Diagramas Lógicos Maestros

Esto implicó una revisión por parte de la Universidad de todas las secciones principales de las instalaciones (en tierra y mar adentro) y los posibles estados operativos (almacenamiento, descarga, inyección a tubería). Si bien esta no es una técnica que se utilice habitualmente en la industria, los peligros resultantes se alinean estrechamente con los identificados por Lloyd's Register y por el consultor independiente de YPF.

4.3.3.2 Revisión de Historial de Accidentes

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de los incidentes históricos relacionados con el GNL y el gas licuado de petróleo (GLP), tanto para las instalaciones en tierra como para los barcos. Lloyd's Register considera que hay algunos problemas con esta revisión y su uso para definir los principales eventos seleccionados para su consideración adicional, como se analiza a continuación.

4.3.3.3 Revisión del Lloyd's Register de la Revisión de Accidentes Históricos de la Universidad

Gas de petróleo licuado (GLP)

La revisión incluyó incidentes de GLP y GNL. Esto sería relevante para identificar las causas potenciales de la liberación de GNL porque muchos de los factores que conducen a la liberación de un material son comunes, p. error humano, eventos externos, pérdida de servicios públicos, corrosión, falla de control, etc. Sin embargo, usar las consecuencias de los incidentes de GLP como representativos de los incidentes de GNL, como parece haber hecho la Universidad, no es un enfoque válido; esto se debe a que el GNL y el GLP son materiales bastante diferentes con perfiles de peligro muy diferentes, como se resume a continuación:

GLP

El GLP normalmente se almacena a temperatura ambiente bajo presión para mantenerlo en forma líquida. Si un recipiente presurizado de GLP tiene fugas, el GLP fluirá rápidamente a través de la abertura y destellará, creando una nube de vapor densa y fría. Incluso después de que esta nube de vapor se haya calentado a temperatura ambiente, permanecerá como una nube densa cerca del suelo ya que su peso molecular es mayor que el aire.

GNL

Normalmente, el GNL se almacena a baja presión en su punto de ebullición de -163°C . Los tanques de GNL están aislados para mantener el GNL en forma líquida. Como consecuencia de las bajas presiones de almacenamiento de los tanques de GNL, una fuga generalmente hace que el líquido fluya a velocidades más bajas que el GLP. El derrame de líquido de GNL criogénico resultante hervirá para crear una nube de vapor densa y fría. Cuando esta nube alcanza la temperatura ambiente, se convierte en un gas flotante que se eleva hacia el aire, ya que es predominantemente metano con un peso molecular bajo en comparación con el aire).

En cuanto a las consecuencias de las incidencias presentadas por la Universidad:

- Todos los incidentes identificados en la revisión que llevaron a una pérdida de vidas generalizada fueron para GLP (es decir, no para GNL);
- La mayoría de los incidentes identificados en la revisión no provocaron pérdidas de vidas;
- Los incidentes han sido identificados incorrectamente como resultado de un BLEVE, por ejemplo, la explosión de la planta de Longford Gas no resultó en un BLEVE [34].

La Universidad identificó los VCE y BLEVE como los peligros de mayor interés con respecto a la evaluación adicional. En la práctica, se trata de eventos de muy baja frecuencia que no se esperaba que tuvieran un efecto significativo en el perfil de riesgo de la instalación de Escobar, como se analiza a continuación.

BLEVEs

Un BLEVE ocurre cuando un recipiente que contiene un líquido se calienta externamente, generalmente por un fuego externo. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la presión dentro del recipiente y la resistencia del recipiente se debilita. Finalmente, el recipiente falla y el líquido liberado se despresuriza rápidamente, provocando una transición casi instantánea de líquido a vapor con la correspondiente liberación de energía. Una BLEVE de material inflamable suele ir acompañada de una gran bola de fuego en aerosol.

El LNG se almacena en buques marinos en tanques aislados de baja presión (ligeramente por encima de la atmosférica) que están protegidos contra sobrepresión mediante válvulas de alivio de presión con una redundancia del 100%. Un GNL BLEVE en un buque de este tipo se considera de muy baja probabilidad porque:

1. El aislamiento alrededor de los tanques de GNL evita la entrada de calor en el GNL, lo que evita el calentamiento;
2. Las válvulas de alivio en el barco están dimensionadas para cargas de fuego y tienen una confiabilidad muy alta;
3. La falla del tanque de GNL sería a una presión relativamente baja, por lo que la falla ocurriría antes de que el GNL tenga suficiente energía para vaporizarse instantáneamente al liberarse y formar una bola de fuego.

Este razonamiento está respaldado por trabajos publicados [13].

BLEVE es un peligro conocido asociado con el almacenamiento de GLP, pero no se considera un evento realista para un LNGC o FSRU. Sobre esta base, cualquier referencia hecha en la Evaluación Universitaria a las consecuencias de un buque de GNL BLEVE se considera inválida.

VCEs

Las explosiones de nubes de vapor (VCE) de gas natural ocurren cuando una nube de gas ocupa una región que está confinada o congestionada. Cuando se enciende, se produce una explosión de nube de vapor. La presencia de confinamiento (en forma de paredes, pisos y / o techo) o congestión (como tuberías, recipientes y otros elementos asociados con la planta de proceso) dentro y alrededor de la nube inflamable da como resultado la aceleración de la llama al encenderse. Esta aceleración de la llama genera una sobrepresión de la explosión.

El Informe de la Universidad no hace referencia al requisito de áreas congestionadas y no identifica áreas de congestión, dando incorrectamente la impresión de que los VCE podrían ocurrir en cualquier lugar.

Si bien hay numerosos ejemplos de VCE en áreas abiertas que involucran materiales con alto peso molecular, como Gas Licuado de Petróleo (GLP, butano y propano) o gasolina,

una revisión reciente del HSE del Reino Unido [14] no encontró registros históricos de explosiones de nubes de vapor de LNG en áreas abiertas gravedad suficiente para causar un daño secundario significativo.

Sabotaje

La Universidad identificó el sabotaje como una amenaza significativa para la instalación y el LNGC mientras se encontraba en tránsito. Si bien se reconoce que el sabotaje es una amenaza en todo el mundo, la cuantificación real del sabotaje en términos de gravedad y frecuencia es extremadamente difícil con muchas incertidumbres.

No está claro cómo la Universidad cuantificó el sabotaje para el ECR y usar esto como una causa dentro de un ECR no se considera apropiado.

4.3.4 Discusión

Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF han utilizado enfoques estándar para la identificación de peligros. El enfoque de la Universidad era menos convencional pero aún identificaba peligros relevantes asociados con el LNG.

El enfoque de la Evaluación de la Universidad LZ en VCE y BLEVE conduce a una visión muy pesimista del riesgo de la instalación. La Universidad ha asumido que los BLEVES son eventos comunes asociados con el LNG, pero en realidad los BLEVES son eventos raros y el BLEVE de un barco que transporta LNG generalmente no se considera posible.

Cabe señalar que no existe amenaza de BLEVE en tierra en la Terminal Escobar ya que solo hay gas natural presente; por definición, un incidente relacionado con el gas no puede resultar en un BLEVE.

El uso de VCE como eventos representativos en el ECR sin cuantificar las áreas de congestión donde pueden ocurrir también es inapropiado.

La inclusión del sabotaje dentro de la Evaluación de la Universidad LZ se considera inapropiada, ya que el sabotaje no se puede cuantificar de manera realista en términos de consecuencias y frecuencia.

Puntos Principales

- Los riesgos del GNL y el gas natural están bien documentados y comprendidos;
- Todos los informes de ECR identificaron escenarios riesgosos para el GNL;
- La revisión de incidentes anteriores por parte de la Universidad tuvo una serie de deficiencias en comparación con la experiencia de incidentes de la industria y la práctica actual en ECR:
 - BLEVE en buques de GNL se identifica incorrectamente como un riesgo significativo en la Evaluación de la Universidad (esto puede deberse a que la experiencia de GLP se ha extrapolado incorrectamente al GNL);
 - Los peligros de VCE no se abordan correctamente en la Evaluación de la Universidad; y,

- o La inclusión de sabotaje en la Evaluación de la Universidad LZ es inapropiada (normalmente no se considera cuantificable).

4.4 Definición de escenario de lanzamiento

Habiendo determinado qué peligros se incluirán en la QRA y el nivel de detalle que debe aplicarse, es necesario desarrollar la lista de peligros en escenarios de modelado. Esto implica describir el escenario con suficiente detalle para continuar con el modelado. Por ejemplo, la identificación de peligro puede identificar el siguiente peligro:

"Fuga de gas de la tubería debido al impacto de un objeto".

El paso de definición del escenario agrega más detalles a esto, que incluyen:

- Las condiciones del proceso (temperatura, presión) dentro de la tubería;
- La composición del gas;
- El tamaño (s) de la fuga que puede ocurrir;
- La (s) ubicación (es) en las que podría ocurrir la fuga;
- El volumen de gas disponible para alimentar la fuga; y,
- La duración probable de la fuga, dado el volumen de GNL o gas natural y cualquier acción que pudiera ser posible para aislar la fuga.

También es una práctica común agrupar peligros similares a los efectos del análisis posterior. Usando el ejemplo anterior, el estudio de identificación de peligros puede identificar una serie de formas en las que podría resultar una fuga de gas de una tubería (como corrosión interna, corrosión externa, fatiga, etc.). Todos ellos podrían agruparse en un solo caso de "fuga de tubería".

Si la evaluación de los escenarios de liberación identifica un BLEVE como posible, entonces los escenarios que representan este tipo de evento también deben registrarse en esta etapa.

4.4.1 ECR de Lloyd's Register

El Lloyd's Register ECR [3] seleccionó escenarios basados en una revisión detallada de los diagramas de tuberías e instrumentación para identificar escenarios de fugas y revisión de estudios HAZID y HAZOP para que la terminal verifique escenarios adicionales (como colisión de barcos, etc.) [12]. A partir de esto, se identificó un conjunto representativo de escenarios de liberación, seleccionándose una variedad de casos de liberación; que van desde los pequeños escapes más frecuentes hasta los casos de fallas catastróficas muy poco frecuentes. El tamaño de los orificios y los casos específicos de liberación de buques se basaron en datos del HSE del Reino Unido[17], Sandia National Laboratories[22] [24] y EGIG [19].

Para cada escenario de escape se identificó una variedad de casos de fugas que van desde muy pequeños (orificio de 3 mm de diámetro) hasta muy grandes (guillotina de tubería). Cada uno de estos casos se caracterizó en términos del material que se libera, temperatura y presión, inventario del material, duración de la liberación, ubicación de la liberación y dirección de la liberación.

Lloyd's Register definió la duración de cada caso de liberación en función del caudal de fuga, el inventario del proceso y el tiempo necesario para aislar la sección con fugas del proceso.

En total, Lloyd's Register identificó 34 escenarios generales y 218 casos de liberación.

Lloyd's Register no identificó escenarios BLEVE creíbles.

Tener en cuenta que el ECR de Lloyd's Register incluyó escenarios para las emisiones de diesel de los generadores en tierra y las emisiones de la ventilación del sistema de purga. Estos no se incluyeron en las otras ECR.

4.4.2 Consultor Independiente de ECR

El ECR elaborado por el consultor independiente de YPF utilizó versiones representativas basadas en escenarios y tamaños de emisiones identificados por la NFPA (EE.UU.) [15] y TNO (Países Bajos) [16]. Los escenarios incluyeron descargas de sistemas terrestres y LNGC y FSRU.

Se seleccionó una gama de tamaños de liberación que van desde orificios de 25 mm de diámetro hasta fallas de guillotina. Cada uno de estos casos se caracterizó en términos del material que se libera, la temperatura y la presión, el inventario del material, la duración de la liberación, la ubicación de la liberación y la dirección de la liberación.

La duración de la liberación se definió como 2 minutos, 10 minutos o 30 minutos, según el escenario que se esté considerando.

En total, el ECR del Consultor Independiente identificó 10 escenarios generales y 32 casos de fugas.

El Consultor Independiente no identificó escenarios BLEVE creíbles.

4.4.3 Evaluación de la Universidad LZ

Los escenarios de la Universidad y los casos de fugas se identificaron mediante la revisión de los escenarios establecidos por DNV [sin referencia suministrada], la NFPA (EE.UU.) [15], los Laboratorios Nacionales Sandia [22] y la revisión de los Diagramas Lógicos Maestros producidos por la Universidad. Las áreas críticas del proceso se identificaron a partir de esta revisión y se definieron eventos para cada iniciador. El enfoque general para la selección de escenarios es difícil de seguir del Informe de la Universidad y parece que se identificaron tres escenarios y casos generales:

- a) Fallo del tanque debido a sobrepresión, sobrellenado o vacío parcial; orificios de 50 mm de diámetro;
- b) Descarga de GNL y fallas en tuberías, orificios de 10 mm de diámetro; y,
- c) Falla de tuberías / tanques costa afuera (LNGC / FSRU) por eventos externos, con orificios de 50 mm, 250 mm y 1500 mm de diámetro (sabotaje).

La duración de las liberaciones se basó en datos de TNO y Sandia [16] [22] (a, 30 minutos, b, 10 minutos y c, 10 y 60 minutos). También se caracterizaron los inventarios máximos para liberación.

Sobre esta base, la Evaluación de la Universidad LZ consideró tres escenarios y cinco casos de fugas.

4.4.4 Discusión

Tanto Lloyd's Register como el consultor independiente de YPF identificaron una variedad de escenarios y casos de fugas que son consistentes con la metodología BEVI. El ECR de Lloyd's Register utilizó un mayor número de escenarios y casos de publicación (34 y 218 respectivamente) que el Consultor Independiente de YPF (10 y 32 respectivamente),.

La Evaluación de la Universidad LZ se basó en un conjunto muy pequeño de escenarios y casos (3 y 5 respectivamente); un número insuficiente para producir un ECR que cumpla con las expectativas actuales de los requisitos legislativos y de la empresa.

Puntos Principales

- La metodología utilizada para la definición de escenarios por Lloyd's Register y el Consultor Independiente fue consistente con los enfoques detallados en las metodologías BEVI y CCPS;
- ,
- El enfoque de la Universidad para seleccionar escenarios y casos no fue estándar y resultó en un conjunto muy pequeño de casos. Una ECR basada en un conjunto tan limitado no cumpliría con las mejores prácticas.

4.5 Análisis de consecuencias

El propósito del análisis de consecuencias es determinar el resultado potencial (o los resultados) de los diversos escenarios que componen la QRA. El análisis de consecuencias se puede dividir en los siguientes pasos:

- Modelado de términos fuente;
- Modelado de efectos físicos; y,
- Modelado de impacto.

Dependiendo de las herramientas utilizadas por el analista para realizar la QRA, estos pasos se pueden realizar usando modelos separados o en un solo modelo que pasa automáticamente de un paso al siguiente.

Además de la información recopilada en la etapa de Definición de Escenario (ver Sección 3.4), el analista también debe ingresar otros parámetros usados en el estudio en este punto. Éstas incluyen:

- datos meteorológicos; y,
- Datos necesarios para los cálculos de explosión de nubes de vapor.

Modelado de términos fuente

El modelado del término fuente determina el comportamiento del material ante una fuga, en términos de:

- Tasa de liberación y / o cantidad;
- La velocidad del material;
- La fase del material (líquido, gas / vapor o bifásico); y,
- Las condiciones dentro del material al ser liberado (temperatura, densidad, etc.).

Cuando el material forma un charco de líquido, también será necesario modelar la dispersión del charco y la tasa de vaporización del material del charco.

Modelado de efectos físicos

El modelado de efectos físicos predice el comportamiento del material una vez que se ha liberado, utilizando el término fuente de los resultados del modelado como entradas.

Los tipos de efectos físicos considerados pueden incluir:

- Dispersión de gases o vapores;
- Dimensiones del fuego y salida de calor (para emisiones encendidas de material inflamable); y,
- Tamaño y fuerza de las explosiones (para nubes inflamables encendidas en regiones congestionadas / confinadas).

Dado que algunos de los cálculos realizados pueden ser bastante complejos y el número de cálculos requeridos en un estudio de ECR puede ser grande, generalmente se emplean paquetes de software para realizar el modelado.

Modelado de impacto

El modelado de impacto determina el impacto que los diversos fenómenos físicos tienen sobre los receptores de interés (es decir, personas, características ambientales o activos, según los objetivos del estudio). Para las personas, la relación entre la exposición a un agente potencialmente dañino (como un gas tóxico, radiación térmica o sobrepresión de la explosión) y la probabilidad de muerte a menudo se expresa mediante una ecuación probit o umbrales de daño definidos.

Datos meteorológicos

El uso de los datos meteorológicos correctos en ECR es muy importante. Esto se debe a que la velocidad del viento, la dirección y las condiciones atmosféricas (estabilidad) determinan la dirección en la que se desplazará una nube de material liberado y el grado de mezcla y dilución de la nube con el aire.

Dentro de una ECR, las condiciones climáticas se describen generalmente como una combinación de una letra con un número, como "F2". La letra indica la clase de estabilidad Pasquill y el número indica la velocidad del viento en metros por segundo.

Las clases de estabilidad de Pasquill describen la cantidad de turbulencia presente en la atmósfera y varían de A a F. La clase de estabilidad A corresponde a un clima "inestable", con un alto grado de turbulencia atmosférica, como se encontraría en un día soleado. La clase de estabilidad D describe condiciones "neutrales", correspondientes a un cielo nublado con viento moderado. Se consideraría que una

noche despejada con poco viento representa condiciones "estables", indicadas por la clase de estabilidad F.

La combinación de dos clases de estabilidad / velocidad del viento se usa comúnmente en ECR, D5 y F2.

D5: se utiliza para representar condiciones diurnas "típicas": la "D" representa la cantidad de luz solar (radiación solar) presente que genera turbulencias por calefacción y el 5 es la velocidad del viento en m / s. En estas condiciones se produce una buena dispersión de la nube, lo que resulta en distancias de consecuencia bajas.

F2: se utiliza para representar "condiciones nocturnas típicas": la F en este caso representa el hecho de que no hay sol por la noche y el 2 representa una velocidad baja del viento. En estas condiciones, y el material liberado, particularmente los de baja temperatura, formará una columna baja que puede extenderse a cierta distancia.

En realidad, puede ocurrir una amplia gama de condiciones y sería muy difícil basar una ECR en todas estas combinaciones.

Datos para explosiones de nubes de vapor y BLEVES

Cuando una nube de gas inflamable ocupa una región que está confinada o congestionada y se enciende, se produce una explosión de nube de vapor. La presencia de confinamiento (en forma de paredes, pisos y / o techo) o congestión (como tuberías, recipientes y otros elementos asociados con la planta de proceso) dentro y alrededor de la nube inflamable da como resultado la aceleración de la llama al encenderse. Esta aceleración de la llama genera una sobrepresión de la explosión. La fuerza de la explosión depende de varios factores, que incluyen:

- La reactividad del combustible;
- El grado de confinamiento o congestión;
- El tamaño de la región congestionada / confinada ocupada por la nube inflamable; y,
- La fuerza de la fuente de ignición.

Como parte del ECR, el analista debe identificar las áreas de congestión y, si se encuentran, cuantificarlas e incluirlas en la evaluación.

Cuando se hayan identificado riesgos de un BLEVE durante el análisis de escenarios, se debe recopilar información relacionada con los buques con este peligro para permitir el modelado.

4.5.1 ECR de Lloyd's Register

Enfoque y software

Lloyd's Register utilizó el paquete de software PHAST RISK (versión 6.7) para realizar todos los cálculos de consecuencias. Este software es efectivamente el paquete de software SAFETI-NL detallado en la Sección 2.2.4. El software PHAST RISK es reconocido internacionalmente como uno de los paquetes "estándar de la industria" para este propósito y ha sido probado exhaustivamente. El programa realiza automáticamente todos los cálculos de modelado de impacto, efectos físicos y términos de origen

necesarios para cada escenario definido por el usuario. La versión de PHAST RISK utilizada por Lloyd's Register incluye un paquete adicional para realizar el modelado de explosión de nubes de vapor basado en áreas congestionadas si es necesario como parte del análisis.

Dentro del paquete de software PHAST RISK es necesario definir un rango de parámetros y configuraciones, el Informe ECR de Lloyd's Register proporciona detalles completos de estas configuraciones y la suposición relevante hecha en los valores usados.

Todos los escenarios identificados por Lloyd's Register para el modelado (Sección 3.4.1) fueron evaluados con los resultados presentados en un apéndice del informe.

Criterios de daño

Lloyd's Register utilizó probits para calcular el daño a las personas con datos del Manual BEVI [8] utilizados. El modelo probit utiliza una función de distribución acumulativa de la distribución normal estándar para definir los niveles de daño a las personas, produciendo efectivamente una probabilidad de muerte. Este es un método totalmente cuantificado para calcular el daño.

Datos meteorológicos

Los datos para su uso en el estudio se obtuvieron del Servicio Meteorológico Nacional para la estación meteorológica de San Fernando durante 5 años entre 2007 y 2011. Esto fue en forma de datos secuenciales horarios, es decir, velocidad del viento, viento, dirección, temperatura, humedad, etc. mediciones para cada hora en el período de 5 años. Estos datos se analizaron para proporcionar datos para el modelado. El informe de Lloyd's Register proporciona una tabla que muestra los resultados del análisis de estos datos en términos de la dirección de la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica, con las condiciones D5 y F2 que se utilizan como condiciones representativas.

Data for Vapour Cloud Explosions and BLEVEs

Lloyds Register revisó los dibujos y fotografías del sitio y se llegó a la conclusión de que la instalación estaba en un área relativamente abierta y no congestionada y que el potencial de explosiones de nubes de vapor dentro de la terminal después de la liberación de gas inflamable se consideró bajo. Por lo tanto, no se requirió una definición de área congestionada.

Como se menciona en la Sección 3.5.1, Lloyd's Register no identificó escenarios BLEVE durante esta revisión como:

- No hay tanques de almacenamiento presurizados que contengan GNL en la Terminal Escobar (solo hay gas en las tuberías); y,
- Los tanques de almacenamiento en GNL o FSRU no son del tipo que pueda fallar y resultar en un BLEVE.

4.5.2 Consultor Independiente de ECR

Enfoque y software

El Consultor independiente utilizó el paquete de software PHAST RISK Lite (Versión 6.7) para realizar cálculos de consecuencias. Este software es una versión de PHAST RISK con funcionalidad reducida. Los métodos de cálculo de las consecuencias de la liberación en PHAST RISK Lite son esencialmente los mismos que para el paquete completo de PHAST RISK.

Todos los escenarios identificados por el Consultor Independiente para modelar (Sección 3.4.2) fueron evaluados con los resultados presentados en un apéndice del informe.

Criterios de daño

El Consultor Independiente ECR usó NFPA 59A [15] para asignar valores de umbral para niveles específicos de daño a las personas. Este enfoque es un método cualitativo para evaluar el daño, ya que se basa en valores umbral para el cálculo, p. Ej. un nivel de radiación térmica de 9 kW / m² provocaría la muerte de personas en el exterior sin protección.

En el informe se proporciona información limitada sobre supuestos adicionales relacionados con la configuración del software PHAST Risk Lite.

Datos meteorológicos

El Consultor Independiente también obtuvo datos meteorológicos para el sitio del Servicio Meteorológico Nacional, para el período 2001 - 2010. Los datos fueron en forma de valores promediados (temperatura, dirección del viento, velocidad del viento, etc.) para la Estación Meteorológica "San Fernando AERO ", ubicado en la ciudad de San Fernando, provincia de Buenos Aires.

Este análisis concluyó que un solo conjunto de condiciones C / D3.25 era suficiente para los cálculos.

Tenga en cuenta que la estabilidad C / D representa condiciones moderadamente inestables (moderadamente soleado con viento fuerte).

Datos de explosiones de nubes de vapor

El Informe del Consultor Independiente no hace referencia a áreas congestionadas en el contexto de explosiones de nubes de vapor o cualquier recipiente a presión donde BLEVE es posible.

4.5.3 Evaluación de la Universidad LZ

Enfoque y software

La Universidad utilizó cuatro métodos diferentes para evaluar las consecuencias:

1. Índice DOW de incendios y explosiones

Este es un método (desarrollado por Dow Chemical Company) para clasificar el riesgo relativo de incendio y explosión asociado con un proceso. Los analistas calculan varios índices de peligro y explosión utilizando las características del material y los datos del

proceso. El enfoque se usa generalmente para evaluar opciones en la etapa de diseño de una instalación y no es un enfoque reconocido para ECR.

2. Resolución No. 338 SEN - GRI 89/0242 [20];

Este enfoque utiliza el modelo de software DEGADIS [23]. DEGADIS es un modelo de gas denso aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) que predice concentraciones de vapor a favor del viento para peligros de explosión, desarrollado específicamente para modelar emisiones gaseosas más pesadas que el aire. Este software realiza cálculos similares al software DNV PHAST.

3. Norma holandesa RSN TNO-1999

En la Evaluación de la Universidad LZ no se hace una referencia específica a la metodología TNO utilizada [5] y, por lo tanto, no es posible identificar el enfoque exacto utilizado. Sin embargo, se ha asumido que el enfoque adoptado está en línea con la Metodología BEVI. La Universidad utilizó el modelo PHAST (Versión 6.7) para el modelado de consecuencias. Al considerar las consecuencias de la liberación de un material peligroso, PHAST utiliza los mismos métodos que los utilizados en el paquete PHAST RISK utilizado por Lloyd's Register.

4. OIT (Organización Internacional del Trabajo)

Esta es una metodología para evaluar el daño a las personas por radiación térmica y se ha aplicado a los incidentes de BLEVE.

Los escenarios modelados fueron:

- Liberaciones de GNL a 10 kg / s, 25 kg / s, 50 kg / s y 100 kg / s. Todo de 10 minutos de duración;
- Liberaciones del LNGC tanto en la terminal como en su ruta hacia la terminal; Orificio de 250 mm de diámetro durante 10 minutos y orificio de 1500 mm de diámetro durante 60 minutos; y,
- BLEVE de un LNGC de 95.000 m³ en la terminal y en la ruta hacia la terminal.

Tener en cuenta que los casos de liberación de 10 a 100 kg / s difieren de los escenarios identificados en 3.4.3 y que el escenario BLEVE no se considera un evento creíble (consulte la Sección 3.3.3.3).

En el informe se proporciona información limitada con respecto a las suposiciones realizadas durante el modelado de consecuencias.

En lugar de resultados de consecuencias detallados para cada escenario, el informe [5] presenta consecuencias calculadas en ubicaciones específicas de interés a lo largo de la ruta LNGC y cerca de la terminal.

Criterios de daño

Los criterios de daño a las personas se han basado en el 50% de probabilidad de muerte y niveles específicos de daño por intensidades de radiación térmica.

Datos meteorológicos

La Evaluación de la Universidad LZ calcula los resultados de dispersión para una sola clase de estabilidad (denominada incorrectamente F2 en lugar de F) y tres velocidades del viento, 1, 2 y 3 m / s. Estas son las peores condiciones climáticas.

Datos para explosiones de nubes de vapor y BLEVE

No se hace referencia a los requisitos para áreas congestionadas con respecto a los VCE. No se proporcionan datos adicionales para modelar un BLEVE de GNL en un LNGC o FSRU.

4.5.4 Discusión

Tanto Lloyd's Register como el Consultor Independiente de YPF siguieron enfoques para la evaluación de las consecuencias que están de acuerdo con los métodos publicados por BEVI [8] y CCPS [9]. La evaluación de la Universidad LZ utilizó cuatro métodos, de los cuales uno no es válido para ECR.

Lloyd's Register utilizó dos condiciones meteorológicas representativas para evaluar las consecuencias; uno que representa el día y otro que representa la noche. El Consultor Independiente usó una condición promedio que representaba las condiciones típicas del día y la Universidad usó tres condiciones nocturnas en el peor de los casos; en este contexto, "caso más desfavorable" significa que el gas liberado se dispersará en distancias mayores antes de diluirse a concentraciones inferiores al límite de inflamabilidad.

El uso de dos condiciones meteorológicas significa que la ECR de Lloyd's Register proporciona una imagen más equilibrada de las posibles consecuencias que la ECR del Consultor Independiente, que solo tenía una condición promedio. Las condiciones meteorológicas seleccionadas por la Universidad fueron representativas de las peores condiciones nocturnas; proporcionando resultados muy pesimistas.

Lloyd's Register utilizó un enfoque totalmente cuantificado para evaluar las consecuencias para las personas (una gama completa de probits). El Consultor Independiente y la universidad utilizaron métodos cualitativos para evaluar los niveles de daño.

Como se muestra en la Figura 2, los resultados de las consecuencias se combinan con los resultados del cálculo de la frecuencia para evaluar el riesgo. Los cálculos realizados tanto por el Consultor Independiente como por Lloyd's Register son consistentes con este enfoque, ya que proporcionan resultados integrales que pueden llevarse a la etapa de evaluación de riesgos. El Informe de la Universidad LZ proporciona una evaluación detallada y una discusión de las posibles consecuencias, pero estas se basan en las peores condiciones del caso y un escenario BLEVE que no es creíble.

Puntos Principales

- Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF utilizaron métodos de evaluación de consecuencias que son consistentes con las mejores prácticas y proporcionaron resultados tabulados o gráficos de distancias para todos los escenarios;

- Los resultados del Lloyd's Register y las evaluaciones de los consultores independientes están en una forma adecuada para los cálculos de riesgo de ECR;
- Lloyds Register utilizó escenarios meteorológicos representativos para la evaluación de consecuencias, mientras que la Universidad utiliza los peores escenarios meteorológicos.
- La Universidad utilizó un método (Índice Dow) para evaluar las consecuencias que no es apropiado para ECR;
- Hay inconsistencias con los escenarios, p. Ej. algunos casos de fugas identificados al principio de la evaluación no fueron modelados por la Universidad y la Universidad ha puesto un énfasis excesivo en escenarios BLEVE no creíbles; y,
- La Universidad ha identificado incorrectamente al GNL BLEVE como el principal riesgo. Esto va en contra de la experiencia práctica de la industria.

4.6 Análisis de frecuencia

En términos generales, el análisis de frecuencia se utiliza para calcular:

- La probabilidad de que se produzca una liberación determinada de material peligroso; esto generalmente se expresa como una frecuencia (por ejemplo, 1×10^{-3} por año, o una vez cada mil años);
- Dado que se ha producido una liberación, la probabilidad de que se produzca un tipo determinado de efecto físico; por ejemplo, para las liberaciones de material inflamable, el tipo de efecto puede depender de si el material se enciende poco después de que comience la liberación o en algún momento. luego; y,
- Dado que se produce un cierto tipo de efectos físicos, la probabilidad de un resultado no deseado, esto puede depender de la dirección del viento, la probabilidad de que una persona esté presente dentro del rango de peligro y la probabilidad de una acción de emergencia exitosa.

Los enfoques de análisis de frecuencia se dividen en tres categorías:

- Uso de datos históricos relevantes;
- Uso de técnicas analíticas o de simulación (como análisis de árbol de fallas o análisis de árbol de eventos); y,
- Uso del juicio de expertos.

Los datos históricos pueden relacionarse con la frecuencia de escapes de diferentes tamaños de diferentes tipos de equipo (por ejemplo, la frecuencia de pequeñas fugas de las bridas), o con la frecuencia de accidentes en instalaciones de interés (por ejemplo, la frecuencia de derrames durante la transferencia de cargas). de sustancias peligrosas de los buques).

4.6.1 ECR de Lloyd's Register

Los cálculos de frecuencia de Lloyd's Register se basaron en datos publicados por el HSE del Reino Unido [17], Sandia National Laboratories [22] [24] y EGIG [19]. Todas estas

fuentes de datos se basan en datos históricos que se han analizado para producir frecuencias de falla de escenarios de liberación particulares. Los cálculos de colisión de barcos para la FSRU y el LNGC cuando estaban amarrados se basaron en el método presentado en el Libro Morado [29].

La ECR de Lloyd's Register proporciona referencias detalladas a los datos utilizados y las suposiciones realizadas en su uso.

4.6.2 Consultor Independiente de ECR

Los cálculos del Consultor Independiente de YPF para las frecuencias se basaron en NFPA 59A [15]. Esta fuente de datos se basa en datos históricos que se han analizado para producir frecuencias de falla de los escenarios de liberación definidos en particular. Las probabilidades de colisión de barcos mientras estaban amarrados también se basaron en el método presentado en el Libro Púrpura [29].

El ECR del Consultor Independiente proporciona referencias detalladas a los datos utilizados.

4.6.3 Evaluación de la Universidad LZ

Dentro de la Evaluación de la Universidad LZ, el cálculo de frecuencias se combina de alguna manera con el cálculo del riesgo, por lo que la comparación directa de métodos no es fácil. La evaluación de frecuencia se ha basado en una combinación de:

- Frecuencias de los eventos iniciadores;
- Frecuencias de falla de componentes; y,
- Probabilidades de error humano.

Como parte de este ejercicio se utilizaron diversas fuentes de datos, que incluyen las del Libro Verde [29]. Se utilizaron Organización de eventos (27 de descuento) para desarrollar las frecuencias de los eventos iniciales y finales que se tabularon en el informe.

No ha sido posible realizar una revisión detallada de los Organización de eventos, ya que no se han incluido en el Informe de la Universidad.

El Informe de la Universidad presenta resultados generales para VCE / BLEVE y solo para BLEVE, con VCE / BLEVE con una frecuencia de 3.4×10^{-5} / y y BLEVEs por sí mismos como 1.25×10^5 / y. Cabe señalar que esta frecuencia BLEVE es apropiada para tanques de almacenamiento presurizados de GLP [17] pero que no es en absoluto apropiada para tanques de GNL atmosférico.

4.6.4 Discusión

Las evaluaciones de frecuencia realizadas por Lloyd's Register y el Consultor Independiente son consistentes con el enfoque de ECR. Ambos utilizan técnicas que se alinean con las evaluaciones de consecuencias realizadas. Esto significa que el cálculo del riesgo de la combinación de evaluación de consecuencias y frecuencia será válido.

Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF calculan las frecuencias para todos los escenarios considerados, es decir, las frecuencias de cada caso de fuga. La Evaluación

de la Universidad LZ utiliza un método que tiene como objetivo calcular las frecuencias de eventos resultantes para los eventos del peor de los casos supuestos (VCE y BLEVE).

Puntos principales

- Los cálculos de frecuencia de Lloyd's Register y del Consultor Independiente siguieron enfoques reconocidos consistentes con el enfoque general de evaluación de riesgos que se está adoptando;
- La Evaluación de la Universidad LZ utilizó un enfoque para la evaluación de frecuencia que calculó las frecuencias de VCE y BLEVE directamente. Se omitieron otros eventos que son relevantes para la evaluación de riesgos, p. Ej. fuegos de chorro y fuegos.

4.7 Cálculo de riesgos

Como se indica en la Sección 2.1:

“Una evaluación de riesgos consiste en una estimación de los riesgos que surgen de los peligros identificados, con el fin de controlar, evitar o comparar esos riesgos. Una ECR es una evaluación de riesgos que incorpora estimaciones numéricas (es decir, de consecuencias y frecuencia) ”.

Dentro de una ECR que sigue el Método BEVI, o similar, el riesgo se calcula mediante una combinación matemática del análisis de consecuencias (Sección 3.5) y el análisis de frecuencia (Sección 3.6). Estos cálculos son complejos y, por lo tanto, se suelen utilizar paquetes de software especializados.

Como parte de estos cálculos, el analista debe ingresar en los modelos datos adicionales relacionados con las poblaciones y las fuentes de ignición. Los Organización de eventos también se utilizan para calcular las frecuencias de posibles resultados, como fuegos de chorro, fuegos repentinos e incendios de piscinas.

Para poder calcular el riesgo para las personas, se deben identificar los detalles de las poblaciones en riesgo, específicamente:

- Poblaciones en el lugar (trabajadores); y,
- Poblaciones fuera del sitio (miembros del público o trabajadores en otros sitios industriales); y,
- Miembros vulnerables del público (hospitales, escuelas, etc.).

Estos datos deben dividirse en períodos de tiempo representativos que suelen ser:

- Día de la semana - durante el día;
- Día de la semana - noche;
- Fin de semana: durante el día; y,
- Fin de semana - noche.

También se requieren las fracciones de tiempo que las personas están en interiores y exteriores.

Fuentes de ignición

Para permitir un cálculo de la frecuencia a la que se enciende un material liberado, se debe hacer una estimación de la probabilidad de su ignición; con dos consideraciones:

- Ignición inmediata: esta es la probabilidad de que una liberación se encienda inmediatamente antes de que la liberación haya tenido tiempo de dispersarse sobre la instalación y el área circundante. Esto generalmente se calcula a partir de las propiedades del material que se libera y la masa de liberación o el caudal.
- Ignición retardada: esta es la probabilidad de que la liberación se encienda después de un intervalo de tiempo por una fuente de ignición discreta, como un vehículo, equipo eléctrico, equipo de proceso, etc.

Organización de eventos

La organización de eventos se utiliza para calcular las probabilidades relativas y, en última instancia, las frecuencias de los posibles resultados después de la publicación del material. Suelen tener en cuenta:

- La probabilidad de que se detecte la liberación y se cierre el proceso;
- La probabilidad de ignición inmediata;
- La probabilidad de ignición retardada; y,
- La probabilidad de que no ocurra ignición.

4.7.1 ECR de Lloyd's Register

Software y análisis de riesgos

El paquete de software PHAST RISK utilizado por Lloyd's Register para las evaluaciones de consecuencias también realiza los cálculos de riesgo para cada escenario considerado. Esto es consistente con la Metodología BEVI.

Detalles de la población

Lloyd's Register obtuvo información sobre las poblaciones mediante consultas con YPF o mediante estimaciones utilizando datos del "Libro Verde" holandés [28] para poblaciones fuera del sitio.

Los resultados se tabulan en el informe ECR de Lloyd's Register.

Fuentes de ignición

El enfoque utilizado por Lloyd's Register para el cálculo de la probabilidad de ignición siguió el establecido en el Manual de BEVI holandés [8] para la ignición inmediata y retardada. Las fuentes de ignición que podrían provocar una ignición retardada se identificaron a partir de una revisión del área local. Las fuentes de ignición se presentaron en el Informe ECR.

Organización de eventos

La organización de eventos específicos relevantes para situaciones en las que los sistemas de seguridad funcionaron o no funcionaron fueron desarrollados por Lloyd's Register y se incluyen en el Informe ECR. Estos árboles de eventos complementados para encendido inmediato y retardado que están incorporados en PHAST RISK.

4.7.2 Consultor Independiente de ECR

Software y análisis de riesgos

El Consultor Independiente utilizó PHAST RISK Lite para realizar cálculos de riesgo. Como se discutió anteriormente, RISK Lite es una versión de PHAST RISK con funcionalidad reducida, lo que significa que algunos tipos específicos de cálculos de riesgo no se pudieron realizar. Sin embargo, el uso de la versión Lite del software no impidió el cálculo de los resultados de riesgo requeridos.

Detalles de la población

La ECR del Consultor Independiente proporciona información detallada sobre la presencia de personas en la Terminal Escobar y sus alrededores.

Fuentes de ignición

El enfoque utilizado por el consultor independiente para el cálculo de la probabilidad de ignición siguió la metodología CCPS [9] para la ignición inmediata y la ignición retardada. Las fuentes de ignición que podrían provocar una ignición retardada se identificaron a partir de una revisión del área local. Las fuentes de ignición se presentaron en el Informe QRA.

Organización de eventos

La Organización de eventos para la ignición (retardada e inmediata) fueron desarrollados por el Consultor Independiente. Estos se incluyen en el informe.

4.7.3 Evaluación de la Universidad LZ

Software y análisis de riesgos

Como se discutió en la Sección 3.5, la Universidad LZ utilizó el paquete de software PHAST para evaluar las consecuencias de la liberación de GNL. A diferencia de PHAST RISK y PHAST Risk Lite, utilizados por Lloyd's Register y el Consultor Independiente, este software no incluye cálculos de riesgo. En consecuencia, la evaluación de riesgos realizada por la Universidad solo puede ser de naturaleza cualitativa o semicuantificada.

Como enfoque alternativo, la Universidad llevó a cabo una verificación de la distancia de seguridad y un análisis de vulnerabilidad para el área alrededor de la ruta de tránsito de Escobar Terminal LNGC. Esta evaluación consideró posibles daños a las personas y al medio ambiente a causa del GNL y el fueloil marino.

Cabe señalar que la Universidad declara que la evaluación de LNGC se llevó a cabo de conformidad con la Directiva europea SEVESO III [32]. La presente Directiva no se aplica a los materiales peligrosos en tránsito por el mar o por vías navegables, por lo que se ha invocado incorrectamente. La Directiva tampoco requiere específicamente una QRA para instalaciones terrestres.

Detalles de la población

La Universidad identificó ubicaciones específicas cerca de la Terminal Escobar y a lo largo de la ruta de tránsito de LNGC donde hay poblaciones presentes. No se informó una cuantificación específica de las poblaciones, es decir, el número de personas presentes.

Fuentes de ignición

La Universidad no realizó ninguna cuantificación de la probabilidad de ignición inmediata o retardada.

Organización de eventos

Como se mencionó en la Sección 3.6.3, el enfoque de evaluación de riesgos de la Universidad utilizó Organización de eventos como un método para identificar y cuantificar escenarios específicos para modelar. La organización de eventos asociados con las probabilidades de ignición no se detalla en la Evaluación de la Universidad LZ.

4.7.4 Discusión

En este punto del proceso de ECR, los ECR de Lloyd's Register y del Consultor Independiente de YPF siguen las metodologías definidas por BEVI y CCPS. También utilizan paquetes de software adecuados para realizar los complejos cálculos de riesgo necesarios para producir resultados de un ECR.

El alcance del ECR de Lloyd's Register incluye eventos de aislamiento y purga, mientras que el Consultor Independiente de YPF no lo hace; esto puede hacer que los resultados del Consultor Independiente sean conservadores.

La Universidad no estaba utilizando software capaz de realizar los tipos de cálculos de riesgo requeridos para un ECR y, por lo tanto, la Evaluación de la Universidad LZ inevitablemente se volvió de naturaleza más cualitativa, identificando posibles niveles de daño a las personas y al medio ambiente de una manera semicuantificada. Cabe señalar también que la Evaluación de Vulnerabilidad realizada incluyó vulnerabilidades ambientales que van más allá del alcance habitual de un ECR estándar.

Puntos principales

- Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF siguieron enfoques bien definidos y aceptados para el cálculo del riesgo cuantificado para las personas utilizando paquetes de software reconocidos con entradas de datos bien;
- La Evaluación de la Universidad LZ no calculó el riesgo completamente cuantificado para las personas siguiendo los enfoques aceptados para ECR y en su lugar realizó una evaluación semicuantificada / cualitativa de posibles daños a las personas y al medio.

4.8 Evaluación de riesgos

Una vez obtenidos los resultados del análisis de riesgos, es necesario evaluar su importancia. Esto a menudo implica la comparación de los resultados con criterios. Los criterios de riesgo pueden ser establecidos por los reguladores o establecidos internamente por la empresa. Los criterios de riesgo suelen definir:

- El nivel de riesgo que se considera inaceptable (excepto quizás en circunstancias extraordinarias); y,
- El nivel de riesgo que se considera tan bajo que son innecesarios esfuerzos adicionales para reducir el riesgo.

Entre estos dos niveles hay una región en la que el riesgo puede considerarse tolerable, a condición de que se hayan tomado todas las medidas adecuadas para controlar el riesgo.

Al evaluar el riesgo, es habitual considerarlo desde dos puntos de vista:

- Riesgo individual, generalmente expresado como el riesgo de dañar a una persona hipotética con un conjunto definido de características. Los resultados de riesgo individual pueden expresarse como un valor en puntos (el riesgo individual para una persona hipotética en una ubicación geográfica determinada), como un gráfico de riesgo individual versus distancia (un transecto de riesgo) o como contornos superpuestos en un mapa.
- Riesgo social, que expresa la frecuencia con la que diferentes números de personas pueden verse afectadas por un accidente. Por lo general, se presenta como una "curva FN", donde F es la frecuencia con la que N o más personas se ven afectadas.

El riesgo social se ha consolidado como concepto debido a la mayor aversión de la sociedad a los grandes incidentes con mayor impacto humano.

Los resultados del análisis de riesgo pueden indicar la necesidad de considerar la implementación de medidas adicionales para reducir el riesgo. Los resultados del análisis pueden luego ser interrogados para determinar si existen escenarios particulares que dominen el perfil de riesgo. Cuando se puedan identificar estos contribuyentes clave al riesgo, es prudente concentrar los esfuerzos para reducir el riesgo en estos escenarios.

Una vez que se han postulado las posibles medidas de reducción del riesgo, se puede evaluar su eficacia modificando las entradas del análisis para incluirlas y volviendo a calcular los resultados. La decisión final sobre si implementar o no una determinada opción de reducción de riesgos depende de:

- La magnitud del riesgo inicial: si el riesgo es alto en relación con los criterios relevantes, esto proporcionará un factor más fuerte para tomar medidas;
- El tamaño de la reducción del riesgo que se lograría si se introdujera la medida; y,
- El costo de implementación de la medida.

Cabe señalar que la consideración de los costos y beneficios de implementar una medida de reducción de riesgos generalmente se pondera a favor de la seguridad, de modo que los costos tienen que ser mucho mayores que los beneficios antes de que se pueda descartar una medida.

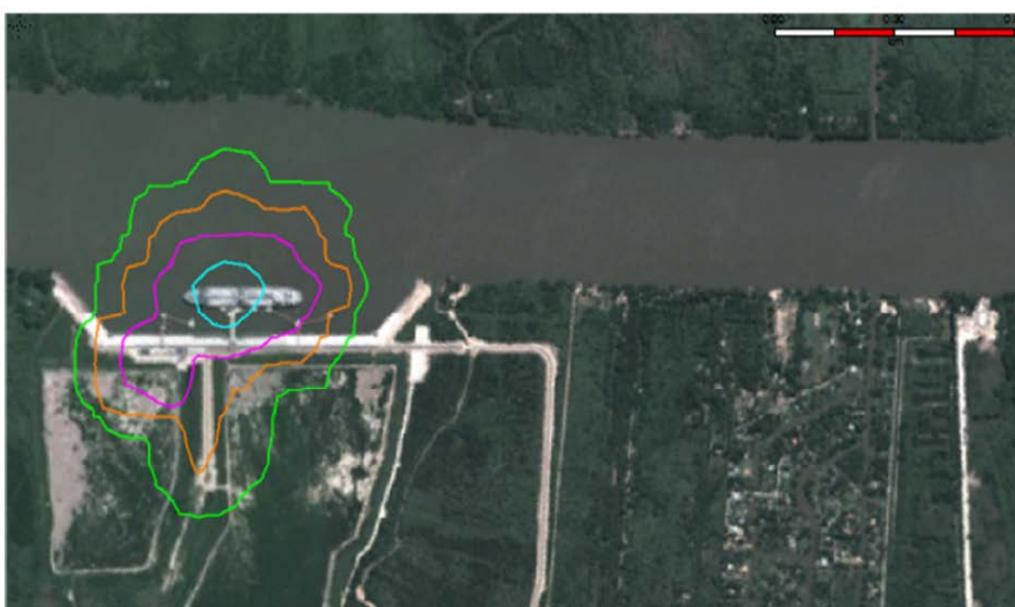
Se ha considerado como fuente de criterios de riesgo al HSE del Reino Unido. la norma corporativa de riesgo de YPF

4.8.1 ECR de Lloyd's Register

El Lloyd's Register ECR evaluó los riesgos para el personal en términos de riesgo individual y riesgo social utilizando los criterios desarrollados por el Reino Unido HSE y la norma corporativa de riesgo de YPF que son reconocidos para este tipo de industria. Los resultados se presentaron en forma gráfica.

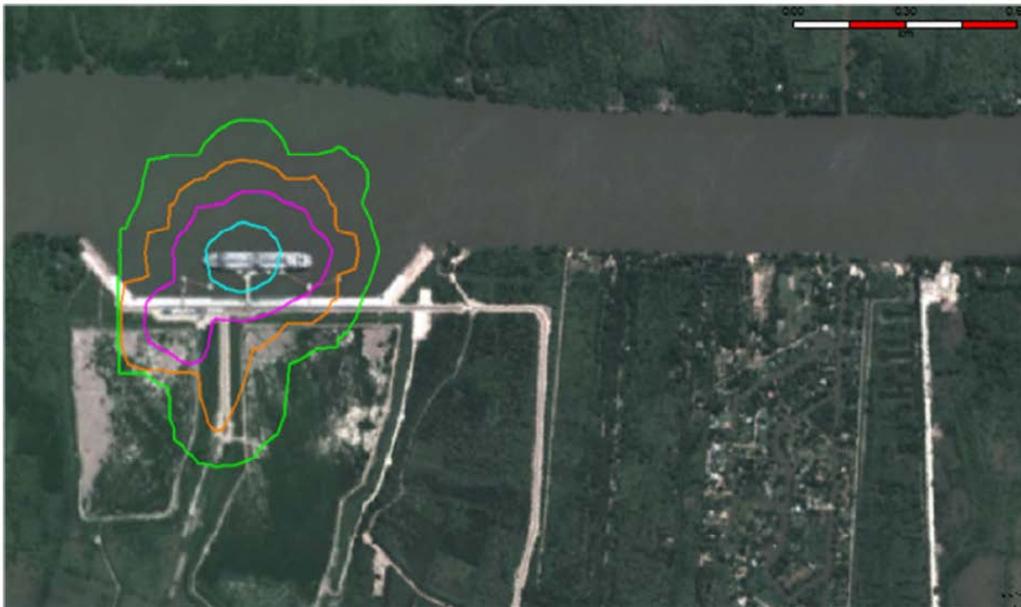
Riesgo individual

Se trazaron contornos de riesgo individual para las personas en el área del sitio que estaban tanto en interiores como en exteriores (estar en interiores reduce el riesgo de daño); los dos gráficos se reproducen a continuación. Tener en cuenta que estos son contornos a nivel del suelo.



Key: Green 1×10^{-7} /y; Orange 1×10^{-6} /y; Pink 1×10^{-5} /y; Blue 1×10^{-4} /y

Figura 3: Riesgo Geográfico para personas en interiores (Lloyd's Register)



Key: Green 1×10^{-7} /y; Orange 1×10^{-6} /y; Pink 1×10^{-5} /y; Blue 1×10^{-4} /y

Figura 4: Riesgo Geográfico para personas en exteriores (Lloyd's Register)

Al comparar los riesgos individuales con los criterios de UK HSE e YPF, se concluyó que:

- HSE del Reino Unido
 - Los riesgos más allá del límite de la Terminal son de alrededor de 1×10^{-6} / año o menos (cerca del nivel "ampliamente aceptable" de HSE).
 - Hay una pequeña región al sur del área de servicios públicos donde el contorno de riesgo 1×10^{-5} / año se extiende fuera del sitio, pero no hay poblaciones fuera del sitio en esta área y este nivel de riesgo está dentro del HSE "tolerable si la región ALARP".
 - Los valores de riesgo individual más altos en el sitio se observan alrededor de los puntos de la FSRU donde tienen lugar la descarga de gas y la transferencia de STS. Sin embargo, los niveles de riesgo (del orden de 10 a 4 por año) están dentro de la región de HSE "tolerable si ALARP".
- YPF
 - No hay "elementos vulnerables" dentro de los contornos 1×10^{-7} / y.
 - Las poblaciones residenciales más cercanas están muy fuera del contorno de 1×10^{-7} / año, lo que indica que el riesgo para estas personas se encuentra dentro de la región de "mejora continua" de YPF.
 - El riesgo individual en el punto más cercano del Náutico Escobar Country Club es muy bajo (el valor calculado es del orden de 10^{-10} / año).

Riesgo social

Se elaboraron cuatro curvas FN para riesgo social que representan:

- Riesgo social de HSE para los trabajadores;

- Riesgo social de HSE para miembros del público;
- Riesgo social de YPF para los trabajadores; y,
- Riesgo YPF Societal para los ciudadanos.

Los resultados del riesgo social mostraron:

- La curva para los trabajadores se encuentra dentro de la región de HSE "tolerable si ALARP" y la región de YPF de "reducción de riesgo requerida"; y,
- La curva Terminal FN para el público se encuentra dentro de la región "ampliamente aceptable" de HSE y la región de "mejora continua" de YPF.

4.8.2 Consultor Independiente de ECR

El ECR del consultor independiente de YPF evaluó los riesgos para el personal en términos de riesgo individual y riesgo social utilizando los criterios desarrollados por el HSE del Reino Unido. Los resultados se presentaron en forma gráfica.

Los resultados para el riesgo individual se graficaron para elevaciones de 1 m y 11 m, ya que se reconoció que el personal está presente en elevaciones sobre el nivel del suelo en la FSRU y el LNGC. El Consultor Independiente proporcionó una variedad de parcelas. No se hizo distinción entre poblaciones de interior y exterior.

La gráfica que muestra el nivel más alto de riesgo individual se reproduce a continuación para un nivel de 1×10^{-4} / año (contorno verde), esto es para la elevación de 11 m. Este nivel de riesgo define la frontera entre ampliamente aceptable y tolerable si ALARP para miembros del público.

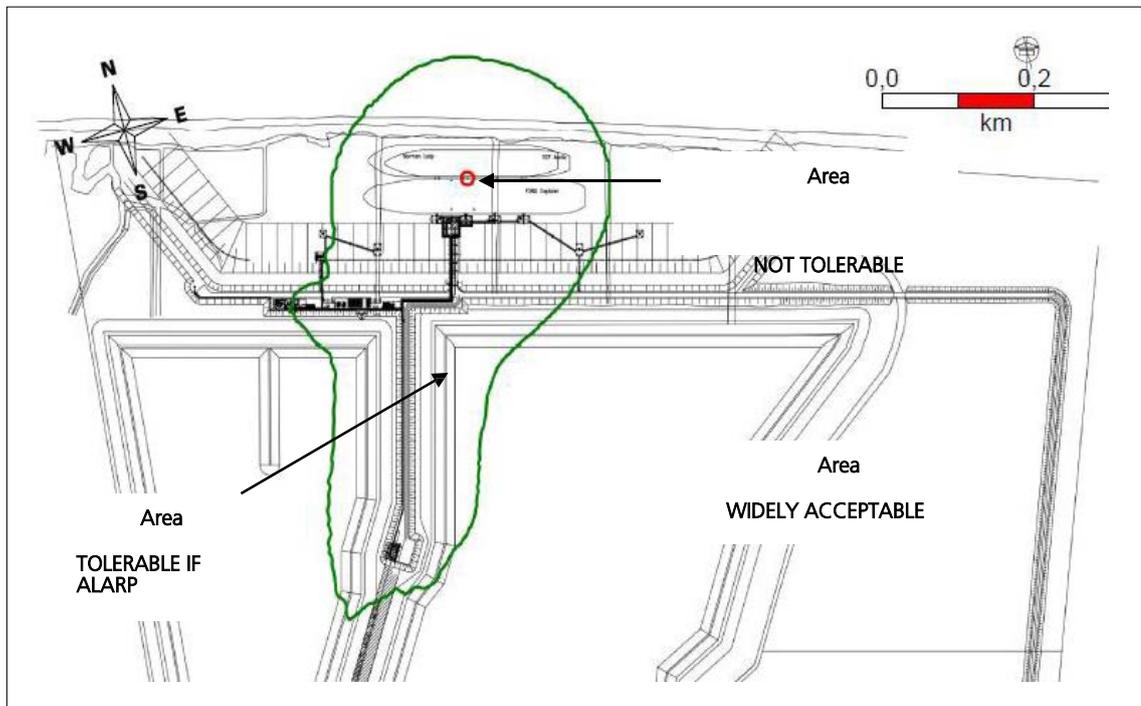


Figura 5: Riesgo Geografico para personas (Consultor Independiente)

El Informe del Consultor Independiente concluyó que:

- Los valores de riesgo individual para los trabajadores están en la región Tolerable si ALARP, lo que implica que el nivel es aceptable siempre que se disponga de medidas para mantenerlo en el valor más bajo posible;
- Los riesgos individuales fueron del orden de 1×10^{-6} / año para el personal de la terminal;
- La ubicación de mayor riesgo está en el muelle debajo de la carga con un riesgo individual de $1,5 \times 10^{-4}$ / año. Para todas las demás áreas, el riesgo alcanza valores del orden de 10^{-5} / año a 10^{-9} / año; y,
- El riesgo para terceros (miembros del público) se encuentra dentro de la zona de riesgo ampliamente aceptable.

Riesgo social

Se elaboraron cuatro curvas FN para riesgo social que representan:

- Riesgo social de HSE para los trabajadores durante el día;
- Riesgo social de HSE para los trabajadores durante la noche;
- Riesgo social de HSE para miembros del público durante el día;
- Riesgo social HSE para miembros del público durante la noche.

El Informe del Consultor Independiente concluyó que sus resultados de riesgo social mostraron:

- No hay riesgo de la Terminal para los miembros del público en las casas que se encuentran en las cercanías de la Terminal; y,
- Tanto para el día como para la noche, el riesgo social para los trabajadores está en la Región Tolerable si ALARP o mejor.

4.8.3 Evaluación de la Universidad LZ

Como se discutió anteriormente, el paquete de software (PHAST) utilizado por la Universidad LZ no fue capaz de producir resultados de riesgo completamente cuantificados.

Se adoptaron dos enfoques para evaluar los riesgos: un enfoque basado en una matriz de riesgos y una comparación con los riesgos definidos por la Directiva SEVESO III [32].

Enfoque de matriz de riesgo

Las matrices de riesgo se utilizan con frecuencia para la evaluación de riesgos y son un enfoque útil para evaluar el riesgo cualitativo de un solo peligro. La técnica implica calificar la gravedad de un incidente y su frecuencia o probabilidad en función de criterios definidos y utilizar una matriz de riesgo para asignar un nivel de riesgo.

La Universidad LZ indicó que utilizaron una matriz de la OMI [33] para evaluar el riesgo tanto para la Terminal Escobar como para el LNGC cuando están en tránsito.

La matriz resultante tenía 5 niveles de gravedad que se resumen como:

1. Improbable: menos de una vez cada 50 años;

2. Extremadamente remoto: una vez cada 10 a 20 años;
3. Remoto: una vez cada 5 a 10 años;
4. Razonablemente posible - una vez cada 1 a 5 años; y
5. Frecuente: más de una vez al año.

También se asignaron cinco niveles de consecuencia:

1. Ninguno - No hay heridos;
2. Bajo - Lesiones menores;
3. Significativo: lesiones graves
4. Grave: muerte individual y / o múltiples lesiones graves; y,
5. Catastrófico - Múltiples muertes.

Tener en cuenta que las matrices contienen detalles adicionales y criterios ambientales.

Los principales escenarios de riesgo identificados para la Terminal Escobar y el LNGC en tránsito fueron calificados de acuerdo con los criterios anteriores y están graficados en una matriz como se muestra a continuación:

Risk Index			Consequence				
			None	Less	Significant	Severe and/or	Catastrophic
			1	2	3	4	5
Frequency	Unlikely	1	1	2	3	4	5
	Extremely Remote	2	2	4	6	8	10 (B)
	Remote	3	3	6	9	12 (C)	15 (D)
	Reasonably Possible	4	4	8	12	16	20 (A)
	Frequent	5	5	10	15	20	25

Figura 6: Resultados del Matriz de Riesgo

Dentro de la matriz, las áreas de riesgo coloreadas se definieron como:

- Amarillo: normal (riesgo bajo)
- Naranja - ALARP (tan bajo como sea razonablemente posible); y,
- Rojo: no aceptable

Los cuatro escenarios trazados en la matriz y las calificaciones de riesgo resultantes fueron:

- A. Escenario VCE / BLEVE en la Terminal Portuaria de GNL de Escobar (riesgo no aceptable);
- B. Sabotaje de un LNGC con desvío intencional a Puerto Buenos Aires y un VCE / BLEVE (Riesgo ALARP);

C. Colisión de la embarcación LNGC en tránsito a lo largo del Hidrovia que lleva a un posible VCE / BLEVE (riesgo ALARP); y,

D. Colisión del LNGC en el tramo de aproximación Canal de navegación del río Paraná de las Palmas con posible VCE / BLEVE (riesgo no aceptable).

Comparación con la Directiva SEVESO III

La Evaluación de la Universidad LZ establece que la Directiva SEVESO III [32] establece criterios de riesgo para los miembros de la población como:

- > 10⁻⁶ por año - inaceptable
- 10⁻⁶ - 10⁻⁸ por año - ALARP
- <10⁻⁸ por año – aceptable

(Lloyd's Register asume que estos están destinados a ser Riesgo individual de muerte)

Utilizando estos criterios como base para la evaluación de riesgos, la Evaluación de la Universidad LZ considera tres escenarios que se resumen a continuación en la Tabla 3.1

Tabla 4.1 – Comparación de riesgos SEVESO III (tomado del informe de la Universidad)

Escenario	Frecuencia (/ y) (asumida por Lloyd's Register como frecuencia del escenario)	Consecuencias	Valor del riesgo (asumido por Lloyd's Register como por año)	Comparación con los criterios SEVESO III
VCE / BLEVE en la Terminal Escobar	3.4 x 10 ⁻⁵	Catastrófico. Afecta a > 400 viviendas con 50% de letalidad por impactos y / o radiación térmica	5.1 x 10 ⁻³	Riesgo Inaceptable
Colisión de LNGC con VCE / BLEVE en tránsito (Tramo de Acercamiento)	6.3 x 10 ⁻⁵	Catastrófico. Afecta a > 2500 viviendas con 50% de letalidad por impactos y / o radiación térmica	6.3 x 10 ⁻²	Riesgo Inaceptable
Sabotaje que conduce al desvío de GNL al muelle de Buenos Aires	1.4 x 10 ⁻⁶	Zona portuaria de Buenos Aires: catastrófica. Afecta a > 40.000 viviendas con 50% de letalidad por impactos	1.12 x 10 ⁻¹	Riesgo Inaceptable

Escenario	Frecuencia (/ y) (asumida por Lloyd's Register como frecuencia del escenario)	Consecuencias	Valor del riesgo (asumido por Lloyd's Register como por año)	Comparación con los criterios SEVESO III
		Puerto Muelle Sur: Afecta a >180.000 viviendas con 50% de letalidad por impactos y / o radiación térmica	5.04×10^{-2}	Riesgo Inaceptable
		Puerto La Plata: Afecta a >12.000 viviendas. Con letalidad Probit 50%.	3.36×10^{-3}	Riesgo Inaceptable

El Informe de la Universidad LZ concluye que los riesgos son inaceptables en comparación con la Directiva SEVESO III.

4.8.4 Discusión

Lloyd's Register y el consultor independiente de YPF utilizaron enfoques similares de prácticas actuales de la industria para evaluar el riesgo y compararon el riesgo individual y social calculado con los criterios establecidos por el HSE del Reino Unido y, en el caso de Lloyd's Register, también con los criterios de YPF. Los resultados mostraron que los riesgos en la terminal de Escobar eran tolerables si ALARP y los riesgos para los miembros del público eran ampliamente aceptables.

El enfoque adoptado por la Universidad LZ para evaluar el riesgo se desvía de la práctica de la industria en varias áreas, como se describe a continuación.

Enfoque de matriz de riesgo

Para la evaluación de riesgos se ha utilizado una matriz de riesgos de la OMI [33]. Esta matriz tiene frecuencias de eventos que van desde una vez cada 50 años hasta más de una vez al año. Esta matriz es inapropiada para los principales riesgos de peligro de los tipos considerados, ya que estos eventos ocurren con mucha menos frecuencia que una vez cada 50 años en una instalación o en un barco. La matriz utilizada es más apropiada para los riesgos laborales normales del día (es decir, incidentes de seguridad laboral en lugar de incidentes de seguridad del proceso).

Las frecuencias de los eventos de accidentes mayores (que se atribuyen a las operaciones de Escobar) que se muestran en la matriz son muy altas, oscilando entre una vez cada 20 años y una vez cada 1 a 5 años. Por ejemplo, al escenario BLEVE / VCE en la Terminal Escobar se le ha asignado una frecuencia de entre 1 y 5 años, lo cual es muy poco realista. Si este fuera el caso, los escenarios BLEVE / VCE serían una ocurrencia frecuente

tanto en la terminal como en todo el mundo en establecimientos similares, mientras que la experiencia práctica muestra que este no es el caso.

Comparación con la Directiva SEVESO III

La Universidad LZ afirma que la Directiva SEVESO III establece criterios cuantitativos de riesgo. Este no es el caso; Lloyd's Register no es consciente de que la Directiva SEVESO III establece criterios cuantitativos para el riesgo y no está claro de dónde se han tomado los criterios para la tolerabilidad del riesgo que figuran en el informe de la Universidad. Además, los valores numéricos de la tolerabilidad al riesgo dados en el informe de la Universidad son extremadamente bajos; por ejemplo, la Universidad indica una frecuencia aceptable de 1×10^{-8} / año (asumido por Lloyd's Register como una fatalidad para un miembro del público). Esto se puede comparar con el HSE del Reino Unido, que indica 1×10^{-6} y para el mismo criterio (consulte el Apéndice B). El criterio de la Universidad es, por tanto, 100 veces más bajo que el indicado por la HSE del Reino Unido.

Sobre la base de la discusión anterior, parece que el cálculo del riesgo de la Universidad LZ (Tabla 3.1) no se alinea con la práctica actual de la industria.

Puntos principales

- Los resultados de la ECR de Lloyd's Register y del Consultor Independiente de YPF se compararon con criterios de tolerabilidad de riesgo bien definidos y aceptados por la industria;
- La evaluación de riesgo de Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF's ECR muestran que, para la Terminal Escobar;
 - Los riesgos para los miembros del público son ampliamente aceptables; y,
 - Los riesgos para el personal en el sitio son tolerables si ALARP.
- La Evaluación de la Universidad LZ utiliza dos métodos para evaluar el riesgo; un enfoque de matriz de riesgos y una comparación con la Directiva SEVESO III; Ambos métodos se desvían de las buenas prácticas industriales aceptadas actualmente como:
 - The risk matrix used is inappropriate for the assessment (it is more suited to occupational safety incidents than to process safety);
 - La matriz de riesgos utilizada es inadecuada para la evaluación (es más adecuada para incidentes de seguridad laboral que para seguridad de procesos).
- Además, la Evaluación de la Universidad LZ se refiere a los criterios de riesgo contenidos en la Directiva SEVESO III; Lloyd's Register no es consciente de que se dan criterios cuantitativos en SEVESO III.

5 Resumen

La revisión de los tres informes de evaluación de riesgos de Lloyd's Register, un consultor independiente y la Universidad LZ ha identificado los siguientes puntos clave:

Definición de estudio

- El alcance y la definición de Lloyd's Register y los ECR del Consultor Independiente de YPF se alinean, están bien definidos y cumplen con los requisitos de YPF para evaluar el riesgo.
- La Evaluación de la Universidad LZ solo se concentra en los peores eventos y descuida aquellos que tienen un impacto más limitado (por ejemplo, solo en el sitio). Como tal, ofrece una imagen incompleta del riesgo.
- La inclusión de los riesgos de tránsito de LNGC en la Evaluación Universitaria complica el análisis. Es convencional separar estos temas.

Recopilación de datos

- Lloyd's Register y el Consultor Independiente obtuvieron datos clave directamente de YPF para el ECR; la Universidad LZ no lo hizo.
- Todas las empresas utilizaron datos de fuentes acreditadas.

Identificación de peligros

- Los peligros del GNL y el gas natural están bien documentados y comprendidos;
- Todos los informes de ECR identificaron escenarios peligrosos para el GNL;
- La revisión de incidentes anteriores por parte de la Universidad tuvo una serie de deficiencias en comparación con la experiencia de incidentes de la industria y la práctica actual en ECR:
 - BLEVE en buques de GNL se identifica incorrectamente como un riesgo significativo en la Evaluación de la Universidad LZ (esto puede deberse a que la experiencia de GLP se ha extrapolado incorrectamente al GNL);
 - Los peligros de VCE no se abordan correctamente en la Evaluación de la Universidad; y,
 - La inclusión del sabotaje en la Evaluación de la Universidad LZ es inapropiada (normalmente no se considera cuantificable).

Definición de escenario de lanzamiento

- La metodología utilizada para la definición de escenarios por Lloyd's Register y el Consultor Independiente fue consistente con los enfoques detallados en las metodologías BEVI y CCPS;
- El ECR de Lloyd's Register utilizó un conjunto más completo de escenarios y duraciones de publicación que el Consultor Independiente; y,
- El enfoque de la Universidad para seleccionar escenarios y casos no fue estándar y resultó en un conjunto muy pequeño de casos. Una ECR basada en un conjunto tan limitado no cumpliría con las mejores prácticas.

Evaluación de consecuencias

- Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF utilizaron métodos de evaluación de consecuencias que son consistentes con las mejores prácticas y proporcionaron resultados tabulados o gráficos de distancias para todos los escenarios;
- Los resultados del Lloyd's Register y las evaluaciones de los consultores independientes están en una forma adecuada para los cálculos de riesgo de ECR;
- Lloyds Register utilizó escenarios meteorológicos representativos para la evaluación de consecuencias, mientras que la Universidad utiliza los peores escenarios meteorológicos.
- La Universidad utilizó un método (Índice Dow) para evaluar las consecuencias que no es apropiado para ECR;
- Hay inconsistencias con los escenarios, p. Ej. algunos casos de fugas identificados al principio de la evaluación no fueron modelados por la Universidad y la Universidad ha puesto un énfasis excesivo en escenarios BLEVE no creíbles; y,
- La Universidad ha identificado incorrectamente al LNG BLEVE como el principal riesgo. Esto va en contra de la experiencia práctica de la industria.

Análisis de frecuencia

- Los cálculos de frecuencia de Lloyd's Register y del Consultor Independiente siguieron enfoques reconocidos consistentes con el enfoque general de evaluación de riesgos que se está adoptando;
- La Evaluación de la Universidad LZ utilizó un enfoque para la evaluación de frecuencia que calculó las frecuencias de VCE y BLEVE directamente. Se omitieron otros eventos que son relevantes para la evaluación de riesgos, p. Ej. fuegos de chorro y fuegos repentinos.

Cálculo de riesgo

- Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF siguieron enfoques bien definidos y aceptados para el cálculo del riesgo cuantificado para las personas utilizando paquetes de software reconocidos con entradas de datos bien definidas;
- La Evaluación de la Universidad LZ no calculó el riesgo completamente cuantificado para las personas siguiendo los enfoques aceptados para ECR y en su lugar realizó una evaluación semicuantificada / cualitativa de posibles daños a las personas y al medio ambiente.

Evaluación de riesgos

- Los resultados de la ECR de Lloyd's Register y del Consultor Independiente de YPF se compararon con criterios de tolerabilidad de riesgo bien definidos y aceptados por la industria;
- La evaluación de riesgo de Lloyd's Register y el Consultor Independiente de YPF's ECR muestran que, para la Terminal Escobar;
 - Los riesgos para los miembros del público son ampliamente aceptables; y,
 - Los riesgos para el personal en el sitio son tolerables si ALARP.
- La Evaluación de la Universidad LZ utiliza dos métodos para evaluar el riesgo; un enfoque de matriz de riesgos y una comparación con la Directiva SEVESO III; Ambos métodos se desvían de las buenas prácticas industriales aceptadas actualmente como:

- La matriz de riesgos utilizada es inadecuada para la evaluación (es más adecuada para incidentes de seguridad laboral que para seguridad de procesos);
- Las frecuencias de los eventos evaluados son incorrectas (se considera que tienen frecuencias mucho más altas de lo que la experiencia de la industria muestra).
- Además, la Evaluación de la Universidad LZ se refiere a los criterios de riesgo contenidos en la Directiva SEVESO III; Lloyd's Register no está al tanto de que se dan criterios cuantitativos en SEVESO III.

6 Asesoramiento de las Operaciones Marítimas

- Un examen independiente de las operaciones marítimas pertinentes para el tránsito de GNL a la Terminal de Escobar ha sido realizado por Lloyd's Register Marine & Offshore (M&O). Esto puso de relieve una serie de cuestiones con la Evaluación de la Universidad (denominada "informe" a continuación) además de las presentadas ya en el examen de Lloyd's Register Consulting - Energy Limited, específicamente:
- Accidentes de LNGC/FSRU
- En cuanto a los accidentes de navegación, las bases de datos de referencia cubren los accidentes marítimos mundiales y los accidentes de colisión de referencia dentro de ellos pueden tener cualquier trayectoria de colisión. Teniendo en cuenta que el atracadero de la FSRU está situado en una bolsa a lo largo de un estrecho estuario (de aproximadamente 400 m de ancho navegable), para aplicar cualquier grado de relevancia las bases de datos de accidentes deben filtrarse para incluir únicamente los incidentes con un ángulo de colisión relativo inferior a 30 grados.
- El FSRU sigue siendo un buque comercial de GNL de diseño estándar que está atracado en las instalaciones de Escobar. El buque no está conectado permanentemente con ningún sistema en tierra y si las operaciones comerciales se apoderan de su existencia, la FSRU dejará el atracadero y podrá continuar bajo la clase para operar como buque comercial de GNL.
- Como parte de los Procedimientos Operativos de la FSRU, en caso de que las condiciones de fuego externo amenacen la integridad de la instalación del muelle en tierra, la FSRU se desconectará y dejará el atracadero. La capacidad de la salida de la FSRU ha eliminado cualquier efecto a largo plazo del impacto de la radiación en el sistema de contención de GNL a bordo.
- En el informe no se ha tenido en cuenta la capacidad continua de la FSRU y de los buques de GNL para desconectarse en cualquier momento, eliminando así cualquier peligro de impacto en la terminal. No se trata de un caso teórico, como parece ser el caso de los comentarios sobre los peligros, sino de una capacidad terminal totalmente integrada, apoyada por sistemas específicamente diseñados, elaborados e instalados como se indica a continuación:
- - Sistema de Instrumentación de Seguridad (SIS) y Sistema de Gas y Fuego (FGS) totalmente independientes que permiten al sistema FSRU ser capaz de iniciar una respuesta de mitigación a cualquier peligro externo/interno;
- - Capacidad para, independientemente de la terminal, iniciar el ESD 1 aislando tanto el flujo de exportación de GNL como el flujo de carga de GNL, iniciar el brazo de regasificación de desconexión del ESD 2, la desconexión remota de los ganchos de amarre en el muelle y la salida de la terminal;
- - Capacidad para, independientemente de la terminal, iniciar el aislamiento de la ESD 1 de un buque de GNL en STS, iniciar la ESD 2 desconectando el sistema de liberación de emergencia (ERS) en las mangueras en STS, desconexión remota de las

líneas de amarre al buque de GNL. De esta manera, también se permite que el buque salga de la terminal;

- - El proyecto ha utilizado simulaciones de maniobras en tiempo real durante el desarrollo de la terminal para garantizar que tanto la FSRU de mayor tamaño como el mayor carguero de GNL (QFlex) puedan salir del muelle en cualquier condición de viento o marea y, por esta razón, tanto el motor del carguero de GNL permanece a punto y hay un remolcador de reserva en la terminal durante la STS. Todas las operaciones de respuesta de emergencia se han incluido en los procedimientos operativos de la FSRU y se han acordado con los buques de GNL participantes;
- - Todos los sistemas de desconexión de la ESD y las maniobras de salida han sido verificados en cuanto a su integridad mediante operaciones reales de los buques participantes y remolcadores de apoyo durante el tiempo de las operaciones de la terminal.

Eventos de impacto pro choque y baradura

En lo que respecta a la zona de navegación crítica, se aplican los siguientes comentarios:

- Las zonas portuarias generales y los tipos/tamaños de buques en funcionamiento que se indican en el cuadro 7 del informe se consideran muy típicos de cualquier operación en un estuario a nivel mundial. Es operacionalmente incorrecto identificar cualquier terminal de FSRU del estuario altamente expuesta a los peligros relacionados con el paso de buques en el río. Los estuarios también se benefician de condiciones ambientales benignas y de controles más estrictos (más fáciles de aplicar) del paso del tráfico en los ríos. En comparación, las terminales de las UFE marítimas y los buques de GNL en funcionamiento están más expuestos tanto en el entorno de aguas abiertas como en los peligros del paso del tráfico, y las UFE atracadas en el interior de los puertos, aunque se encuentren en aguas protegidas, suelen estar situadas cerca de centros comerciales y de población;

- Por las razones anteriores, casi la mitad de las principales terminales terrestres de GNL del mundo están situadas en estuarios o ríos. Del mismo modo, la mayoría de los actuales desarrollos planificados de las FSRU mundiales están situados en estuarios, incluyendo:

o la tercera terminal de la FSRU en el Puerto Qasim Karachi, Pakistán;

o Terminal de FSRU en el río Shannon, Irlanda;

o la terminal de la URSS en el estuario de Hooghly, en Bengala occidental (India); y

o Primera terminal de FLNG en un estuario de Bahía Blanca, Argentina.

- Se observa que no aparece ninguna referencia en el informe y que no se ha tenido en cuenta la reducción de las frecuencias de incidentes de navegación en relación con las operaciones de los buques de GNL:

o Todos los buques de GNL que llegan son abordados por el práctico y el paso se realiza a velocidades lentas reguladas;

o Todos los buques de GNL son atendidos por un remolcador de paso que garantiza un paso sin obstáculos y está disponible para ayudar a la maniobra del buque en caso de pérdida de potencia;

o Durante el paso de los buques de GNL cargados, el control del tráfico mantiene el tráfico en una sola dirección en el estuario, con todo tipo de buques siguiendo la dirección del buque de GNL. De este modo se han eliminado los escenarios de colisión opuestos;

o La terminal funciona con una ventana de operación para las operaciones del transbordador que se rige por los informes de alerta meteorológica temprana comunicados por la estación meteorológica local.

Con referencia a los peligros identificados en la Evaluación de la Universidad (el informe), debido a la estrechez de la sección transversal navegable del río (350m) en el camino de la terminal, los únicos resultados creíbles de los errores de navegación serían las colisiones de impacto poco profundas con el FSRU/LNGC o las puestas a tierra que resulten en un doble daño en el fondo. Las consecuencias han sido identificadas y evaluadas por el proyecto de desarrollo de la terminal y se ha respondido a ellas mediante evaluaciones de los riesgos de la operabilidad como se indica a continuación:

- Las operaciones de los buques de GNL cumplen plenamente las "Directrices de diseño de los canales de aproximación al puerto" del Informe N° 121-2014 del PIANC, Comisión de Navegación Marítima, asegurando que en todas las condiciones de viento/onda/marea durante las maniobras de aproximación y atraque todos los buques de GNL cargados al máximo calado, operen con una distancia mínima de 1 m del punto de referencia (fondo marino);

- Debido a la consistencia arenosa del fondo del río, se considera extremadamente improbable que cualquier tipo de buque (producto, GNL, petróleo) tenga brechas en el doble fondo del tanque debido a su encallamiento en arcilla limosa. No existe posibilidad de ignición en tal caso y las medidas apropiadas de respuesta a los derrames de petróleo y combustibles derivados, reducirían significativamente cualquier riesgo residual impuesto por otros buques al buque FSRU o al GNL;

- Se consideraron los efectos hidrodinámicos de las aguas poco profundas en la verificación del cumplimiento del PIANC y todos los requisitos apropiados que debían cumplir los buques de transporte de GNL se convirtieron en parte integrante de los requisitos de evaluación de la compatibilidad para todos los buques de GNL que operaran en la terminal. Todos los buques de GNL que operan actualmente cumplen (impuestos por contrato) con estos requisitos.

En lo que respecta a las colisiones de impacto poco profundas, éstas pueden dar lugar a brechas en la cubierta lateral, pero la pérdida de la contención primaria (LOPC) se considera extremadamente improbable. Las siguientes cuestiones se consideran importantes eliminadores de los peligros de la LOPC:

- Debido al estrecho paso de todos los buques fuera del pozo de atraque, no hay posibilidad de que los buques puedan tener ángulos de colisión superiores a 30 grados. Cualquier colisión de menor profundidad conduciría a un impacto por deslizamiento y

probablemente a daños en la cubierta lateral. El sistema de contención, sin embargo, permanecería intacto en todos estos casos;

- Especialmente cuando las velocidades de paso de los atraques se mantienen bajas, la energía transversal para causar LOPC no estaría en "el sistema". Las fuerzas de impacto lateral podrían causar que los arreglos de atraque fallen pero no son lo suficientemente altas como para causar la penetración al LOPC;

- Debido a las curvas del río, el tiempo que los buques que pasan estarán dentro del rango de impacto de la FSRU o el LNGC es muy limitado.

En conclusión, no se ha hecho una distinción adecuada entre las colisiones que provocan daños en el casco lateral y las que llevan al LOPC. Debido a la batimetría, la disposición de los puertos y los procedimientos en vigor, la frecuencia del LOPC será mucho menor que la que se indica actualmente en el informe.

Además, en relación con el estudio ECR, las operaciones de los buques de transporte de GNL de la terminal han cumplido con todas las prácticas recomendadas aplicables de los requisitos de clase PIANC, OCIMF, SIGTTO y BV para los buques de gas. Las operaciones de la terminal cumplen con la Ordenanza Marítima PNA No4 - 2000 DPSN: Disp. SNAV NA9 no 004/11, Disp. PZRP HE7 no.191/16 y no.192/16 hacen cumplir además una reducción sustancial de la frecuencia de colisiones (si es que existe alguna probabilidad en la realidad)

Evaluación de Frecuencias y Ocurrencias

Con respecto a las frecuencias de eventos relevantes para el tránsito de LNGC se aplican los siguientes comentarios:

- Vientos fuertes durante las maniobras de descarga en tierra $1 \times 10^{-1}/y$ - Increíblemente alto con los instrumentos de previsión meteorológica disponibles en la actualidad. Los vientos fuertes pueden predecirse con precisión mucho antes de una descarga y los límites de corte claros forman parte de los Procedimientos Operacionales;

- Encallamiento en los canales de acceso a la Terminal Escobar $1 \times 10^{-3}/y$ - Se supone que esto considera al GNL que asiste. Esta frecuencia es incorrecta ya que no tiene en cuenta el impacto que la asistencia de remolcadores tiene en la frecuencia de aterrizaje. Asumiendo que el GNL podría transitar por el canal por su propia cuenta, la inmovilización de un remolcador reduce la frecuencia de aterrizaje por el factor de la frecuencia de separación de la línea de remolque, que es del orden de $1 \times 10^{-3}/y$. Resultando en una frecuencia de encallamiento en la región de $1 \times 10^{-6}/y$;

- Impacto de colisión originado por otros buques durante el amarre o la navegación en los canales de acceso a la terminal de Escobar $10^{-4}/a$ eventos/año. Esta frecuencia debería ser muy inferior a la utilizada para las colisiones en los canales de acceso, ya que es necesario tener en cuenta el tiempo que los buques se encuentran a la distancia de impacto.

7 Hallazgos Principales

En base al análisis contenido en la Sección 6 arriba, las principales conclusiones derivadas de la revisión realizada por Lloyd's Register son las siguientes:

1. Lloyd's Register y el consultor independiente han realizado análisis de riesgos en concordancia con métodos reconocidos por la industria, como aquéllos definidos por BEVI y CCPS; los análisis además describen la metodología de forma adecuada. Los análisis consideran las instalaciones onshore, el FSRU y el barco de GNL cuando está amarrado.
2. Los escenarios identificados para análisis detallado en los análisis de Lloyd's Register y del consultor independiente son comprensivos, con las frecuencias y consecuencias potenciales calculadas utilizando métodos reconocidos por la industria.
3. Se reconoce que existen diferencias entre el análisis cuantitativo de riesgos de Lloyd's Register y el del consultor independiente. Este hecho se puede esperar cuando dos empresas independientes realizan un análisis de este tipo; sin embargo, no hay diferencias significativas en los resultados globales.
4. Tanto el análisis cuantitativo de Lloyd's Register como el del consultor independiente concluyendo que los riesgos a los que se enfrenta el público fuera de la Terminal Escobar, una vez comparado con criterios de riesgo de YPF y del Health and Safety Executive del Reino Unido, son ampliamente aceptables, y que el riesgo para el personal de la terminal es tolerable si se demuestra que es ALARP. Por lo tanto, no se identifica ningún riesgo inaceptable en relación a fugas de GNL asociadas con la operación de la terminal.
5. El análisis de la Universidad LZ es de una naturaleza semicuantitativa e identifica niveles de riesgo identificados en zonas específicas, tanto en la zona de la Terminal Escobar como a través de la ruta de tránsito del barco de carga de GNL; este método difiere del usado por Lloyd's Register y el consultor independiente y no es un método que se esperaría de un análisis cuantitativo de riesgos que cumple con las mejores prácticas de la industria.
6. El análisis de la Universidad LZ identifica explosiones (tanto de tipo BLEVE como después de una fuga de gas (VCE)) como un tipo de incidente de alto riesgo, y se concentra en estos escenarios a lo largo de análisis. Una explosión de tipo BLEVE generalmente no es considerada posible en un barco de carga de GNL, FSRU o una terminal de gas del tipo considerado en el análisis, y por lo tanto el uso de este escenario como el riesgo principal no es válido. Una explosión tras una fuga de GNL es posible, pero requeriría unas condiciones específicas, y en análisis de la Universidad LZ no considera la posibilidad de que estas condiciones se den en la terminal o a través de la ruta de tránsito del barco de transporte de GNL.
7. La evaluación de incidentes ocurridos en otros establecimientos industriales o la industria marítima que se realiza en el análisis de la Universidad LZ incluye un alto número de incidentes de GLP, los cuales no son representativos de incidentes con

GNL, y también erróneamente categoriza algunos incidentes como explosiones de tipo BLEVE cuando en realidad no lo fueron.

8. El cálculo de consecuencias, frecuencias y riesgos realizados por la Universidad se basa en una muestra reducida de explosiones (de tipo BLEVE u otro, VCE), las cuales no son representativas de la Terminal Escobar o de operaciones con barcos de transporte de GLN. La metodología usada para evaluar frecuencias no es clara y los resultados del análisis de frecuencia dan la impresión de no ser consistentes con el número de incidentes que han ocurrido en el sector.
9. Los dos métodos usados por la Universidad para comparar los riesgos asociados con los escenarios evaluados no están en línea con las mejores prácticas del sector. Lloyd's Register no ha sido capaz de reconocer el criterio de tolerabilidad indicado; la Universidad indica que el criterio está basado en la Directiva III Seveso, pero Lloyd's Register entiende que dicha Directiva no incluye ningún criterio cuantitativo de riesgos.

8 Referencias

- [1] LR Scandpower Ltd 2013. Evaluación cuantitativa de riesgos de la terminal de GNL de Escobar. 50102232-R01 Rev 02 de julio de 2013.
- 2] Causa n° FSM 75001619/2011, caratulada "NN s/averiguacion de delito".
- 3] Lloyd's Register Consulting - Energy Limited. Evaluación cuantitativa de riesgos de la terminal de GNL de Escobar. 50102652-R01 Rev 07 de agosto de 2015.
- [4] Terminal GNL Escobar, Análisis Cuantitativo de Riesgos, Memoria Técnica, Marcelo Gustavo Arrúa Matrícula. Revisión 0, 03/01/2020.
- [5] Terminal Portuaria para la regasificación de Gas Licuado de Petróleo "GNL - Escobar UTE REPSOL/YPF/ENARSA": Análisis de riesgos de operación de dicha terminal portuaria, en el marco de la causa nro. 75001619/2011 caratulada "NN S/ Averiguación de Delito" en trámite ante la Secretaría Penal Nro. 1 del Juzgado Federal de Primera Instancia de Campana. Octubre 2020.
- 6] Una comparación de la experiencia de los accidentes con la metodología de la Evaluación Cuantitativa de Riesgos (ECR). REINO UNIDO HSE CRR 293/2000.
- 7] HSE 1989. "Evaluación Cuantitativa de Riesgos": Su aporte a la toma de decisiones". HMSO.
- [8] RIVM (2009). Reference Manual BEVI Risk Assessments. Versión 3.2.
- 9] AIChE CCPS Evaluating Process Safety In The Chemical Industry A Users Guide To Quantitative Risk Analysis, 2000.
- [10] BS 8444: Parte 3: 1996. CEI 300-3-9: 1995. "Gestión de Riesgos Parte 3. Guía para el análisis de riesgos de los sistemas tecnológicos".
- [11] BS EN 31010:2010 "Gestión de riesgos. Técnicas de evaluación de riesgos" (ahora reemplazado por BS EN IEC 31010:2019).
- 12] Estudio HAZID HAZOP Termina GNL Escobar, OGL/DA/10047 Rev Final, Septiembre 2012.
- 13] "Modelización de seguridad basada en el riesgo de GNL y análisis de consecuencias" John L. Woodward y Robin M. Pitblado, Copyright © 2010 por John Wiley & Sons.
- 14] HSE: "RR1113 - Revisión de los incidentes de explosión de nubes de vapor", 2017.
- [15] NFPA 59A Estándar para la producción, almacenamiento y manejo de gas natural licuado.
- 16] CPR18E, Comité para la Prevención de Desastres, TNO, Holanda.
- [17] HSE (2012). Tasa de fallos y datos de eventos para su uso en las evaluaciones de riesgos. Guía para la planificación de la evaluación de casos, capítulo 6K, versión 12.
- 18] Base de datos de Health and Safety Executive Hydrocarbon Release (datos para 1992 - 2009, descargados de <https://www.hse.gov.uk/hcr3/>).

- 19] EGIG (2011). 8º Informe del Grupo Europeo de Datos sobre Incidentes en Gasoductos, diciembre de 2011.
- 20] Resolución 338/2012 Condiciones para la ubicación de la Terminal Portuaria para operaciones de Gas Natural Licuado y requisitos de protección ambiental".
- [21] Serie de publicaciones sobre sustancias peligrosas (PGS 3). Guía para la evaluación cuantitativa del riesgo "Libro Púrpura" CPR 18E, VROM, 2005.
- 22] Hightower M, y otros (2004). Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water. Informe de los Laboratorios Nacionales Sandia SAND2004-6258.
- [23] <https://www.breeze-software.com/Software/LFG-Fire-Risk/Product-Tour/DEGADIS-Model/>
- 24] Luketa A, et al. (2008). Breach and Safety Analysis of Spills Over Water from Large Liquefied Natural Gas Carriers. Informe de los Laboratorios Nacionales Sandia SAND2008-3153.
- [25] Besluit externe veiligheid inrichtingen [Decreto de Seguridad Externa (Establecimientos)].
- 26] Serie de publicaciones Sustancias Peligrosas 4. Métodos para determinar y procesar probabilidades (Libro Rojo). Ministerio de VROM, 2005.
- 27] Serie de publicaciones Sustancias peligrosas 2. Métodos para el cálculo de los efectos físicos (Libro Amarillo). Ministerio de VROM, 2005.
- 28] Serie de publicaciones Sustancias Peligrosas 1. Métodos para la determinación de posibles daños (Libro Verde). Ministerio de VROM, 2005. En holandés.
- 29] Serie de publicaciones sobre sustancias peligrosas 3. Directrices para el análisis cuantitativo de riesgos (Libro Púrpura). Ministerio de VROM, 2005.
- 30] LR Scandpower Ltd. 2013. 4. Evaluación cuantitativa del riesgo de la terminal de GNL de Escobar. 50102232-R01 Rev 02 de julio de 2013.
- [31] OREDA (Off-shore Reliability Data Handbook, Det Norske Veritas).
- 32] Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012. Sobre el control de los riesgos de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- 33] OMI - Índice de frecuencia MSC Circ. 1023.
- 34] Lecciones de Longford - La explosión de la planta de gas ESSO, Andrew Hopkins, 2001.