

NEP-01 BUNKERING GNL PROYECTO BÁSICO DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES	PEP: HNEP1	
	Doc: B01-A-Y-HNEP1-E-028	
	Date: 11/03/2021	Rev: 0

ADENDA AL PROYECTO BÁSICO PARA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE INSTALACIONES

CAMBIO EN LA UBICACIÓN DE LA TERMINAL DE CARGA Y EN EL SISTEMA DE CARGA DE GNL A BARCOS (SOLO CON MANGUERA)

PROYECTO NEP-01 BUNKERING GNL PUERTO DE BILBAO REPSOL LNG HOLDING



Cofinanciado por el Mecanismo
«Conectar Europa» de la Unión Europea

Rev.	Fecha	Descripción	Realizado	Revisado	Aprobado
0	11/03/2021	Adenda al proyecto básico	JAF	HBS	ARC

NEP-01 BUNKERING GNL PROYECTO BÁSICO DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES	PEP: HNEP1	
	Doc: B01-A-Y-HNEP1-E-028	
	Date: 11/03/2021	Rev: 0

INDICE

1.	Objeto	3
2.	Ubicación del terminal de carga.....	3
3.	Sistema de carga de GNL a barcos.....	5
4.	Conclusión	5

Anexo I: Plano de implantación

Anexo II: Estudio de distancias de seguridad

NEP-01 BUNKERING GNL PROYECTO BÁSICO DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES	PEP: HNEP1	
	Doc: B01-A-Y-HNEP1-E-028	
	Date: 11/03/2021	Rev: 0

1. Objeto

El objeto de este documento es reflejar dos cambios significativos que se han producido en el proyecto una vez presentado el proyecto básico de solicitud de autorización. Los cambios son los siguientes:

- Cambio en la ubicación de la terminal de carga
- Eliminación de la posibilidad de carga mediante brazo, solo se contempla realizar la operación con mangueras

2. Ubicación del terminal de carga

La terminal de carga estaba prevista situarla en la siguiente ubicación:



Figura 1: Ubicación original de la terminal de carga

NEP-01 BUNKERING GNL PROYECTO BÁSICO DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES	PEP: HNEP1	
	Doc: B01-A-Y-HNEP1-E-028	
	Date: 11/03/2021	Rev: 0

Dado que ha cambiado el lugar previsto dónde van a atracar los ferris, es necesario reubicar la terminal de carga de GNL. El nuevo emplazamiento para atraque de ferris se sitúa en el muelle AZ-3 con rampa Ro-Ro nº4, a continuación se muestra la nueva ubicación propuesta para la terminal de carga en este muelle.



Figura 2: Nueva ubicación de la terminal de carga

Este cambio en la ubicación de la terminal de carga lleva asociado un rediseño en el trazado de la zanja de servicios enterrados que conectan la zona de almacenamiento de GNL con la terminal de carga de barcos.

En el Anexo I se adjuntan la revisión del plano de implantación general del proyecto dónde puede observarse el nuevo trazado de la zanja de servicios enterrados.

NEP-01 BUNKERING GNL PROYECTO BÁSICO DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES	PEP: HNEP1	
	Doc: B01-A-Y-HNEP1-E-028	
	Date: 11/03/2021	Rev: 0

3. Sistema de carga de GNL a barcos

Originalmente se había previsto que la carga de barcos con GNL pudiera realizarse tanto con brazo como con manguera. Se ha decidido que el sistema de carga se realice únicamente mediante manguera, tanto la línea de envío de GNL a barco como el retorno de gases.

El hecho de realizar la carga mediante manguera obliga a guardar un perímetro de seguridad con unas distancias mínimas. Se ha realizado este estudio de seguridad para la nueva ubicación de la terminal de carga con un sistema de carga únicamente con manguera, se adjunta en el Anexo II.

4. Conclusión

El cambio en la ubicación de atraque de los ferris obliga a reubicar la terminal de carga de GNL. Este cambio no implica ningún cambio en la operación descrita en el proyecto básico de solicitud de autorización, se van a mantener los mismos elementos. Lógicamente, debe adaptarse el trazado de la zanja de servicios enterrados que une la zona de almacenamiento con la terminal de carga siendo este el cambio principal, aunque las líneas y servicios previstos que discurren por ella no varían.

El segundo cambio en el proyecto es la eliminación de la posibilidad de carga de los ferris mediante brazo. La carga se quiere realizar únicamente con manguera. La operación de carga de barcos con manguera ya estaba prevista y descrita con detalle en el proyecto básico de solicitud de autorización.

Estos dos cambios, no suponen por tanto una variación significativa del proyecto y se solicita la aprobación de este cambio en el diseño para su ejecución.

Se queda a disposición de la Administración para facilitar cualquier tipo de documentación adicional que se pudiera requerir.

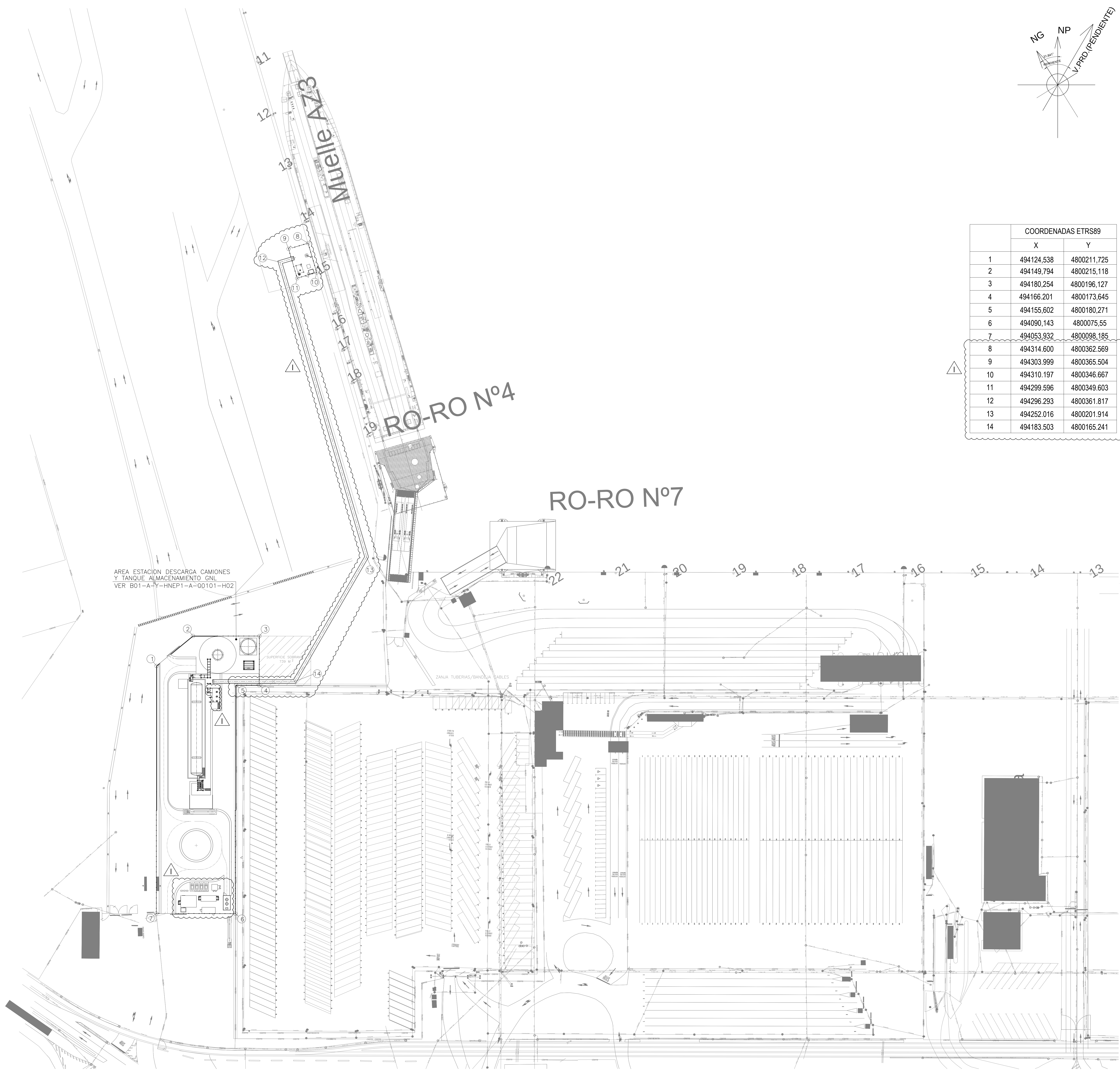
Josep Aleu Fabré
Ayesa Ingeniería y Arquitectura, S.A.
Ingeniero Químico
Colegiado COEIC 16900

NEP-01 BUNKERING GNL PROYECTO BÁSICO DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES	PEP: HNEP1	
	Doc: B01-A-Y-HNEP1-E-028	
	Date: 11/03/2021	Rev: 0

ANEXO I

PLANO DE IMPLANTACIÓN

© REPSOL, S.A. MADRID, Última Actualización /Last Issue 2012-2013
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE REPSOL, NO PUEDE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y / O USADO SIN PREVIA AUTORIZACION DE REPSOL. PLANO INFORMATIZADO DE REPSOL. PLANO INFORMATIZADO (NO REVISAR MANUALMENTE).
THIS DOCUMENT BELONGS TO REPSOL. IT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED AND/OR USED WITHOUT PREVIOUS AUTHORIZATION OF REPSOL. COMPUTERIZED DRAWING (HANDWRITING STRICTLY FORBIDDEN).



PLANOS DE REFERENCIA
REFERENCE DRAWINGS

PLANO N° DRAWING NUMBER	HOJA SHEET	TÍTULO TITLE
B01-A-Y-HNEP1-A-00101	02	IMPL. ESTACION ALMACENAMIENTO GNL Y CARGA A BUQUES PUERTO BILBAO

NOTAS:

1.-COORDENADAS A VERIFICAR
2.-ELEVACION PENDIENTE
3.-NIVEL DE REFERENCIA SNM PENDIENTE

I	HNEP1B	APD ACTUALIZADO PARA LICENCIAS	22/02/21	E.M.M.	A.R.C.	J.R.G.	F.J.S.S.
H	HNEP1B	REVISION APD	05/10/20	E.M.M.	A.R.C.	J.R.G.	F.J.S.S.
G	HNEP1B	INCORPORACION COMENTARIOS	14/05/20	D.H.L.	A.R.C.	J.R.G.	F.J.S.S.
F	HNEP1B	REVISION GENERAL	06/04/20	M.L.S.	A.R.C.	J.R.G.	F.J.S.S.
E	HNEP1B	MODIF. POSICION SCI Y SUP. UTIL	01/04/20	M.L.S.	A.R.C.	J.R.G.	F.J.S.S.

REV.	PROYECTO	DESCRIPCION	FECHA	REALIZ.	COMPR.	APROB.	VFB
REV.	PROJECT	DESCRIPTION	DATE	PREP.	CHCK.	APPROV.	CLIENT APPROVAL

NEGOCIO: REPSOL LNG HOLDING S.A.
BUSINESS: ESTACION DE BILBAO
CENTRO: ESTACION DE BILBAO
FACILITY:

N° PROYECTO REPSOL: HNEP1
REPSOL PROJECT CODE: HNEP1
REALIZADO PREPARED
COMPROB. CHECKED

N° PROYECTO INGENIERIA: P-9553
ING. COMPANY PROJECT CODE: P-9553

ESCALA: 1:1000
SCALE: 1:1000
TAMAÑO: DIN-A1
SIZE: DIN-A1
APROBADO APPROVED
VFB CLIENTE CLIENT APPROVAL

TÍTULO:
TITLE:

IMPLANTACION GENERAL
ESTACION GNL
PUERTO DE BILBAO

AREA/ANEXO: B01	CLASIF.: A	PLANO N°: DRAWING NUMBER: Y-HNEP1-A-00101	Hoja 1 de 1	REV.: I
--------------------	---------------	---	-------------	------------

NEP-01 BUNKERING GNL PROYECTO BÁSICO DE AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES	PEP: HNEP1	
	Doc: B01-A-Y-HNEP1-E-028	
	Date: 11/03/2021	Rev: 0

ANEXO II

ESTUDIO DE SEGURIDAD



Cofinanciado por el Mecanismo
«Conectar Europa» de la Unión Europea

REPSOL LNG HOLDING, S.A.

c/ Méndez Álvaro, 44
28045
(MADRID)

CÁLCULO DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD

DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD SEGÚN
ENFOQUE DETERMINÍSTICO DE LA GUÍA ISO 20519:2017
EN LA OPERATIVA BUNKERING DE LA INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE GNL PROYECTADA
EN EL PUERTO DE BILBAO

Referencia: P-110287-001-001-E
Fecha: Mar. 2021
Revisión: 4.0

Asistencia Técnica

Trámites, Informes, Proyectos, Seguridad y Medio Ambiente, S.L.
Campus UAB – Ronda de la Font del Carme, s/n
08193 Bellaterra – Barcelona (España)
Tel. 93.274.42.80 – Fax. 93.274.46.43

ÍNDICE

1	OBJETO.....	4
2	NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA.....	5
3	INTRODUCCIÓN.....	6
3.1	ZONA ATEX.....	7
3.2	ZONA DE SEGURIDAD (SAFETY ZONE)	8
4	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	9
4.1	SISTEMA DE REPOSTAJE DE BARCOS	10
5	RELACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS PRESENTES EN LAS OPERACIONES DE BUNKERING.....	13
6	DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE FUGA.....	15
6.1	DURACIÓN DEL ESCAPE	17
6.2	ORIENTACIÓN Y ELEVACIÓN DE LA FUGA.....	18
7	CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO	19
7.1	CRITERIOS DE CÁLCULO	19
7.1.1	Asimilación de sustancias	19
7.1.2	Superficie de charco para escapes líquidos no confinados	20
7.1.3	Dispersión de nubes inflamables	20
7.2	MODELOS DE CÁLCULO	22
7.3	CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	24
8	CÁLCULO DE LA ZONA DE SEGURIDAD	25
8.1	ÁRBOLES DE SUCESOS.....	25
8.1.1	Escape de GNL	25
8.2	ESCENARIOS ACCIDENTALES CONSIDERADOS.....	26
8.3	PARÁMETROS DE CÁLCULO	27
8.4	DISTANCIAS DETERMINÍSTICAS PARA PLANIFICACIÓN DE ZONAS DE SEGURIDAD.....	28
8.5	REQUISITOS OPERATIVOS EN LA ZONA DE SEGURIDAD	30
9	CONCLUSIONES.....	31



Titular: REPSOL LNG HOLDING, S.A.
Establecimiento: Bunkering de GNL - Puerto de Bilbao
Documento: Cálculo de Distancias de Seguridad

Página: 3
Fecha: Mar. 2021
Revisión: 4.0

ANEXOS

ANEXO 1. PLANO SAFETY ZONE

ANEXO 2. OUTPUT PHAST

1 OBJETO

El objeto del estudio es determinar la zona de seguridad a delimitar durante las operaciones de bunkering en la terminal, tal y como se define en la ISO 20519:2017.

2 NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Para la determinación de la zona de seguridad del sistema de bunkering se han utilizado las siguientes normas de referencia:

- **ISO/FDIS 20519:2017**. Ships and marine technology — Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels.
- **SGMF FP02-01**, Gas as a Marine Fuel, Recommendation of Controlled Zones during LNG bunkering, The Society for Gas as a Marine Fuel (SGMF), Versión 1.0, FP02-01, 2018.

3 INTRODUCCIÓN

La empresa REPSOL LNG HOLDING, S.A. (en adelante **REPSOL**), está proyectando una estación de repostaje de barcos con gas natural licuado en el puerto de Bilbao.

El repostaje de barcos con gas natural licuado (GNL) es una operación en la que el GNL es transferido desde una determinada fuente a un barco que lo utiliza como combustible. Es habitual referirse a estas operaciones de repostaje de GNL a barcos como operaciones de bunkering de GNL.

La estación de bunkering propuesta por REPSOL es una instalación denominada *shore to ship*, diseñada en primera instancia para alimentar un ferry que atracará en las proximidades. El GNL es llevado a la terminal mediante camiones con cisterna criogénica, que habrán sido cargadas en una planta de almacenamiento de GNL. Se propone cargar los camiones en la planta de GNL de *Bahía de Bizkaia Gas* (BBG) en el puerto de Bilbao. El GNL se almacenará en un tanque criogénico desde donde se bombeará para ser transferido al barco. Para la transferencia se emplearán mangueras criogénicas.

La zona de seguridad es la envolvente tridimensional alrededor de la zona de carga que delimita el espacio en el cual la mayoría de eventos de fugas pueden tener lugar y donde, excepcionalmente, hay riesgo de daño para las personas y los activos. Esta zona tiene carácter transitorio, dado que sólo existe, de forma temporal, durante las operaciones de bunkering.

Para determinar la zona de seguridad de acuerdo a los criterios previstos en la norma ISO 20519, se ha seguido el criterio determinista, considerando una distancia con respecto al LEL para el máximo escape creíble de GNL. Para definir tales escenarios además de contar con el estudio HAZID¹, se ha utilizado la guía SGMF FP02-01 '*Recommendation of Controlled Zones during LNG bunkering*' para determinar los alcances de los escenarios más creíbles.

En el bunkering de GNL existen varias distancias de interés en relación a los riesgos y peligros derivados de dichas operaciones. A continuación, se definen las principales.

¹ *Shore to Ship LNG bunkering station*, Ref. DT-ISI-2018-098, Rev.A (2018)

3.1 ZONA ATEX

Según define *Society for Gas as Marine Fuel* (SGMF en adelante) en su guía *Bunkering* (FP07-01, versión 2.0, marzo 2017), se entiende por zona ATEX (llamada indistintamente por SGMF *Hazardous Area Classification* o *Hazardous Zone*) el área donde es esperable una atmósfera inflamable durante la operación normal y que por tanto requiere de precauciones especiales para el control de las posibles fuentes de ignición.

Las distancias asociadas a las zonas clasificadas deben estar definidas en un estudio técnico oficial "Documento de Protección Contra Explosiones" (DPCEX), elaborado de acuerdo a lo previsto en el R.D. 681/2003 y con los criterios y tablas que recoge la norma *UNE EN 60079-10-1 Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas* (2016).

En cualquier caso, se hace notar que la clasificación de zonas no condiciona la operativa de bunkering respecto al puerto y la terminal siempre que estas distancias sean inferiores a las distancias limitantes (distancia de la zona de seguridad). En caso de no cumplirse esta premisa, la zona clasificada prevalece como valor mínimo para la zona de seguridad.

3.2 ZONA DE SEGURIDAD (SAFETY ZONE)

Según se define en la ISO 20519:2017 se entiende por Zona de Seguridad (Safety Zone) el área alrededor de la estación de bunkering donde sólo personal y actividades dedicados y esenciales están permitidos durante el transcurso de una operación de bunkering.

Es un entorno tridimensional en cuyo interior puede haber presencia de gas natural como consecuencia de un derrame o incidente durante la operación de suministro, indicándose además que en dicha zona de seguridad no podrá haber ninguna actividad ni persona que no tenga relación con la operación de suministro y que no disponga de los EPI's apropiados para la operación.

Dicha zona es de carácter temporal, al estar presente únicamente durante las operaciones de bunkering, y puede extenderse más allá del buque y el manifold de carga.

Para minimizar el daño a las personas y a los equipos, dentro de la zona de seguridad se cumplen las siguientes premisas:

- Control de fugas y vertidos.
- No presencia de fuentes de ignición.
- No presencia de personal no esencial.
- Protección del personal esencial por medio de EPI's.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones de bunkering de Repsol tienen como objetivo el repostaje de GNL en embarcaciones en el Puerto de Bilbao. El siguiente esquema representa el diagrama de flujo de la estación de bunkering, incluyendo los principales equipos de proceso:

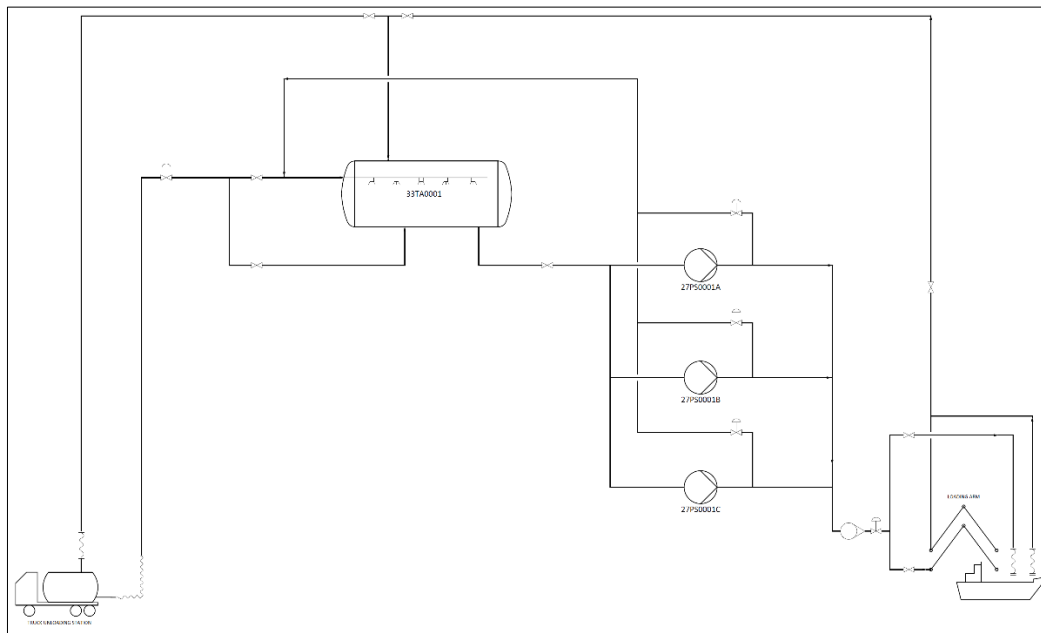


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso

La instalación cuenta con las siguientes áreas de operación:

- Cargadero de camiones donde se lleva a cabo la descarga del GNL hacia el tanque de almacenamiento, por medio de mangueras flexibles.
- Tanque aislado a vacío con perlita de 1.000 m³ de capacidad para el almacenamiento del GNL.
- Sistema de trasiego de GNL formado por 3 bombas de GNL para transferir la fase líquida contenida en el depósito de almacenamiento de la estación hasta los depósitos de GNL del barco a suministrar. La capacidad del sistema de trasiego será de hasta 600 m³/h, disponiendo de tres bombas en paralelo, cada una de un tercio de esta capacidad.
- Sistema de repostaje a barcos (sistema de bunkering): El sistema de repostaje se diseñará para un caudal máximo de 600 m³/h y operará por la diferencia de presiones entre el tanque (o los tanques) del barco y la presión de impulsión de las bombas de la estación. El sistema de repostaje estará formado a su vez por una manguera criogénica para líquido y gas, válvulas de control, caudalímetro másico (tipo coriolis), sistema eléctrico de desconexión ERC (recomendación de SIGTTO), sistema de parada de emergencia ESD.

A continuación, se describe con mayor detalle el sistema de bunkering, ya que sobre él se procederá a definir los escenarios de fuga que serán la base de cálculo de la zona de seguridad.

4.1 SISTEMA DE REPOSTAJE DE BARCOS

La operación de repostaje es una operación manual, apoyada en sistemas automáticos pero que requiere de una continua supervisión, tanto por parte del buque como desde la instalación en tierra. Entre ambas debe establecerse una comunicación constante.

El sistema se diseñará para disponer de una línea de retorno de vapor. No obstante, en condiciones normales, la línea no será necesaria ya que será posible gestionar la presión en el/los tanque/s del barco mediante la correcta elección del sistema de llenado de los mismos: llenado inferior o llenado por la parte superior. La línea de vapor únicamente se empleará en situaciones de presión anormalmente elevada en el/los tanque/s del barco.

El sistema de transferencia se diseña para realizar las operaciones de bunkering a través de mangueras criogénicas.

El sistema de transferencia incluye los elementos de conexión y desconexión rápida y el sistema de liberación de emergencia ERC², que incrementan la facilidad operativa y la seguridad de la operación. El sistema de liberación de emergencia actuará a la señal del ESD, que también provocará la parada de las bombas de trasiego de la estación.

La secuencia del repostaje será gobernada por el sistema de control, que incluirá las funcionalidades automatizadas (entre otras) de:

- Incremento paulatino de caudal al inicio de la operación.
- Decremento de caudal al final.
- Control de caudal y presión durante la operación.
- Inertizado del sistema de transferencia antes de la operación y a su conclusión.

La secuencia básica será la siguiente:

- La instalación es construida para un barco en concreto. En el caso de repostaje de otro tipo de barco, con suficiente antelación a la llegada del mismo se debe realizar un análisis de compatibilidad entre el sistema de transferencia de la estación y el sistema de recepción del barco. Se prepararán los adaptadores que sean necesarios.
- El barco es convenientemente atracado y amarrado de forma segura.

² ERC: Emergency Release Coupling, dispositivo que permite la rápida separación evitando cualquier fuga de GNL al exterior

- Se informa al representante del barco sobre la composición del GNL a suministrar, calculada a partir de los certificados que han aportado los camiones cisterna. En la fase actual del proyecto, no está planificada la instalación de ningún cromatógrafo en la estación de bunkering, aunque sí se instalarán tomas de muestra para contrastes periódicos de la composición.
- Se intercambia información sobre las condiciones de presión y temperatura tanto en el (los) tanque(s) del barco como en el tanque de la estación de bunkering.
- El representante del barco indica el volumen de GNL que desea recibir y se realizan los oportunos cálculos para transformar este volumen en masa de GNL y poder fijar el valor límite en el medidor de caudal másico de la estación.
- El representante del barco también informa sobre el máximo caudal de GNL que puede recibir y se acuerda el valor del caudal nominal en la operación.
- Cuando así se autorice, el personal de la estación conectará la manguera de suministro a las conexiones de líquido y vapor del barco. El uso de dispositivos de conexión y desconexión rápida facilitará la tarea.
- Se conectará el cable de unión ESD y se probará.
- Se realizará la prueba de presión y estanquidad de las mangueras conectadas.
- Se alinearán las válvulas en coordinación ente barco y estación para permitir la transferencia.
- Dependiendo de las condiciones de presión, un equilibrado inicial puede ser necesario entre barco y estación.
- Se inicia la transferencia de GNL desde una de las bombas de la estación. Al principio el caudal será mínimo para verificar que la operación es segura y permitir el enfriamiento controlado del sistema.
- El caudal es incrementado en esta primera bomba hasta el máximo. Sucesivamente se conectan la segunda y tercera bombas hasta alcanzar el caudal nominal acordado para el suministro.
- Cuando se esté próximo al volumen de suministro establecido, se iniciará el proceso de bajada de caudal, desconectando sucesivamente dos de las tres bombas. La tercera bomba se parará cuando se alcance el volumen establecido.
- La protección ESD estará activa durante todo el proceso.
- La manguera se vaciará empleando nitrógeno para empujar el líquido remanente hacia el barco. Alternativamente se puede emplear la vaporización natural de parte del líquido contenido, aunque este proceso es más lento.
- Tras el inertizado con nitrógeno del sistema (si el barco lo requiere), la manguera se recoge.
- Se firman los oportunos documentos y la operación se da por concluida.

En la Tabla 1 se indican las características principales de la manguera de carga.

Tabla 1. Características de las mangueras para repostaje de GNL

Cantidad:	Una (1) para la fase líquida y una (1) para la fase gas
Tipo:	De material compuesto. Materiales: poliamida, poliéster y acero inoxidable como refuerzo
Tamaño:	8" para fase líquida y 4" para fase gas
Características	Las mangueras estarán equipadas con acoplamientos secos en el lado de conexión al buque. También dispondrán de un dispositivo de liberación de emergencia ERC: una conexión mediante un cable y/o neumática proporcionará la señal para la activación del ERC cuando el barco se desplace más allá del valor límite, o cuando el barco deba abandonar inmediatamente la operación.

5 RELACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS PRESENTES EN LAS OPERACIONES DE BUNKERING

En las operaciones de suministro de GNL desde terminal, se manipulan principalmente dos sustancias: GNL y nitrógeno, este último utilizado en la inertización y purgado de las líneas de suministro.

La única sustancia peligrosa presente durante dichas operaciones de bunkering es el GNL. El GNL está constituido básicamente por metano, con pequeñas cantidades de otros hidrocarburos pesados (etano, propano, butanos, pentanos, hexanos, nitrógeno y dióxido de carbono).

La sustancia representativa del peligro en la estación de bunkering es el GNL. A modo resumen, se listan las siguientes características de peligro y riesgo que hay que considerar para el GNL:

- Por sus propiedades de inflamabilidad. Se trata de un producto extremadamente inflamable, con riesgo de incendio originado por fuentes de ignición convencionales (según UNE-EN 1127-1, capítulo 5).
- Dado que se almacena a baja temperatura es capaz de generar importantes cantidades de vapor inflamable en caso de escape accidental (evaporación masiva) que se desplazarían a ras de tierra.
- Por tratarse de un líquido criogénico puede ocasionar daños a las personas (quemaduras por frío) y a estructuras y equipos por fragilización de estructuras de acero al carbono convencionales.
- El GNL no es tóxico, pero puede causar asfixia por desplazamiento del aire.
- El vapor de GNL es un gas frío más pesado que el aire que se puede dispersar por gravedad y acumularse en zonas bajas (cubetos, pozos, drenajes, sumideros).
- Si se derrama GNL en agua, flota y se vaporiza violentamente. Este fenómeno de vaporización súbita se conoce como Transición Rápida de Fase, TRF (o RPT, de sus siglas en inglés).

A continuación, se resumen en forma de tabla las propiedades del GNL en cuanto a su peligrosidad.

Tabla 2. Características de peligrosidad de las sustancias peligrosas presentes en la estación de bunkering

Sustancia (CAS)	CE Nº 1272/2008			
	Pictogramas	Palabras de advertencia	Frases de riesgo	Características
Gas Natural Licuado - GNL (8006-14-2)		Peligro	H220: Gases inflamables (incluidos los gases químicamente inestables) – Categoría 1. H281: Gases a presión – Gas licuado refrigerado.	Identificación de riesgos Flam. Gas 1: Gas extremadamente inflamable. Press. Gas: Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas. Medidas en caso de vertido accidental Evacuar la zona. Utilizar EPI adecuado. Aislar el área peligrosa. Permanecer alejados de zonas confinadas o deprimidas. Eliminar todas las posibles fuentes de ignición. Emplear espuma de jabón para detectar pequeñas fugas. Emplear agua pulverizada para reducir los vapores. El producto licuado vertido al agua o al suelo sufre una evaporación súbita. No supone un riesgo de contaminación acuática ni terrestre. Propiedades físicas y químicas Gas incoloro, inodoro Incompatible con agentes oxidantes fuertes Punto de inflamación : - 188 °C Metano Punto de ebullición : - 161 °C Metano Densidad : 447,109 kg/m³ (A cond normales: 0°C, 1 atm) Densidad relativa : 0,6031 (A cond normales: 0°C, 1 atm)

6 DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE FUGA

Según la norma ISO 20519:2017, la distancia de seguridad puede determinarse por medio de un enfoque probabilístico o determinístico.

Con el objetivo de determinar las zonas de seguridad, de acuerdo a los criterios determinísticos previstos en la norma ISO 20519:2017, se determinan los alcances máximos de las nubes inflamables al límite inferior de inflamabilidad (LEL).

En el presente estudio, el planteamiento de los escenarios se lleva a cabo siguiendo los criterios establecidos en la guía de referencia SGMF FP02-01. Dicha guía facilita la aplicación del método determinístico propuesto en la ISO 20519:2017, de forma que los escenarios escogidos son representativos. Para ello, la SGMF ha analizado el registro histórico de accidentes en instalaciones de este tipo y ha elaborado unos diámetros de fuga en base a este análisis. La consideración de fugas representativas le confiere al método, en esencia determinista, un enfoque probabilístico.

En dicha guía los orificios de las fugas se determinan considerando los siguientes criterios:

- La zona de seguridad está bajo el control del ROS (Responsable de Operación de Suministro, “PIC” de sus siglas en inglés, *Person in charge*) de la operación de bunkering. Cuando el ROS o algún otro operario notifica una fuga el proceso se detiene para limitar las consecuencias del incidente.
- Se dispone de sistema de inspección de mangueras. Previamente a la operación de trasiego, se realiza una inspección de las mangueras para asegurar que no sufren ningún daño. De esta forma, las posibles mangueras dañadas se identifican antes de su uso.
- Si se encuentra una fuga en alguna manguera, ya sea durante la inspección o durante la operación de bunkering, y no puede ser inmediatamente sellada, la manguera será inmediatamente retirada y destruida.
- El escenario de desplazamiento del barco respecto a la instalación de bunkering se salvaguarda mediante los procedimientos y requerimientos del código IGF³ a través de sistema de liberación de emergencia ERC.

³ IGF Code, BOE-A-2017-4763, Código Internacional de Seguridad para los buques que utilicen gases u otros combustibles de bajo punto de inflamación (Código IGF) adoptado en Londres el 11 de junio de 2015 mediante Resolución MSC.391(95)

- El riesgo potencial de daño por impacto/colisión está controlado a través de procedimientos adecuados, particularmente en relación a las operaciones simultáneas (SIMOPs) que se pueden llevar a cabo en el bunkering de GNL.

El estudio llevado a cabo por la SGMF concluye que las fugas representativas que se puedan dar en las operaciones de bunkering se corresponden con orificios de tamaño igual al 6% del diámetro de la manguera, así como fuga por elemento débil en el caso de tuberías o brazos, tal como se presenta en la tabla siguiente, extraída de la guía.

Tabla 3. Tamaño de orificios definidos en SGMF FP02-01

Tamaño	Orificio en manguera ⁴ (mm)	Orificio en bridas/válvulas/juntas de tubería fija o brazo (mm)
2" / 50 mm	3	3
3" / 75 mm	4,5	4
4" / 100 mm	6	4
6" / 150 mm	9	4
8" / 200 mm	12	5
10" / 250 mm	15	5

En el presente proyecto, la carga a barcos se realiza por medio de mangueras de carga. Con el objetivo de determinar las distancias de afectación siguiendo la metodología propuesta por la SGMF, se determinan los alcances máximos de los escenarios considerando orificios de;

- 12 mm para el caso de fuga en manguera (8") de carga de GNL a barcos.

Debe tenerse en cuenta que la operación de bunkering puede llevarse a cabo en un rango de presiones, en función de la presión que traiga el barco. La presión oscila en un rango entre los 2,2 hasta los 6 barg, siendo lo habitual previsto un punto intermedio situado en torno a los 3,5 barg. Debido a esta particularidad, la distancia de seguridad se calcula para los tres modos de operación:

- Modo de carga 01: presión de carga en mangueras de 2,2 barg
- Modo de carga 02: presión de carga en mangueras de 3,5 barg
- Modo de carga 03: presión de carga en mangueras de 6 barg

⁴ $\varnothing = 0,06 \times D_i$

Por otra parte, siguiendo los criterios establecidos por la guía de la SGMF, se definen tres direcciones de escapes:

- H: Horizontal
- V: Vertical
- D: Impactando hacia el suelo

Los alcances obtenidos en estos escenarios se analizarán para determinar la **zona de seguridad** que finalmente se aplicará a la operativa de bunkering.

Los escapes se calcularán considerando las condiciones de trasiego previstas (P y T) y los caudales nominales de las líneas. Se supone un coeficiente de contracción de la vena fluida en torno a 0,60 para fugas líquidas y el método de Bragg (1960)⁵ se utiliza para fugas gaseosas.

A efectos de cálculo, los derrames en mangueras de carga de barcos se han considerado sobre la superficie del mar. No se considera el efecto de sobrepresión del fenómeno RPT (*Rapid Phase Transition*), que produciría una sobrepresión debido a la energía transferida instantáneamente al GNL desde el mar, dando lugar a una vaporización súbita del mismo. Dicha sobrepresión es ligera y presenta alcances locales.

6.1 DURACIÓN DEL ESCAPE

La duración del escape depende del tiempo que tarde el sistema de corte o bloqueo en parar el caudal de la línea evitando por tanto el escape de líquido al exterior. Teniendo en cuenta que los escenarios planteados en el presente documento para la determinación de la distancia de seguridad se corresponden con líneas y equipos de trasiego, y que dichas operaciones cuentan con procedimientos operativos específicos y supervisión permanente por parte del operador, se considera un tiempo de fuga de dos minutos, según criterio recogido en la guía SGMF FP02-01 para sistemas ESD semi-automáticos (detección por parte del operador y activación del ESD).

Se desprecia el vaciado posterior del tramo aislado, al considerarse que la caída de presión llevará a un decrecimiento paulatino del caudal de fuga que no empeorará la situación, sino que la prolongará más en el tiempo y pospondrá el retorno a una situación segura, sin afectación en los alcances máximos.

⁵ Bragg, S. L., 1960, Effect of compressibility on the discharge coefficient of orifices and convergent nozzles, Journal of Mechanical Engineering Science Volume 2 (1960) pp35-44.

6.2 ORIENTACIÓN Y ELEVACIÓN DE LA FUGA

Según guía SGMF, deben considerarse las tres posibles orientaciones espaciales; fuga horizontal, vertical y hacia abajo.

La elevación se ha considerado, con criterio conservador, fuga a nivel de suelo (cota de 1 metro).

7 CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO

7.1 CRITERIOS DE CÁLCULO

Las hipótesis accidentales se han analizado de acuerdo con los criterios técnicos que se describen a continuación.

7.1.1 Asimilación de sustancias

A efectos de cálculo, el GNL se ha dado de alta como una mezcla pseudocomponente, a partir de la composición esperada para el mismo. Así, la composición esperada se resume en la siguiente Tabla 4:

Tabla 4. Composición molar (%) típica del GNL

Componente	Fracción Molar (%)
Metano	93,68
Etano	5,92
Propano	0,23
i-Butano	0,02
n-Butano	0,02
Pentano +	0,01
Nitrógeno	0,12

A efectos de cálculo, el GNL se ha asimilado a la siguiente mezcla:

Tabla 5. Composición molar (%) del pseudocomponente considerado

Componente	Fracción Molar (%)
Metano	94
Etano	6

El posible GN (gas natural no licuado), formado por evaporación y en circulación en las líneas de retorno de vapores, no se considera en el presente estudio, dado que los escenarios con GNL son más representativos y peligrosos al involucrar un inventario másico mayor.

7.1.2 Superficie de charco para escapes líquidos no confinados

En los escenarios de derrame de producto por fallo en las mangueras, la extensión del líquido se produciría sobre la superficie del mar, por lo que debe tratarse como derrame no confinado.

Este diámetro será corregido atendiendo a las limitaciones físicas para la extensión del derrame y a las cantidades máximas que puedan fugar, de modo que el espesor del charco cumpla con unos mínimos (entre 10 y 25 mm) según los casos y según criterios del recogidos en la guía 'Yellow Book'. Se asume como criterio conservador un área de charco máxima de 10.000 m² para el caso de derrame en mar abierto⁶.

7.1.3 Dispersión de nubes inflamables

En el caso de la formación de nubes inflamables por evaporación de gas licuado derramado, deben realizarse las siguientes puntualizaciones:

- Este gas evaporado se comporta como gas pesado. Este comportamiento se puede comprobar de forma directa, a partir de la estimación numérica de la densidad del gas natural a partir de la expresión: $\rho = P M / R T$, $P = 101325$ Pa, $M = 16$ kg/kmol, $R = 8314$ J / (kmol K) y $T = 112$ K, que demuestra que se trata de un gas pesado en las condiciones criogénicas de vaporización cuando escapa en fase líquida. Este comportamiento está referenciado en numerosos estudios técnicos⁷ y normas de referencia, tales como UNE EN 1160:1996, apartado 5.7.3.
- La mayoría de las hipótesis accidentales dan lugar a nubes inflamables que alcanzan la máxima distancia para periodos inferiores a los 10 minutos, debido a que el escape se puede cortar en un periodo máximo de tiempo de 2 minutos. Pasado este periodo (determinado aproximadamente por el tiempo de intervención), la nube se va dispersando, alejándose de la fuente, dando lugar a una nube con menor cantidad de vapores en condiciones de inflamabilidad, y aislada en el espacio respecto de la fuente. En caso de ignición durante este periodo de tiempo, la llamarada resultante no tendría capacidad de propagar el incendio hasta el punto de fuga.

⁶ Molag M. LPG, a study. *A comparative analysis of the risk inherent in the storage, transshipment, transport and use of LPG and motor spirit*. TNO report (1983).

⁷ J. Havens, T. Spicer and K. Perry. "New models to predict consequences of LNG releases". University of Arkansas Chemical and Gas Technology Institute, 2002.

Anay Luketa-Hanlin. "A review of large-scale LNG spills: Experiments and modeling". *Journal of Hazardous Materials*, 2005. R. Ohba, A. Kouchi, T. Hara, V. Vieillard, D. Nedelka. "Validation of heavy and light gas dispersion models for the safety analysis of LNG tank." *Journal of Loss Prevention in the process industries* 17, 2004.

- Para el gas natural, en caso de ignición no se considera la probabilidad de que pueda suceder una explosión de la nube en áreas no confinadas. Los experimentos y los datos bibliográficos confirman que, en las condiciones no confinadas de dispersión previstas en los escenarios planteados no es previsible un fenómeno de explosión que involucre a toda la masa inflamable contenida en las nubes calculadas. En zonas confinadas es previsible el fenómeno de explosión si se consideran las cantidades limitadas de gas determinadas por la geometría del recinto y siempre teniendo en cuenta escapes gaseosos en los equipos presentes en el interior del mismo.

Según se indica en las normativas de aplicación ISO 20519 o la guía FP02 de la SGMF, el escenario final representativo del peligro en las instalaciones de bunkering es la llamarada o dispersión inflamable, definiéndose la distancia de seguridad como la distancia al Límite Inferior de Inflamabilidad.

7.2 MODELOS DE CÁLCULO

El software o modelo de cálculo del “Análisis de Consecuencias” de los escenarios accidentales planteados, es decir, el cálculo del alcance de las magnitudes físicas representativas de los accidentes, se ha realizado utilizando modelos de reconocido prestigio que han sido desarrollados por entidades con acreditada experiencia en el modelado de los efectos y consecuencias de accidentes graves. En concreto se ha utilizado el software PHAST, versión 8.22 desarrollado por Det Norske Veritas (DNV).

A continuación, se indican los escenarios para los cuales se realizaron los Cálculos de Consecuencias utilizando el modelo PHAST 8.22:

Tabla 6. Modelo de cálculo. Software empleado

Modelo de cálculo utilizado	Tipo de escenario calculado
PHAST 8.22	Caudales de fuga Evaporación de charcos Dispersiones inflamables

PHAST permite calcular descargas de componentes puros o mezclas originadas en fugas de equipos, rotura de tuberías largas y pequeñas (tanto al aire libre como enterradas), roturas catastróficas, válvulas de alivio y discos de ruptura, colapso de techos de tanques, venteos de tanques y, en general, emisiones a la atmósfera originadas tanto al aire libre como en interior.

El software implementa el modelo UDM (Unified Dispersión Model)⁸, un modelo de dispersión integral sobre terrenos llanos, adaptado a cualquier tipo de escape. El modelo permite calcular la dispersión bifásica originada tanto en escapes a nivel del suelo como elevados. El modelo UDM consiste en los siguientes módulos vinculados: dispersión de chorros turbulentos, deposición de gotas, evaporación y expansión de charcos, dispersión de gas pesado y dispersión pasiva. Además, PHAST incorpora varios modelos para el cálculo de las consecuencias de incendios de charco y explosiones. El software incorpora varios modelos para determinar las consecuencias de dardos de fuego (modelos API y de cono truncado), bolas de fuego (modelos HSE and TNO) e incendios de charco. Para el cálculo de explosiones se puede optar entre los modelos TNT, TNO Multi-Energy y Baker Strehlow.

El programa permite el modelado de mezclas bifásicas multicomponentes utilizando un método riguroso o uno simplificado, como pseudo-componente, donde se asume que la

⁸ Unified Dispersion Model – Technical Reference Manual, DNV Software, (distributed on reference CD as part of Phast 6.7 software), Det Norske Veritas, London, June 2011.



mezcla se comporta como un componente puro, cuyas propiedades se promedian en función de la composición de la mezcla. En el modelo riguroso, las propiedades de la mezcla varían con la concentración y estado de la sustancia.

La aplicación facilita el modelado de una dispersión de una mezcla multicomponente y la evaluación de la afectación de un componente tóxico/inflamable en concreto. Además, es posible evaluar el riesgo considerando la concentración global de la mezcla que se dispersa.

7.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Se han utilizado fuentes de información oficial, Euskalmet, con datos meteorológicos obtenidos del observatorio más próximo a la ubicación del establecimiento, Punta Galea. Para posibilitar la modelización de la dispersión de manera representativa, se toman valores medios. Los datos disponibles y considerados hacen referencia al período del año 2018. Los principales parámetros de interés para la elaboración de la modelización de sucesos se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. Datos promedios de la estación meteorológica punta Galea (2018).

Parámetro meteorológico	Valor considerado
Presión atmosférica	1013 hPa
Temperatura ambiente	15,1 °C
Humedad relativa	79,1 %
Viento	17,5 km/h 5 m/s

A efectos de cálculo, para las dispersiones de nubes inflamables e incendios se toma como velocidad representativa del viento el valor promedio de 4 m/s, asociándose a dicha velocidad, la categoría de estabilidad atmosférica que representa una situación normal o promedio (estabilidad D). Este valor es ligeramente más conservador que el valor promedio de 5 m/s representativo de la zona objeto de estudio. En cualquier caso, los valores adoptados de velocidad de viento y de estabilidad atmosférica (4D) son totalmente congruentes con los valores promedio sugeridos en guías de cálculo y publicaciones internacionales⁹.

Según se recoge en la guía SGMF FP02, la estabilidad D y condiciones diurnas resultan representativas y son las que deben considerarse para el cálculo y obtención de la distancia de seguridad.

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, se ha considerado la siguiente condición atmosféricas tipo para el cálculo de la distancia de seguridad:

4D: Velocidad media del viento de 4 m/s con una estabilidad atmosférica Pasquill D (normal).

Adicionalmente hay que considerar una rugosidad media representativa del terreno. En este caso se adopta un valor de 0,25 m, que se ajusta a una condición con obstáculos grandes dispersos, lo cual es consistente con el área alrededor de la instalación objeto de estudio.

⁹ Chemical Hazard Engineering Guidelines, Dow Chemical, ed. 1993.

8 CÁLCULO DE LA ZONA DE SEGURIDAD

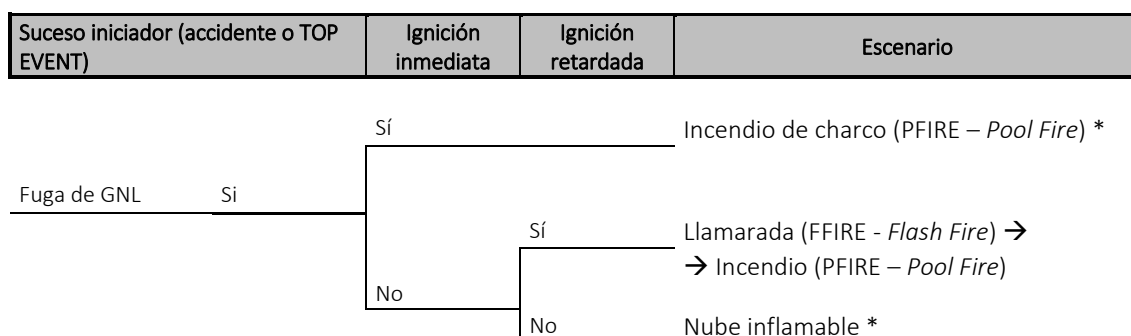
8.1 ÁRBOLES DE SUCESOS

8.1.1 Escape de GNL

En caso de escape de GNL, el producto fugado se derrama sobre el terreno formando un charco del cual vaporiza el gas natural frío a muy baja temperatura, con la consiguiente formación de una nube de producto inflamable. La nube inflamable, más pesada que el aire, se desplazará empujada por el viento. Si alcanza un punto de ignición se producirá su deflagración no explosiva (llamarada), que puede propagarse hasta el charco con producto remanente, provocando su incendio. En determinados casos cabría considerar el vertido de GNL en el mar (debido a fuga en la manguera de conexión de carga a buques).

Si la nube inflamable no encuentra ningún punto de ignición se dispersará sin consecuencias.

El árbol de sucesos asociado a un escape de GNL se presenta a continuación.



***NOTA:** Para la determinación de la distancia de seguridad solo se contempla el accidente final de dispersión inflamable o llamarada.

La formación de charco dependerá de la cantidad fugada y de las condiciones de aislamiento del terreno sobre el que se derrama el GNL. Es habitual adoptar como situación característica, dado que en general se trata de escapes significativos sobre terreno acondicionado, la formación de charco en las situaciones de accidente grave.

8.2 ESCENARIOS ACCIDENTALES CONSIDERADOS

En la siguiente tabla se muestran los escenarios representativos para el cálculo de la zona de seguridad de la estación de bunkering con el criterio recogido en la guía SGMF FP02-01.

Tabla 8. Sucesos en manguera según guía SGMF FP02-01

Código del suceso iniciador	Descripción	Escenario final*
MANG/GNL-01	Fuga de GNL por orificio de diámetro equivalente al 6% del diámetro de la manguera de carga a barco (8") durante el modo de operación 01 (presión de carga 2,2 barg)	Llamarada (FLASHF)
MANG/GNL-02	Fuga de GNL por orificio de diámetro equivalente al 6% del diámetro de la manguera de carga a barco (8") durante el modo de operación 02 (presión de carga 3,5 barg)	Llamarada (FLASHF)
MANG/GNL-03	Fuga de GNL por orificio de diámetro equivalente al 6% del diámetro de la manguera de carga a barco (8") durante el modo de operación 03 (presión de carga 6 barg)	Llamarada (FLASHF)

*Nótese que, para la determinación de la zona de seguridad, el único escenario final contemplado es la llamarada, dado que dicha distancia vendrá determinada por la distancia al límite inferior de inflamabilidad según criterio recogido en las guías de aplicación ISO 20519:2017 o SGMF FP02-01.

Los escenarios con gas natural, en las mangueras y líneas de retorno de vapores, no se han considerado en el cálculo de la distancia de seguridad dado que los escapes con gas implican inventarios másicos fugados menores (alcances menores) y puesto que discurren por los mismos puntos que las líneas y mangueras de trasiego de GNL, la zona de seguridad alrededor de dichas instalaciones está definida por el escenario que implica fuga de GNL.

En la obtención de la distancia de seguridad se consideran las distancias máximas obtenidas (para cualquier orientación de fuga y altura de interés).

8.3 PARÁMETROS DE CÁLCULO

A continuación, se recoge para cada uno de los iniciadores considerados las condiciones de procesos y parámetros de cálculos más representativos.

Tabla 9: Parámetros de cálculo para los escenarios según guía SGMF FP02-01

INICIADOR	SUSTANCIA	PARÁMETROS DE CÁLCULO
MANG/GNL-01	GNL	– T = -150 °C – P = 2,2 barg – DN200 (8") – Diámetro orificio: 12 mm – Tiempo de fuga: 120 s – Derrame en mar abierto
MANG/GNL-02	GNL	– T = -150 °C – P = 3,5 barg – DN200 (8") – Diámetro orificio: 12 mm – Tiempo de fuga: 120 s – Derrame en mar abierto
MANG/GNL-03	GNL	– T = -150 °C – P = 6 barg – DN200 (8") – Diámetro orificio: 12 mm – Tiempo de fuga: 120 s – Derrame en mar abierto

8.4 DISTANCIAS DETERMINÍSTICAS PARA PLANIFICACIÓN DE ZONAS DE SEGURIDAD

Siguiendo los criterios de la guía SGMF FP02-01 se han determinados las distancias de los escenarios más creíbles que pueden servir de soporte para la asignación de la distancia de la zona de seguridad:

Tabla 10: Distancias de seguridad mediante enfoque determinístico (guía SGMF FP02)

ESCENARIO	CONDICIONES	ORIENTACIÓN	DISTANCIA AL LEL (m)
MANG/GNL-01	– T = -150 °C – P = 2,2 barg – DN200 (8") – Diámetro orificio: 12 mm – Tiempo de fuga: 120 s – Derrame en mar abierto	H	19
		V	3
		D	23
MANG/GNL-02	– T = -150 °C – P = 3,5 barg – DN200 (8") – Diámetro orificio: 12 mm – Tiempo de fuga: 120 s – Derrame en mar abierto	H	23
		V	4
		D	25
MANG/GNL-03	– T = -150 °C – P = 6 barg – DN200 (8") – Diámetro orificio: 12 mm – Tiempo de fuga: 120 s – Derrame en mar abierto	H	27
		V	4
		D	29

Para la determinación de la distancia de seguridad, se desprecia la orientación vertical al ser significativamente menor que las otras dos, como puede observarse en los resultados.

Para el rango del modo de operación 03 (alta presión), la distancia de seguridad obtenida mediante el enfoque determinístico se comprende en el rango entre los **27 y los 29 metros** (dependiendo de la orientación de la fuga). Son las distancias mayores, como es lógico al tratarse de la situación de máxima presión. Por el contrario, para el modo de operación 01 (baja presión), la distancia de seguridad varía entre los **19 y los 23 metros**, siendo las distancias menores. Para el modo de operación 02 (presión media), la distancia de seguridad fluctúa entre los **23 y los 25 metros**. En todos los casos, se observa como la distancia peor es en el caso de orientación hacia el suelo, debido a la mala dilución inicial con el aire, lo que implica que la nube inflamable alcance unas distancias mayores.



Las distintas distancias de seguridad se representan gráficamente en el ANEXO 1, mientras que los reportes del programa se adjuntan en el ANEXO 2.

8.5 REQUISITOS OPERATIVOS EN LA ZONA DE SEGURIDAD

El propósito de la Safety Zone es minimizar la probabilidad de daño a las personas y equipos. Para ello, según se indica en la guía *Bunkering* de SGMF, se definen las siguientes restricciones a cumplir dentro de la Safety Zone:

- No se permite iluminación no protegida.
- No se permite el uso de móviles, radios, cámaras u otros equipos eléctricos no certificados.
- No deben estar operando grúas y similares que no intervengan en la operación.
- No se permite la presencia de vehículos ajenos a la operativa.
- No se permite la presencia de barcos ajenos, a no ser que tengan expresa autorización de las Autoridades Portuarias.
- Evitar otras posibles fuentes de ignición.
- El acceso a la Safety Zone queda restringido al personal autorizado, provisto de los Equipos de Protección Individual (EPI) necesarios (ropa e instrumentos antiestática, detectores de gas portátiles).

9 CONCLUSIONES

Se ha determinado el alcance de la zona de seguridad según enfoque determinista propuesto en la guía ISO 20519:2017, aplicando criterio de la guía SGMF FP02, tomándose en consideración los escenarios accidentales más probables y representativos que pueden ocurrir en la instalación de GNL que REPSOL proyecta instalar en el puerto de Bilbao.

Se obtienen distintas distancias de seguridad en función del modo de operación de las mangueras. Las mismas pueden operar en el rango comprendido entre los 2,2 y los 6 barg, siendo el valor de consigna función de la presión de llegada del barco. Por ello, se obtienen distancias de seguridad para los tres modos de operación planteados (baja presión, media presión y alta presión). Las distancias de seguridad que se obtienen son:

- Baja presión (mangueras): 23 metros
- Media presión (mangueras): 25 metros
- Alta presión (mangueras): 29 metros

Los valores que se han tomado son los de la orientación más conservadora: hacia el suelo, siguiéndose un principio de prudencia. En caso de impedimentos logísticos, dicha distancia podría disminuirse, pero no por debajo de la zona clasificada.

Nótese que, en caso que la zona de seguridad quede englobada dentro de la zona clasificada ATEX, debe considerarse esta última como zona de seguridad.

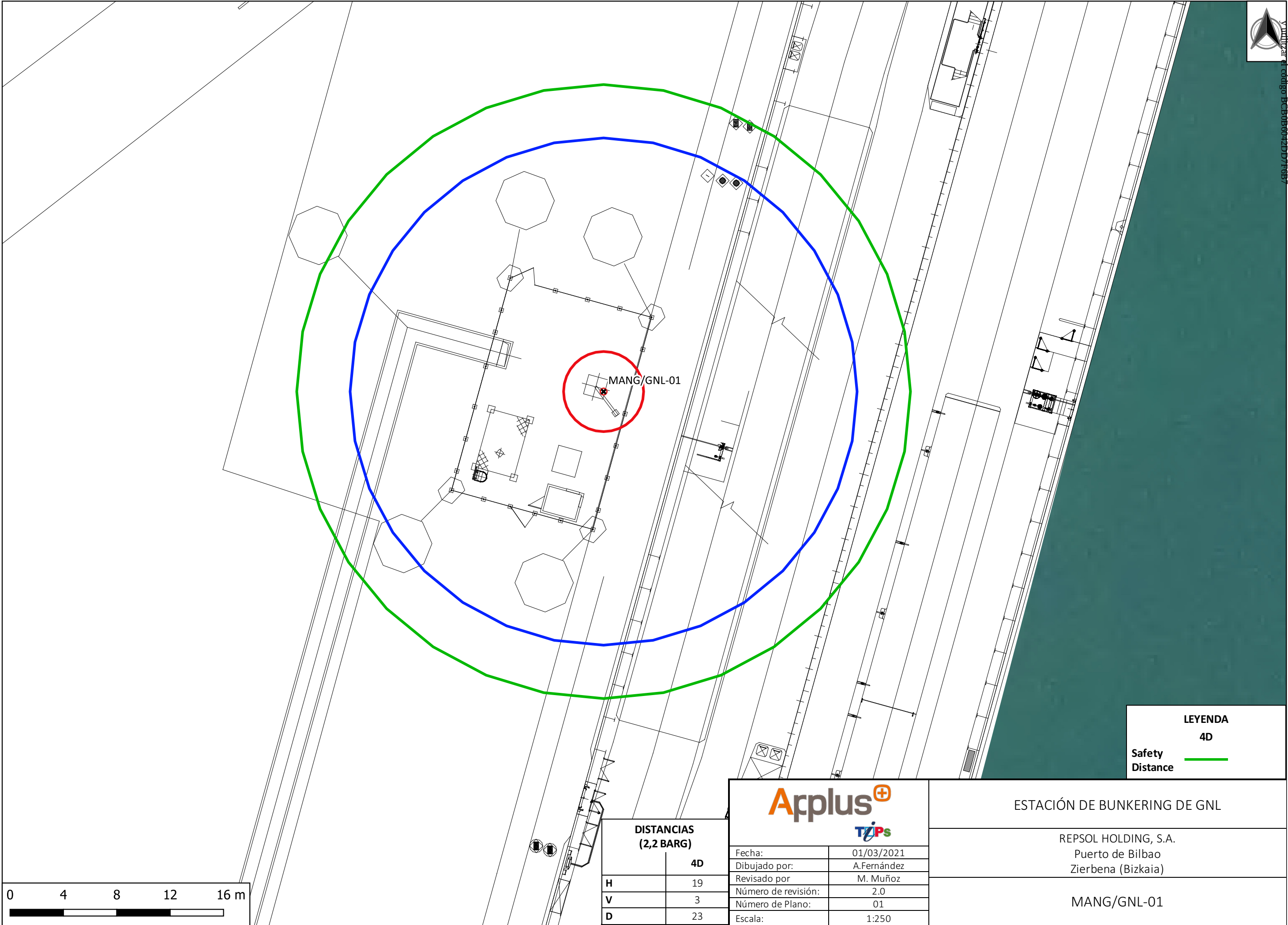


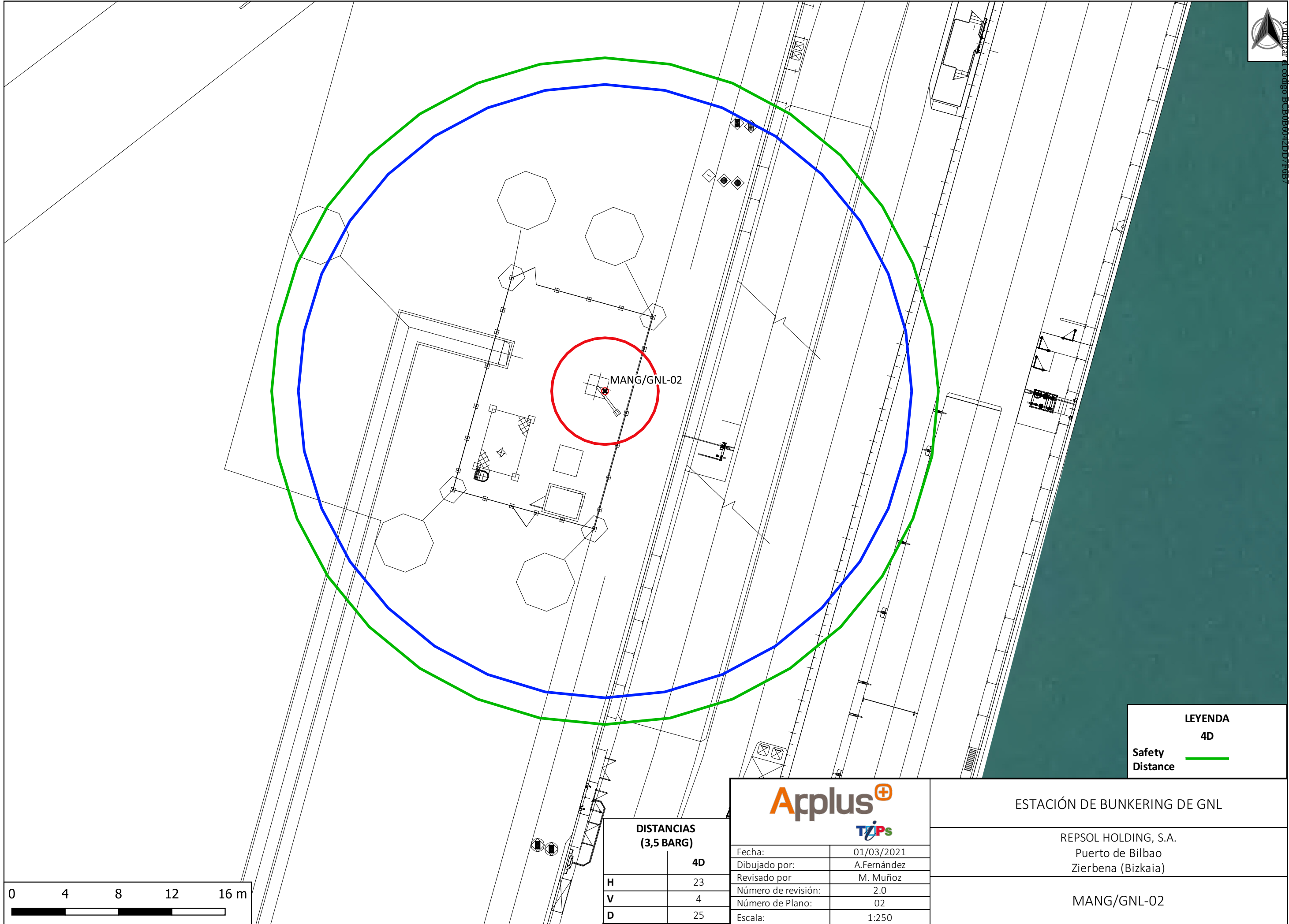
Titular: REPSOL LNG HOLDING, S.A.
Establecimiento: Bunkering de GNL - Puerto de Bilbao
Documento: ANEXO 1 - Cálculo de Distancias de Seguridad

Fecha: Mar. 2021
Revisión: 4.0

Documento registrado en el Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya con fecha 15/03/2021, por Josep Aleu Fabré (16900). Para validar la información de este documento se puede acceder a <https://e-visat.eic.cat/verificacio> y utilizar el código BCB0B6042DD7F6B7

ANEXO 1. PLANO SAFETY ZONE



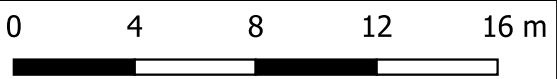


LEYENDA
4D
Safety Distance

Applus⁺ TIPS	
Fecha:	01/03/2021
Dibujado por:	A.Fernández
Revisado por:	M. Muñoz
Número de revisión:	2.0
Número de Plano:	02
Escala:	1:250

ESTACIÓN DE BUNKERING DE GNL	
REPSOL HOLDING, S.A. Puerto de Bilbao Zierbena (Bizkaia)	
MANG/GNL-02	

DISTANCIAS (3,5 BARG)	
	4D
H	23
V	4
D	25



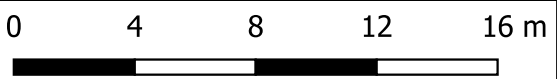


LEYENDA	
4D	
Safety Distance	

Applus ⁺ TIPS	
Fecha:	01/03/2021
Dibujado por:	A.Fernández
Revisado por:	M. Muñoz
Número de revisión:	2.0
Número de Plano:	03
Escala:	1:250

ESTACIÓN DE BUNKERING DE GNL	
REPSOL HOLDING, S.A. Puerto de Bilbao Zierbena (Bizkaia)	
MANG/GNL-03	

DISTANCIAS (6 BARG)	
	4D
H	27
V	4
D	29





Titular: REPSOL LNG HOLDING, S.A.
Establecimiento: Bunkering de GNL - Puerto de Bilbao
Documento: ANEXO 2 - Cálculo de Distancias de Seguridad

Fecha: Mar. 2021
Revisión: 4.0

Documento registrado en el Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya con fecha 15/03/2021, por Josep Aleu Fabré (16900). Para validar la información de este documento se puede acceder a <https://e-visat.eic.cat/verificacio> y utilizar el código BCB0B6042DD7F6B7

ANEXO 2. OUTPUT PHAST

(Archivo adjunto en formato digital)

Input Report

Workspace: REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22

REPSOL BUNKERING - Safety Zone

Study

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22

Tab	Group	Field	Value	Units
Context of calculations	Selection of context	Weathers to use for this study	Weather folder	
		Parameters to use for this study	Parameter set	
		Obstructions to use for this study		
Material	Modelling of mixtures	Multi or pseudo-component modelling	PC modelling	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Concrete, no bund	
Toxic parameters	Indoor toxic calculations	Specify the downwind building type	Unselected	
		Building type (downwind building type)	Buildings\Building type	
Dispersion	Distances of interest	Distances of interest		m

MANG/GNL-01

Pressure vessel

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone

Tab	Group	Field	Value	Units
Material	Material	Material	GNL	
		Specify volume inventory?	No	
		Mass inventory	110.933	kg
		Volume inventory	0.263951	m3
		Material to track	GNL	
	Phase	Specified condition	Pressure/temperature	
		Temperature	-150	degC
		Pressure (gauge)	2.2	bar
		Fluid state	Liquid	
		Liquid mole fraction	1	fractio



				n
	Modelling of mixtures	Multi or pseudo-component modelling	PC modelling	
Scenario	Pipe dimensions	Pipe length		m
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Horizontal	
		Outdoor release angle	0	deg
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - instantaneous	Use flashing correlation	
		Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Short pipe	Pipe characteristics	Pipe roughness	0.045	mm
	Frequencies	Frequency of bends in pipe	0	/m
		Frequency of couplings in pipe	0	/m
		Frequency of junctions in pipe	0	/m
	Frequencies of valves	Frequency of excess flow valves	0	/m
		Frequency of non-return valves	0	/m
		Frequency of shut-off valves	0	/m
	Velocity head losses	Excess flow valve velocity head losses	0	
		Non-return valve velocity head losses	0	
		Shut-off valve velocity head losses	0	
Time varying releases	Modelling of time-varying leaks and line ruptures	Vacuum relief valve	Operating	
		Vacuum relief valve set point	0	bar
	Inventory data for time-varying releases	Tank volume	0.263951	m3
		Tank vapour volume	0	m3
		Tank liquid volume	0.263951	m3
		Tank liquid level	0	m
		Maximum vapour release height		m
		Minimum mass inventory	0.1	kg
		Maximum mass inventory	1E+09	kg

	Safety system modelling for time-varying releases	Safety system modelling (isolation and blowdown)	No	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion		Land
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
	Building definition	Release building		
		In-building release?	Outdoor	
		Building wake effect	Roof/lee	
		Wind or release angle from North	0	deg
		Handling of droplets	Trapped	
		Indoor mass modification factor	3	
Explosion parameters	Explosion method (Consequence calculations only)	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	

		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Crosswind angle	0	deg
		Horizontal options	Use standard method	
		Correlation	Recommended	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5;	

			7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s
Geometry	Geometry	East	0	m
		North	0	m

MANG/GNL-01-H

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01

Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Horizontal	
		Outdoor release angle	0	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		

		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time	s	
	Distances of interest	Distances of interest	m	
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition	m	
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	

		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fractio n
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/ m2
		Emissivity fraction		fractio n
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fractio n
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fractio n
		Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-01-V

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01



Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Vertical	
		Outdoor release angle	90	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	

		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
Radiation levels		Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
Result types to calculate		Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
Parameters		Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
Cone model data		Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	

		Flame emissive power		kW/ m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-01-D

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01

Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Down - impinging on the ground	
		Outdoor release angle	0	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	



Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	

		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	

		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
Parameters		Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-02

Pressure vessel

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone

Tab	Group	Field	Value	Units
Material	Material	Material	GNL	
		Specify volume inventory?	No	
		Mass inventory	139.921	kg
		Volume inventory	0.332926	m3
		Material to track	GNL	
	Phase	Specified condition	Pressure/temperature	
		Temperature	-150	degC
		Pressure (gauge)	3.5	bar
		Fluid state	Liquid	
		Liquid mole fraction	1	fraction
	Modelling of mixtures	Multi or pseudo-component modelling	PC modelling	
Scenario	Pipe dimensions	Pipe length		m
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Horizontal	
		Outdoor release angle	0	deg
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - instantaneous	Use flashing correlation	
		Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Short pipe	Pipe characteristics	Pipe roughness	0.045	mm



	Frequencies	Frequency of bends in pipe	0	/m
		Frequency of couplings in pipe	0	/m
		Frequency of junctions in pipe	0	/m
	Frequencies of valves	Frequency of excess flow valves	0	/m
		Frequency of non-return valves	0	/m
		Frequency of shut-off valves	0	/m
	Velocity head losses	Excess flow valve velocity head losses	0	
		Non-return valve velocity head losses	0	
		Shut-off valve velocity head losses	0	
Time varying releases	Modelling of time-varying leaks and line ruptures	Vacuum relief valve	Operating	
		Vacuum relief valve set point	0	bar
	Inventory data for time-varying releases	Tank volume	0.332926	m3
		Tank vapour volume	0	m3
		Tank liquid volume	0.332926	m3
		Tank liquid level	0	m
		Maximum vapour release height		m
		Minimum mass inventory	0.1	kg
		Maximum mass inventory	1E+09	kg
	Safety system modelling for time-varying releases	Safety system modelling (isolation and blowdown)	No	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m²	
	Building definition	Release building		

		In-building release?	Outdoor	
		Building wake effect	Roof/lee	
		Wind or release angle from North	0	deg
		Handling of droplets	Trapped	
		Indoor mass modification factor	3	
Explosion parameters	Explosion method (Consequence calculations only)	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	

		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Crosswind angle	0	deg
		Horizontal options	Use standard method	
		Correlation	Recommended	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s
Geometry	Geometry	East	0	m
		North	0	m

MANG/GNL-02-H

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02



Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Horizontal	
		Outdoor release angle	0	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	

		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
Radiation levels		Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
Result types to calculate		Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
Parameters		Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
Cone model data		Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	

		Flame emissive power		kW/ m2
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-02-V

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02

Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Vertical	
		Outdoor release angle	90	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	



Audit Number: 13538

Date: 01/03/2021 Time: 16:22

Page 19 of 36

parameters

		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s

	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction

Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
	Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-02-D

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02

Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Down - impinging on the ground	
		Outdoor release angle	0	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	

Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	

		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-03

Pressure vessel

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone

Tab	Group	Field	Value	Units
Material	Material	Material	GNL	
		Specify volume inventory?	No	
		Mass inventory	183.202	kg
		Volume inventory	0.435906	m ³



		Material to track	GNL	
	Phase	Specified condition	Pressure/temperature	
		Temperature	-150	degC
		Pressure (gauge)	6	bar
		Fluid state	Liquid	
		Liquid mole fraction	1	fraction
Modelling of mixtures		Multi or pseudo-component modelling	PC modelling	
Scenario	Pipe dimensions	Pipe length		m
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Horizontal	
		Outdoor release angle	0	deg
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - instantaneous	Use flashing correlation	
		Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Short pipe	Pipe characteristics	Pipe roughness	0.045	mm
	Frequencies	Frequency of bends in pipe	0	/m
		Frequency of couplings in pipe	0	/m
		Frequency of junctions in pipe	0	/m
	Frequencies of valves	Frequency of excess flow valves	0	/m
		Frequency of non-return valves	0	/m
		Frequency of shut-off valves	0	/m
	Velocity head losses	Excess flow valve velocity head losses	0	
		Non-return valve velocity head losses	0	
		Shut-off valve velocity head losses	0	
Time varying releases	Modelling of time-varying leaks and line ruptures	Vacuum relief valve	Operating	
		Vacuum relief valve set point	0	bar
	Inventory data for time-varying releases	Tank volume	0.435906	m3

		Tank vapour volume	0	m3
		Tank liquid volume	0.435906	m3
		Tank liquid level	0	m
		Maximum vapour release height		m
		Minimum mass inventory	0.1	kg
		Maximum mass inventory	1E+09	kg
	Safety system modelling for time-varying releases	Safety system modelling (isolation and blowdown)	No	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion		Land
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m²	
	Building definition	Release building		
		In-building release?	Outdoor	
		Building wake effect	Roof/lee	
		Wind or release angle from North	0	deg
		Handling of droplets	Trapped	
		Indoor mass modification factor	3	
Explosion parameters	Explosion method (Consequence calculations only)	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	

	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Crosswind angle	0	deg
		Horizontal options	Use standard method	
		Correlation	Recommended	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction

Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s
Geometry	Geometry	East	0	m
		North	0	m

MANG/GNL-03-H

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03

Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
		Direction	Horizontal	
	Direction	Outdoor release direction	Horizontal	
		Outdoor release angle	0	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	



		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s

	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction

Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
	Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-03-V

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03

Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m
	Direction	Outdoor release direction	Vertical	
		Outdoor release angle	90	deg
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund,	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	



building and terrain		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction

	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/m ²
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E+06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s

MANG/GNL-03-D

Leak

REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22\REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03

Tab	Group	Field	Value	Units
Scenario	Hole	Orifice diameter	12	mm
		Use specified discharge coefficient?	No	
		Discharge coefficient		fraction
	Release location	Elevation	1	m
		Tank head	0	m



	Direction	Outdoor release direction	Down - impinging on the ground	
		Outdoor release angle	0 deg	
Material	Material	Material characteristics	Flammable only	
		Material to track	GNL	
		Type of risk effects to model	Flammable only	
	Phase	Phase to be released	Liquid	
Discharge parameters	Model settings	Atmospheric expansion method	DNV GL recommended	
		Phase change upstream of orifice?	Disallow liquid phase change only (metastable liquid)	
	Droplet break-up mechanism	Droplet break-up mechanism - continuous	Do not force correlation	
Dispersion	Dispersion scope	Concentration of interest		ppm
		Averaging time for concentration of interest		
		Specify user-defined averaging time	No	
		User defined averaging time		s
	Distances of interest	Distances of interest		m
	Averaging time for reports	ERPG [1 hr]	No	
		IDLH [30 mins]	No	
		STEL [15 mins]	No	
Bund, building and terrain	Terrain and bund definition	Type of terrain for dispersion	Land	
		Type of pool substrate and bunds	Water, bund 10.000 m ²	
Explosion parameters	Explosion method	Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined	
	Ignition	Supply late ignition location	No ignition location	
		Location of late ignition		m
	Vapour liquid method	Use explosion mass modification factor	Yes	
		Explosion mass modification factor	3	
Fireball	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/m ²

		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Mass modification factor	3	
		Fireball maximum exposure duration	20	s
	Calculation method	Fireball model	Martinsen time varying	
		TNO model flame temperature	1726.85	degC
Jet fire	Jet fire method	Jet fire method	Cone model	
	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	
	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Rate modification factor	3	
		Jet fire maximum exposure duration	20	s
	Cone model data	Correlation	Recommended	
		Horizontal options	Use standard method	
		Flame-shape adjustment if grounded	Yes	
	Surface emissive power	Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP	
		Flame emissive power		kW/ m2
		Emissivity fraction		fraction
Pool fire	Result types to calculate	Calculate probit	Yes	
		Calculate dose	Yes	
		Calculate lethality	Yes	

	Radiation levels	Number of input radiation levels	5	
		Intensity levels	3; 5; 8; 12.5; 37.5	kW/ m2
		Probit levels	2.67365; 3.71845; 5; 7.32636; 9.9	
		Dose levels	1.15E+06; 2.5E+06; 4.8E +06; 8.70298E+06; 3.76556E+07	
		Lethality levels	0.01; 0.1; 0.5; 0.99; 0.999	fraction
	Parameters	Radiative fraction for general fires	0.4	fraction
		Pool fire maximum exposure duration	20	s

Consequence Summary Report

Workspace: REPSOL BUNKERING - Safety Zone - Phast 8.22

Study: REPSOL BUNKERING - Safety Zone

Summary Basis

These tables will only report global values set in the parameters. Values that are modified in the study tree will not be reported.

The report is context sensitive, and filters up to the study level. You will need to generate multiple summary reports if you have multiple studies in your workspace.

Discharge Results (after atmospheric expansion)

Path	Scenario	Weather	Peak Flowrate [kg/s]	Temperature [degC]	Liquid mass fraction in material [fraction]	Droplet diameter [um]	Expanded diameter [m]	Velocity [m/s]	End time of release [s]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	0.924438	-160.728	0.928672	422.558	0.0336715	41.2718	120
	MANG/GNL-01-V	4D	0.924438	-160.728	0.928672	422.558	0.0336715	41.2718	120
	MANG/GNL-01-D	4D	0.924438	-160.728	0.928672	422.558	0.0336715	41.2718	120
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-H	4D	1.16601	-160.728	0.928955	367.309	0.0349886	48.0314	120
	MANG/GNL-02-V	4D	1.16601	-160.728	0.928955	367.309	0.0349886	48.0314	120
	MANG/GNL-02-D	4D	1.16601	-160.728	0.928955	367.309	0.0349886	48.0314	120
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-H	4D	1.52668	-160.728	0.929496	315.791	0.0360289	58.8838	120



	MANG/ GNL-03-V	4D	1.52668	-160.728	0.929496	315.791	0.0360289	58.8838	120
	MANG/ GNL-03-D	4D	1.52668	-160.728	0.929496	315.791	0.0360289	58.8838	120

Dispersion Results

Input dispersion parameters

Core averaging time	18.75	s
Flammable averaging time	18.75	s
Toxic averaging time	600	s
Height of interest	0	m

Distance downwind to defined concentrations

The reported concentration of interest is defined at the scenario

Path	Scenario	Weather	Distance to UFL [m]	Distance to LFL [m]	Distance to LFL fraction [m]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	n/a	17.4911	17.4911
	MANG/GNL-01-V	4D	n/a	n/a	n/a
	MANG/GNL-01-D	4D	7.9246	22.8465	22.8465
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-H	4D	n/a	22.9779	22.9779
	MANG/GNL-02-V	4D	n/a	n/a	n/a
	MANG/GNL-02-D	4D	8.72927	25.2372	25.2372
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-H	4D	n/a	27.0973	27.0973
	MANG/GNL-03-V	4D	n/a	n/a	n/a
	MANG/GNL-03-D	4D	9.79873	28.3595	28.3595



Jet Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Flame length [m]	Distance downwind to intensity level 1 (3 kW/m ²) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (5 kW/m ²) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (8 kW/m ²) [m]	Distance downwind to intensity level 4 (12.5 kW/m ²) [m]	Distance downwind to intensity level 5 (37.5 kW/m ²) [m]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	16.1364	28.5293	25.062	22.3647	20.0767	17.5061
	MANG/GNL-01-V	4D	10.4355	21.0986	16.5897	13.4857	11.2698	n/a
	MANG/GNL-01-D	4D	8.42053	7.86934	6.37917	5.4336	4.53256	1.69692
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-H	4D	17.5114	31.3378	27.5256	24.5721	22.1098	18.9085
	MANG/GNL-02-V	4D	11.3247	23.2213	18.2271	14.8421	12.3797	n/a
	MANG/GNL-02-D	4D	9.11131	8.73117	7.04482	5.99989	5.10682	2.36648
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-H	4D	19.1856	34.8217	30.5895	27.3345	24.63	20.6064
	MANG/GNL-03-V	4D	12.4074	25.8508	20.2344	16.5193	13.7332	n/a
	MANG/GNL-03-D	4D	9.93156	9.80817	7.82865	6.68905	5.77243	3.09304

Early Pool Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Pool diameter [m]	Distance downwind to intensity level 1 (3 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (8 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 4 (12.5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 5 (37.5 kW/m2) [m]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	0.415262	8.47533	8.47533	8.47533	8.47533	n/a
	MANG/GNL-01-D	4D	1.76161	9.22031	7.61888	6.4859	4.57984	1.88081
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-D	4D	1.97874	10.8499	8.93542	7.62682	5.70553	1.98937
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-D	4D	2.26484	13.0876	10.797	9.1842	7.24387	2.13242

Late Pool Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Pool diameter [m]	Distance downwind to intensity level 1 (3 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (8 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 4 (12.5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 5 (37.5 kW/m2) [m]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	0.602059	9.23294	8.91459	8.56873	8.56873	n/a
	MANG/GNL-01-D	4D	2.59959	15.8175	13.0588	11.074	9.0776	2.31497
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-D	4D	3.01787	19.3746	15.9942	13.5169	11.2277	3.15928
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-D	4D	3.57756	24.3277	20.0741	16.9038	14.1488	4.41482

Flash Fire Results

Distance downwind to defined concentrations

The reported LFL and LFL fraction are defined in the respective material property

Path	Scenario	Weather	Distance downwind to LFL [m]	Distance downwind to LFL Fraction [m]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	17.4911	17.4911
	MANG/GNL-01-V	4D		
	MANG/GNL-01-D	4D	22.8465	22.8465
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-H	4D	22.9779	22.9779
	MANG/GNL-02-V	4D		
	MANG/GNL-02-D	4D	25.2372	25.2372
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-H	4D	27.0973	27.0973
	MANG/GNL-03-V	4D		
	MANG/GNL-03-D	4D	28.3595	28.3595

Maximum distance to LFL fraction at any height

Path	Scenario	Weather	Max flash fire distance [m]	Height of the max flash fire distance [m]	Time [s]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	19.0369	0.26313	9.60224
	MANG/GNL-01-V	4D	3.46827	4.86504	2.24309
	MANG/GNL-01-D	4D	22.8794	0	105



REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-H	4D	23.3629	0.161375	18.1921
	MANG/GNL-02-V	4D	3.59323	5.44391	2.24311
	MANG/GNL-02-D	4D	25.1437	0	97.4998
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-H	4D	27.2758	0.110436	18.2293
	MANG/GNL-03-V	4D	3.60007	6.3857	2.24293
	MANG/GNL-03-D	4D	28.5756	0	120

Explosion Results

Explosion scenarios for worst-case maximum downwind distance to defined overpressures.

These results are produced during the consequence run and depend on the precise setting of the scenario. These results may be quite different to the explosion results calculated during the risk or effects modelling as these will depend on the obstructed regions defined on the map.

The reported overpressures are defined in the explosion parameters

Path	Scenario	Weather	Overpressure level [bar]	Maximum distance [m]	Diameter [m]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01-H	4D	0.05	21.2913	29.5543
			0.125	13.1289	13.2295
			0.16	11.9244	10.8203
			0.3	9.67067	6.31295
	MANG/GNL-01-D		0.05	35.1992	51.3756
			0.125	21.0101	22.9974
			0.16	18.9161	18.8095
			0.3	14.9984	10.9741
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02-H		0.05	32.1997	42.3752
			0.125	20.4964	18.9685
			0.16	18.7692	15.5143
			0.3	15.5379	9.05155
	MANG/GNL-02-D		0.05	37.7147	55.6231
			0.125	22.3525	24.8988
			0.16	20.0854	20.3646
			0.3	15.8438	11.8814
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03-H		0.05	34.125	45.2041
			0.125	21.6404	20.2349
			0.16	19.7979	16.55
			0.3	16.3508	9.65582
	MANG/GNL-03-D		0.05	36.166	53.3102
			0.125	21.4427	23.8634
			0.16	19.2698	19.5178



0.3

15.2046

11.3873

Supplementary data for worst-case explosion scenarios

Path	Scenario	Weather	Overpressur e level [bar]	Explosion flammable mass [kg]	Ignition time [s]	Ignition source [m]	Cloud centre [m]	Explosion centre [m]
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-01	MANG/GNL-01- H	4D	0.05	0.613067	1.63343	10	6.5142	6.5142
			0.125	0.613067	1.63343	10	6.5142	6.5142
			0.16	0.613067	1.63343	10	6.5142	6.5142
			0.3	0.613067	1.63343	10	6.5142	6.5142
	MANG/GNL-01- D		0.05	3.22045	28.6661	20	9.51137	9.51137
			0.125	3.22045	28.6661	20	9.51137	9.51137
			0.16	3.22045	28.6661	20	9.51137	9.51137
			0.3	3.22045	28.6661	20	9.51137	9.51137
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-02	MANG/GNL-02- H		0.05	1.80709	5.42964	20	11.0121	11.0121
			0.125	1.80709	5.42964	20	11.0121	11.0121
			0.16	1.80709	5.42964	20	11.0121	11.0121
			0.3	1.80709	5.42964	20	11.0121	11.0121
	MANG/GNL-02- D		0.05	4.08708	22.2969	20	9.90315	9.90315
			0.125	4.08708	22.2969	20	9.90315	9.90315
			0.16	4.08708	22.2969	20	9.90315	9.90315
			0.3	4.08708	22.2969	20	9.90315	9.90315
REPSOL BUNKERING - Safety Zone\MANG/GNL-03	MANG/GNL-03- H		0.05	2.19371	4.1362	20	11.5229	11.5229
			0.125	2.19371	4.1362	20	11.5229	11.5229
			0.16	2.19371	4.1362	20	11.5229	11.5229
			0.3	2.19371	4.1362	20	11.5229	11.5229
	MANG/GNL-03- D		0.05	3.59812	14.3814	20	9.51096	9.51096
			0.125	3.59812	14.3814	20	9.51096	9.51096
			0.16	3.59812	14.3814	20	9.51096	9.51096
			0.3	3.59812	14.3814	20	9.51096	9.51096

