

TERMINALE DI RICEZIONE E RIGASSIFICAZIONE NEL PORTO DI TARANTO

**STUDIO DELLE MANOVRE, DEI RISCHI E DELLA
OPERATIVITÀ DELL'ACCESSO MARITTIMO**

INTRODUCCIÓN

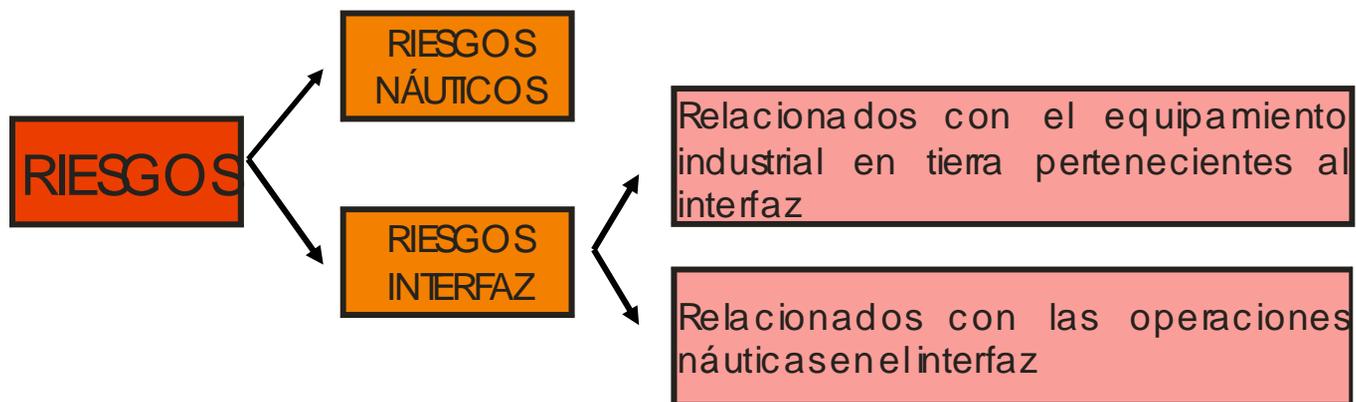
El objeto de la siguiente presentación es el de enunciar y detallar los estudios necesarios para determinar la configuración del área de navegación y flotación correspondiente a la nueva terminal de GNL en el Puerto de Taranto, Italia.

OBJETO Y ALCANCE

- Evaluar los espacios de agua ocupados por los buques de diseño durante el desarrollo de las maniobras de aproximación y operación en la Terminal, de acuerdo con los criterios de SEGURIDAD definidos por las principales normativas y recomendaciones (PIANC / ROM 3.1 / EN 1532 / EN 1474 / EN 1473).
- Analizar y determinar los períodos de operatividad en lo que atañe a maniobras de aproximación, atraque-amarre y funcionalidad del interfaz, verificando que resulten adecuados para la EXPLOTACIÓN de la terminal de acuerdo con los criterios recogidos en la ROM 3.1 y en la norma EN 1532.

OBJETO Y ALCANCE

- Realizar un estudio de Riesgos accidentales, discriminando los correspondientes al interfaz con los asociados a las operaciones náuticas, según las normas EN 1474 y EN 1532.

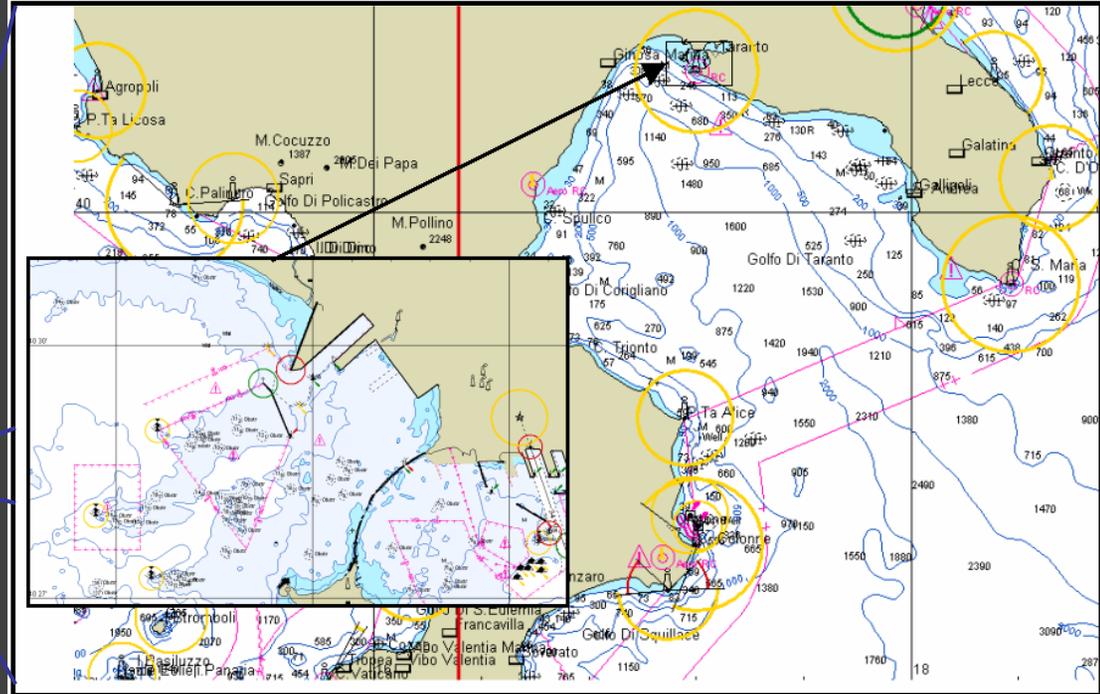


OBJETO Y ALCANCE

El correcto dimensionamiento de un área de navegación o flotación precisa la determinación, a partir de los estudios mencionados, de los elementos siguientes:

- Configuración geométrica de los espacios de agua y aéreos, y el calado que precisan.
- Determinación de la Vida Útil y Riesgo máximo admisible
- Condiciones Climáticas Límite aptas para la navegación, operación y permanencia del buque atracado.
- Definición de zonas de riesgo, actuaciones y medidas preventivas
- Sistemas de señalización y balizamiento
- Requerimientos básicos de remolque
- Niveles de operatividad del Acceso Marítimo

SITUACIÓN



East	17° 10' E
North	40° 10' N

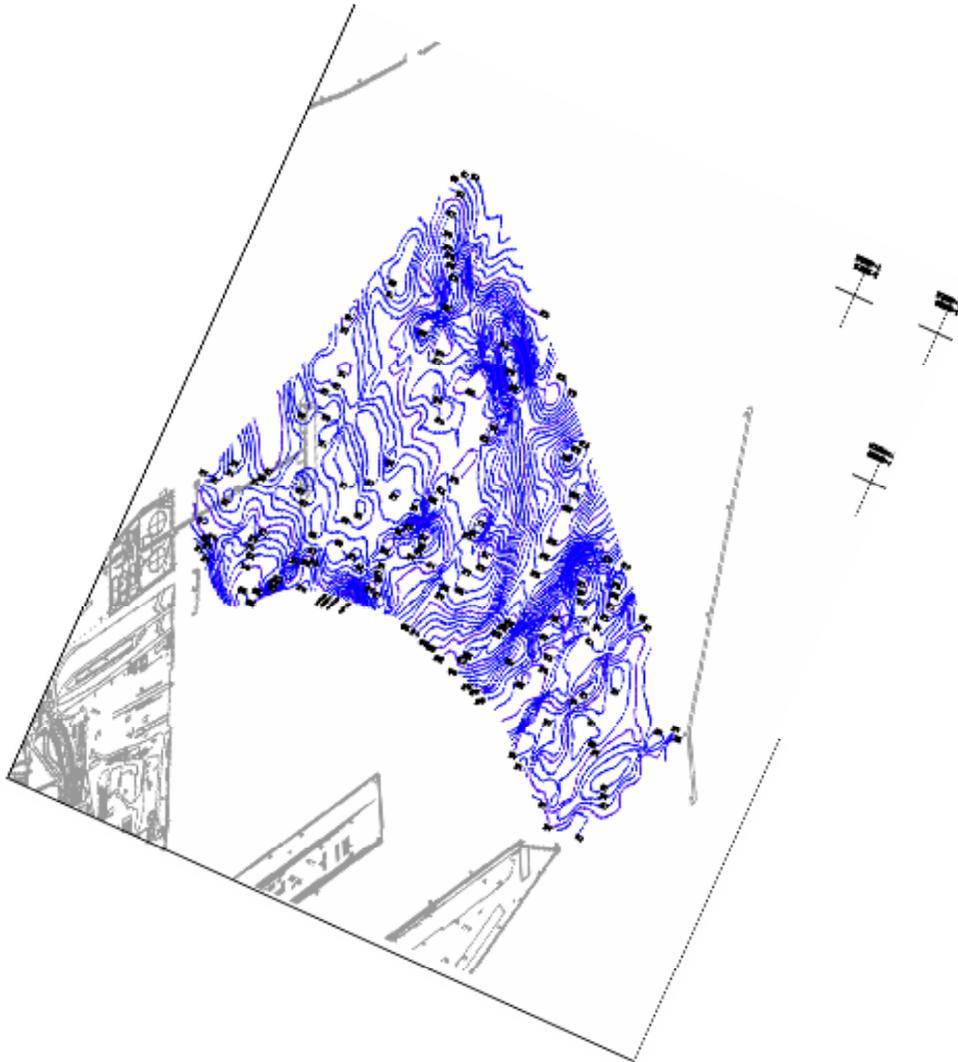
BATIMETRIA

Para conocer las profundidades y características morfológicas del suelo donde la terminal de regasificación y las áreas de acceso marítimo estarán situadas, el desarrollo del proyecto incluye un estudio batimétrico.

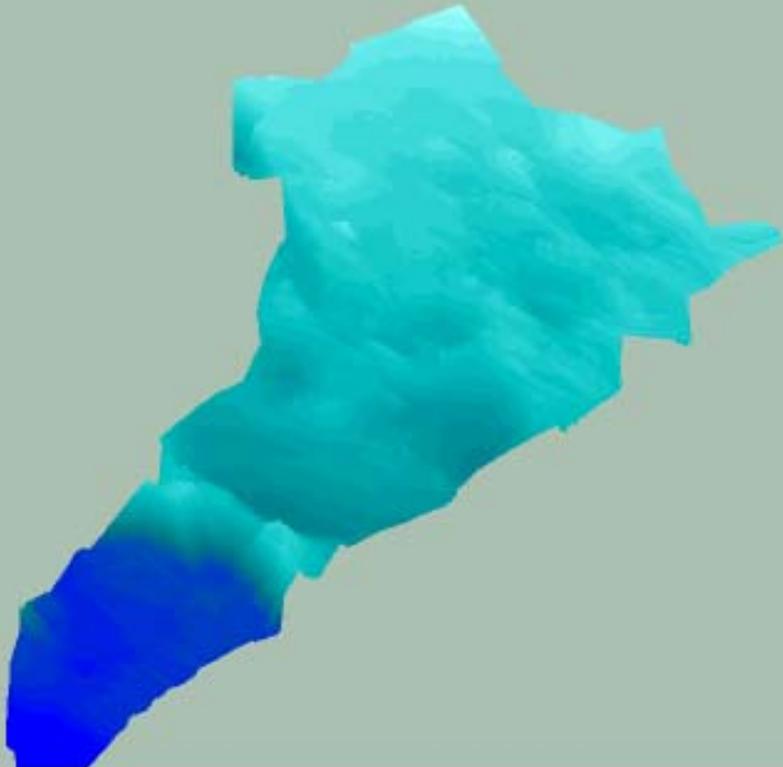
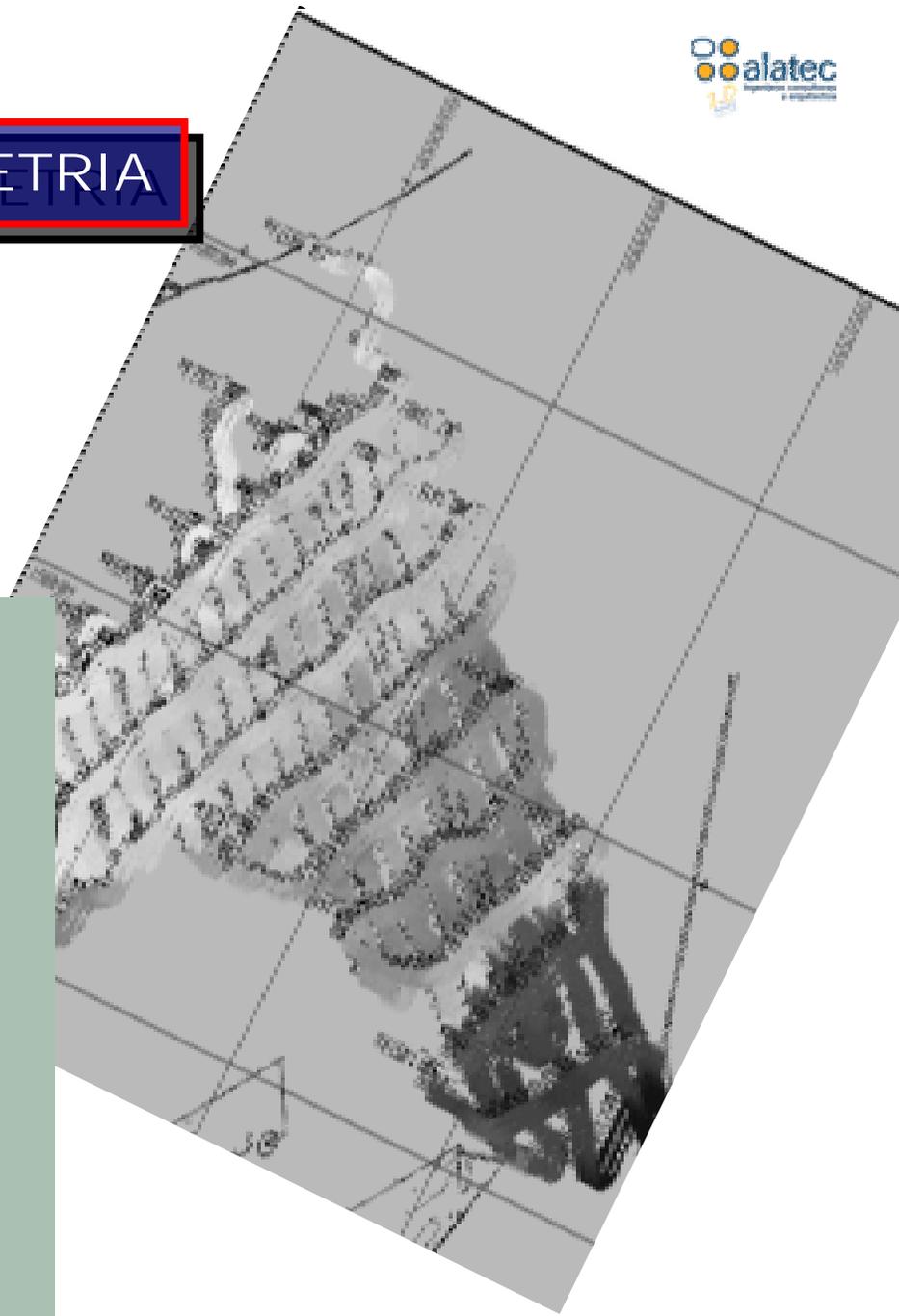
Los elementos utilizados para el desarrollo de este estudio fueron los siguientes:

- Referencia topográfica (Instituto Geografico Militare).
- Adquisición y post proceso de datos (Software Hypac Max)
- Equipos hidrográficos
- Edición Cartográfica

BATIMETRIA



BATIMETRIA



CLIMA MARÍTIMO

FUENTE DE DATOS

- Estudio Meteo-Marino realizado por la empresa Medea Engineering S.A. para el “Progetto Preliminare Terminale di Ricezione e Rigassificazione Gas Naturale Liquefatto (GNL). Taranto”
- United of Kindom Meteorological Office (UKMO). Registros continuos direccionales de viento y oleaje para el período 2001-2004.

CLIMA MARÍTIMO

VIENTO:

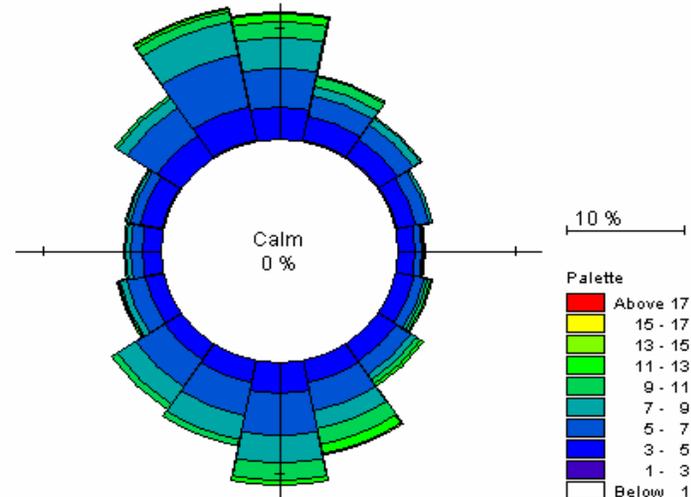
Esta zona se caracteriza por no existir una dirección de viento predominante, si bien los vientos procedentes del E y W son muy poco frecuentes. En cuanto a la velocidad del viento, se puede observar que el 65% del tiempo su velocidad está en el intervalo de 1 a 5 m/seg.



Situación del punto de medición,

coordenadas geográficas son: 40° N, 17,54° E

Rosa de viento, punto de medición U.K.M.



CLIMA MARÍTIMO

OLEAJE:

Aguas profundas:

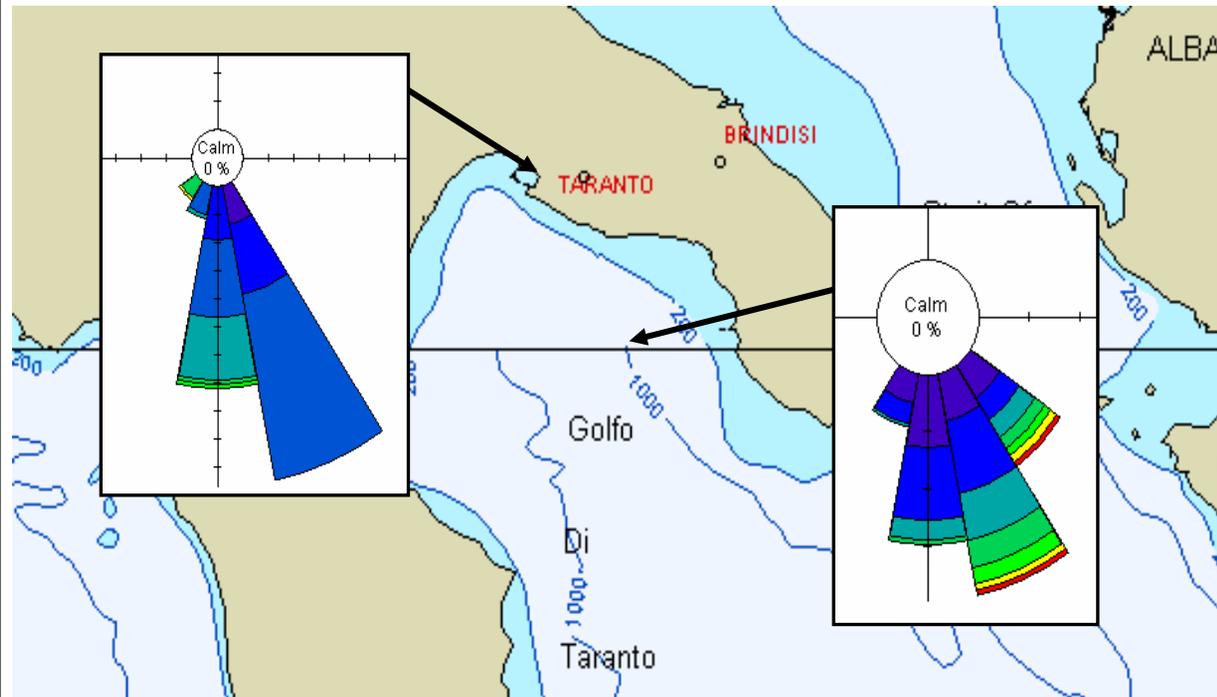
Para la caracterización del régimen medio del oleaje en aguas profundas se parte, de un registro continuo (cada 6 ó 3 horas) de oleaje (sea y swell) en aguas profundas durante los últimos 4 años (desde 2001 hasta 2004) en el mismo emplazamiento del punto de medición de viento, cuyas coordenadas geográficas son: 40° N, 17,54° E.

CLIMA MARÍTIMO

Propagación y Agitación:

➤ El clima medio de oleaje en aguas profundas, presenta una mayor frecuencia a los oleajes que provienen del sector SSE, con un total de 20,41% del tiempo. Este sector es el dominante ya que se concentra la mayor cantidad de energía de oleaje, alcanzándose alturas de ola de hasta 5 m.

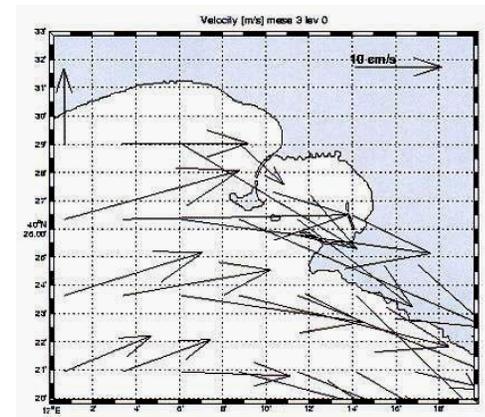
➤ Los oleajes reinantes en la Terminal son los que llegan con dirección SSE, y la máxima altura de ola que se alcanza es de 0,9 m, su frecuencia de presentación es muy baja, aproximadamente 0,8 días al año.



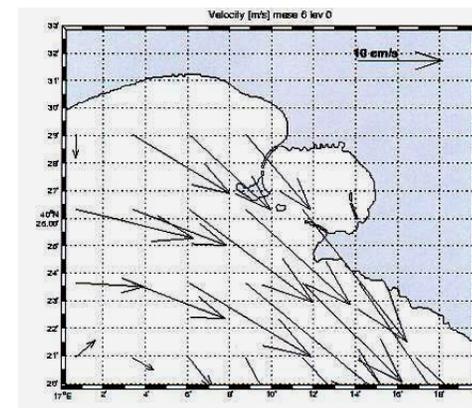
CLIMA MARÍTIMO

CORRIENTES

➤ Respecto a los flujos de corrientes previsibles en el emplazamiento de la Terminal, únicamente son de esperar velocidades de corriente superficial de cierta relevancia asociadas a vientos fuertes del sector S, N y NE. Estos vientos producen generalmente en el área de estudio corrientes con sentido E y SE con un orden de magnitud de aproximadamente 0.05 a 0.20 m/s.



Corriente meteorológica superficial mes de Marzo



Corriente meteorológica superficial mes de Junio

CLIMA MARÍTIMO

NIEBLA

De acuerdo al número medio de días de niebla obtenido para Taranto, se producen en el emplazamiento una media de 10 días al año con visibilidad inferior a 1000 m . Esto supone un porcentaje bruto del 2% anual. Si se tiene en cuenta una persistencia media de la niebla del 50% de las horas diurnas, el porcentaje medio de horas diurnas con visibilidad inferior a 1000 m sería de 1.0% anual. El número máximo previsible de días de niebla es de 16 días, lo que supone, aplicando el porcentaje de persistencia durante las horas diurnas, un porcentaje del 4.5%.

Stazione	Media	Max	Anno
Bari	3.5	8	1990
Brindisi	15.2	30	1990
S.M.Leuca	10.6	17	1995
Potenza	11.7	16	1990/91
Crotone	8.9	20	1986
VALOR MEDIO APLICABLE A TARANTO	10	16	

CLIMA MARÍTIMO

MAREA

Los valores extremos del nivel del mar son la combinación de la marea astronómica y de la variación de las condiciones meteorológicas:

- La marea astronómica en Taranto es del tipo semidiurna (período de 12h 20min) con dos pleamares y dos bajamares por día, con amplitudes diversas. El máximo desnivel positivo y negativo se ha verificado en la fase de sicigia y alcanzando un valor de 0,13 m y -0,11m respecto al nivel medio del mar (carrera de marea de 24cm).
- La diferencia de nivel debido a la variación de la presión atmosférica se estima en +0,33 m y - 0,27 m respecto al nivel medio del mar.
- La contribución del viento a la elevación del nivel es de $\pm 0,04$. Por consiguiente se prevén unos incrementos y descensos máximos de +0,50 y -0,42 m respecto al nivel medio del mar, con una **amplitud máxima de variación de niveles de 0,92 m.**

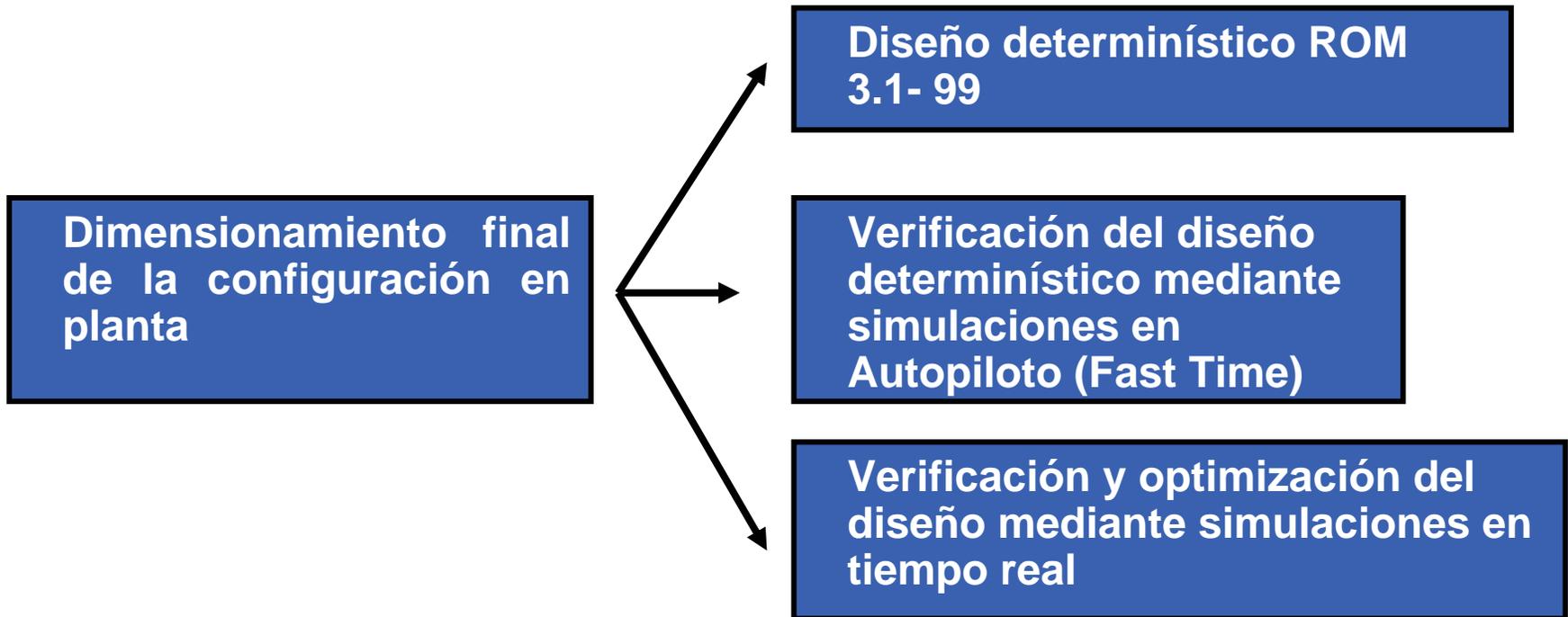
CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

INTRODUCCIÓN

En la actualidad no existe tráfico de buques de GNL en el Puerto de Taranto, por consiguiente, para el análisis y dimensionamiento en planta y alzado de las vías de navegación y maniobras de acceso a la terminal se deberán considerar los siguientes aspectos:

- Necesidad de definir:
 - Flota de buques y condiciones de carga
 - Sistemas de Balizamiento
 - Asistencia de Remolcadores
 - Condiciones de operatividad según Riesgo admisible

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA



CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

PARAMETROS DE DISEÑO

VIDA ÚTIL: La vida útil según el análisis efectuado siguiendo las recomendaciones ROM 0.0 es de 50 años

RIESGO: El riesgo asociado a una vida útil de 50 años, según ROM 0.0 es de $E = 0.10$

Riesgo: Se define el riesgo máximo admisible en una zona de maniobra como la probabilidad de que se produzca al menos un fallo (contacto, varada, impacto o colisión) de al menos un buque durante la vida útil de la fase de proyecto que se analice.

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

FLOTA DE BUQUES: La flota de proyecto estará compuesta por buques metaneros de 140.000 m³, 75.000 m³ y 40.000 m³. Estos buques pueden encuadrarse dentro de las series de tamaño grande, tamaño medio y tamaño pequeño de la flota de buques metaneros que navega por el mundo.

OPERACIONES:

Tipo de Buque (Capacidad m ³)	Op/año	Op/ Vida útil
140.000	74	3725
75.000	35	1739
Total		5464

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

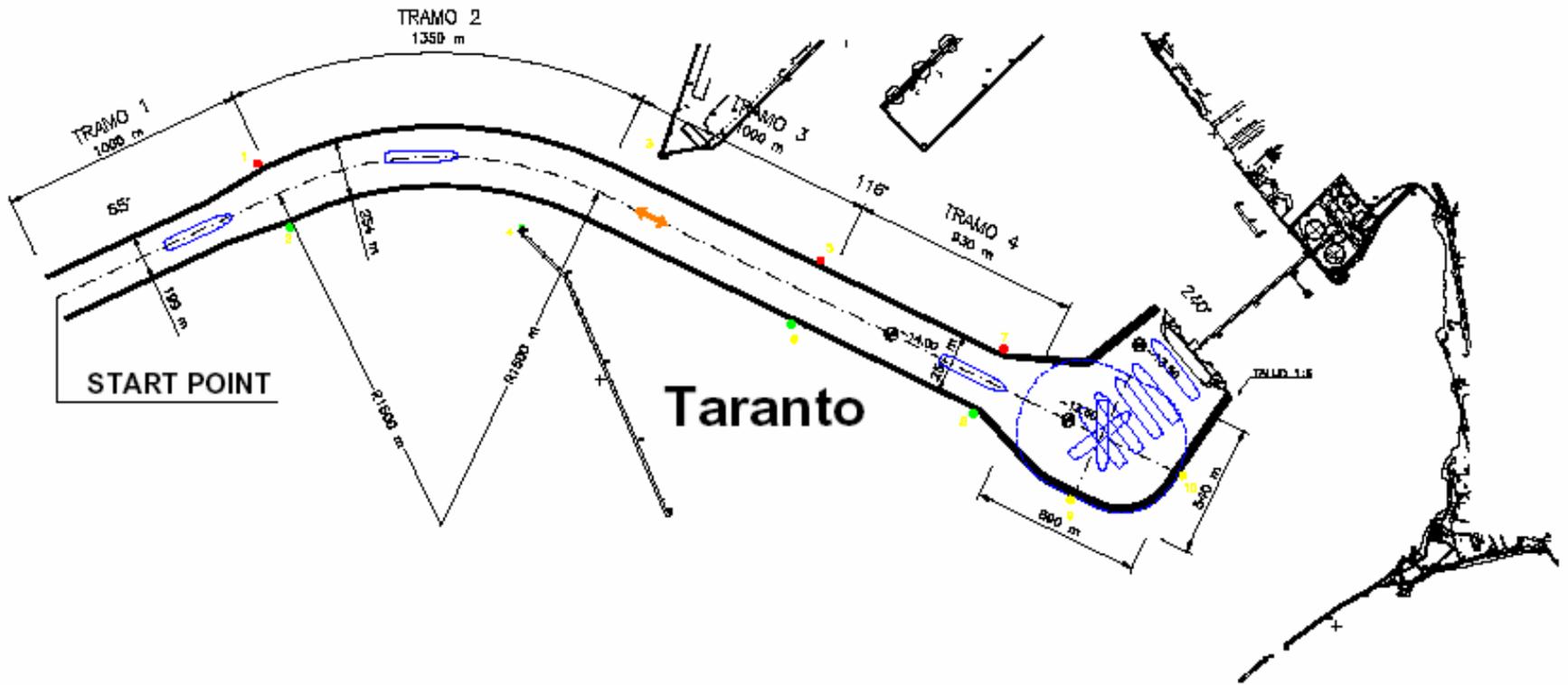
CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD DE LA FLOTA DE PROYECTO

BUQUE	GNL1 máximo Tanq esféricos	GNL1 máximo Tanq prismáticos	GNL3 intermedio Tanq prismáticos	GNL2 mínimo Tanq prismáticos
Capacidad (m ³)	140.000	140.000	75.000	40.000
TPM	70.000	70.000	53.100	22.000
eslora L (m)	292	292	250	203
Lpp (m)	277	277	241	193
manga B (m)	46.9	46.1	38	29.4
puntal (m)	28.4	26.6	21	19.7
Δ (t.) max.	101588	97574	74000	34735
Δ (t.) las.	84088	71324	56150	21535
D max (m)	11.7	11.6	10	9.0
D las (m)	9.4	8.6	6	6.1
Tipo de proa	bulbo	bulbo	bulbo	bulbo
superestructura	popa	popa	popa	popa
Velocidad de servicio (nudos)	19.0	19.0	19.0	19.0

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

- **TRAMO 1:** tramo recto de la ruta tiene una longitud de unos 1000 m y está orientado al rumbo 65°.
- **TRAMO 2:** tramo curvo de la ruta se inicia a 950 m del morro del dique exento que define la bocana de acceso. El comienzo estará señalizado por un par de marcas laterales, balizas de estribor en el morro del dique (**luz verde**) y la baliza de babor (**luz roja**) del lado Terminal de Contenedores. La anchura de navegación al paso por el dique es de 670 m. El radio de curvatura es de 1500 m, 5 veces la eslora del buque metanero de tamaño máximo, y la longitud del tramo curvo es de 1350 m. Las profundidades en estos dos tramos varían entre 24 y 21 m, con fondos generalmente de fango.
- **TRAMOS 3 Y 4:** una vez sobrepasado el morro del dique exento, la ruta discurre en dos tramos rectos siguiendo una derrota de 116° hasta el área de reviro de los buques GNL. La ruta de navegación, para estos tramos quedará también señalizada mediante pares de boyas luminosas.
- La profundidad actual en los tramos varía entre 20 y 10 m. La profundidad mínima de navegación debe alcanzar es de 13,50 m respecto a BMVE. Por tanto, deberán efectuarse los dragados correspondientes para alcanzar profundidad suficiente.

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA



CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

CONDICIONES LÍMITE DE OPERACIÓN (ROM 3.1 - 99)

	Condiciones climáticas transversales	Condiciones climáticas longitudinales	Condiciones climáticas en Área de reviro c/remolcadores	Condiciones límite de permanencia	
				Transversales	Longitudinales
Velocidad viento V_v (m/s)	≤ 10	≤ 16	≤ 10	≤ 25	≤ 30
Velocidad Corriente V_c (m/s)	≤ 0.50	≤ 2	≤ 0.10	≤ 1.0	≤ 2.0
Altura de ola H_s (m)	≤ 3	≤ 5	$\leq 1.5 / 2.0$	≤ 2	≤ 3

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

DEFINICIÓN DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS

- Escenario 1: direcciones representativas 0.5NNW, N y 0.5NE (acciones transversales, banda de babor). Estos vientos proceden de tierra y no presentan oleajes significativos en el canal de acceso.
- Escenario 2: direcciones 0.5WNW, NW y 0.5NNW. Se tomará la dirección NW como representativa de todo el arco direccional.
- Escenario 3: direcciones representativas W, 0.5WSW y 0.5WNW (acciones long. por la aleta del buque).
- Escenario 4: direcciones representativas 0.5WSW-SW-0.5SSW (acciones en la banda de estribor de la vía de navegación).
- Escenario 5: direcciones representativas 0.5SSW-S-SE-0.5ESE (acciones transversales por la banda de estribor).
- Escenario 6: direcciones representativas direcciones 0.50ESE, E, ENE (acciones por las aletas del buque). Se tomará la dirección E como representativa de todo el arco direccional.

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

ESCENARIOS CLIMÁTICOS (entrada/salida)			
	OLEAJES	VIENTOS	CORRIENTES
ESCENARIO 1	NNW	N	a SSE
	Hs= 0,3 m	Vv = 10 m/s	Vc= 0,10 m/s
ESCENARIO 2	NW	NW	a SE
	Hs=0,4 m	Vv = 10 m/s	Vc= 0,10 m/s
ESCENARIO 3	W	W	a E
	Hs= 1 m	Vv =12 m/s	Vc= 0,15 m/s
ESCENARIO 4	SW	SW	a ENE
	Hs= 2 m	Vv = 14 m/s	Vc= 0,15 m/s
ESCENARIO 5	S	S	a NNE
	Hs= 2 m	Vv = 10m/s	Vc= 0,2 m/s
ESCENARIO 6	SSE	E	a NNW
	Hs= 1.5 m	Vv =14 m/s	Vc= 0,10 m/s

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

ASIGNACIÓN DE REMOLCADORES

La mínima tracción a punto fijo que debe asignarse a la Terminal, en condiciones límites de permanencia alcanza 196 t. lo que puede suponer una potencia de 16.600 CV, distribuidas en 2 remolcadores Schottel de 3800 Cv cada uno, dos remolcadores timón Kort, con potencia mínima de 3000 CV cada uno y un remolcador convencional de 3000 CV.

Esta potencia de remolque no dispone del factor de seguridad del 125% sobre la realmente necesaria, por lo que su disponibilidad deberá quedar asegurada durante toda la estancia del buque en la Terminal.

Flota de remolcadores a la Terminal de regasificación de Taranto, con una tracción a punto fijo total de 196 t

POTENCIA (CV)	TIRO A PTO. FIJO (T)	PROPULSIÓN
3805	44	Schottel
3805	44	Schottel
3129	42	Timon Kort
2844	36	Timon Kort
3000	30	convencional

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO POR EL PROCEDIMIENTO DETERMINÍSTICO

RESULTADOS FINALES EN ALZADO PARA TODA LA FLOTA DE PROYECTO	
ENVOLVENTE DE ENTRADA Y SALIDA	
PROFUNDIDADES FINALES NECESARIAS RESPECTO AL NIVEL DE REFERENCIA (m)	
TRAMO1	14.41
TRAMO2	14.37
TRAMO3	13.72
TRAMO4	13.46

RESULTADOS FINALES EN PLANTA PARA TODA LA FLOTA DE PROYECTO					
ENVOLVENTE DE ENTRADA Y SALIDA					
	anchura total de la vía		resguardos incluidos en anchura total		
	espacio de agua (m)	espacio aéreo (m)	$rh_{sm} + rh_{sd} + Br$ izquierdo (m)	$rh_{sm} + rh_{sd} + Br$ derecho (m)	* longitud adicional (m)
TRAMO1	199	202	14	14	0
TRAMO2	254	258	14	14	0
TRAMO3	184	186	14	14	0
TRAMO4	197	199	14	14	0

* longitud adicional de seguridad aguas arriba y aguas abajo del tramo variable

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

➤ **Distancia de parada:** En condiciones de emergencia, la distancia mínima de parada que necesitaría el buque para extinguir la arrancada en el caso en que navegando a una velocidad máxima de 8 nudos apareciera un obstáculo imprevisto, en cuyo caso el buque realizaría un cambio de máquinas a atrás toda, sin ayuda de remolcadores trabajando en retenida, sería de 950 m.

➤ **Área de reviro:**

La profundidad mínima en BME, para el máximo buque de la flota de proyecto, es de 13.46 m.

➤ **Área de atraque:**

El área de atraque tendrá una anchura transversal de 4 mangas, La profundidad mínima en BME es de 12.97 m.

DIMENSIONAMIENTO EN PLANTA DEL ÁREA DE REVIRO CON AYUDA DE REMOLCADORES	
BUQUE DE DISEÑO	GNL140.000
TPM	70000
para acción simultánea de $H_s = 2$ m, $V_v = 10$ m/s; $V_c = 0,5$ m/s	
eslora total (m)	292
manga (m)	46.9
$2B_G + 1.6L$ (m)	525
$2L_G + 1.6L$ (m)	671
R_{CR} (m)	233

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

ELECCIÓN DE ESCENARIOS PARA ESTUDIOS EN SIMULADOR CON AUTOPILOTO

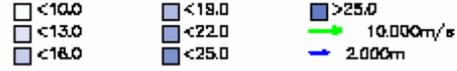
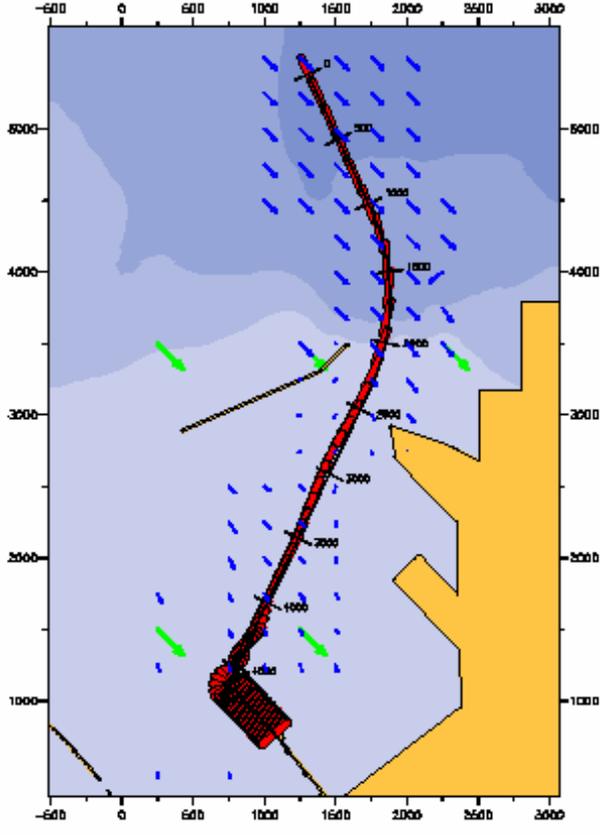
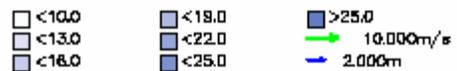
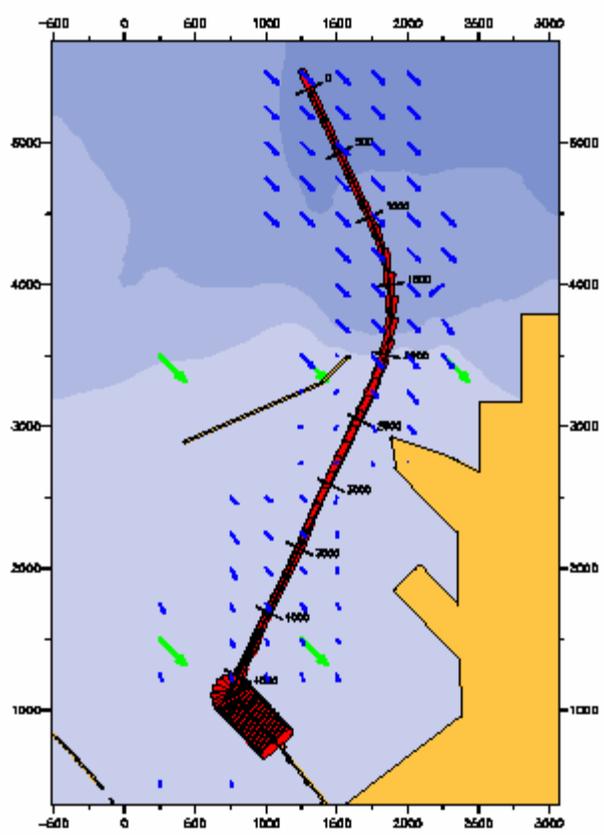
ESCENARIOS CLIMÁTICOS SELECCIONADOS PARA ESTUDIOS EN SIMULADOR			
	OLEAJES	VIENTOS	CORRIENTES
ESCENARIO 4	SW	0.5WSW-SW-0.5SSW	a ENE
	Hs= 2m	Vv = 14 m/s	Vc= 0,15 m/s
ESCENARIO 5	S	0.5SSW-S-SE-0.5ESE y NW-N-NE	a NNE
	Hs= 2.0m	Vv =10 m/s	Vc= 0,2 m/s
ESCENARIO 6	ENE	0.5ESE-E-ENE y 0.50WSW-W-WNW	NNW
	Hs= 1.5m	Vv =12-14 m/s	Vc= 0,1 m/s

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

SIMULACIONES ACEPTABLES

A continuación se muestran algunas maniobras aceptables para condiciones extremas de viento y oleaje en los distintos escenarios seleccionados.

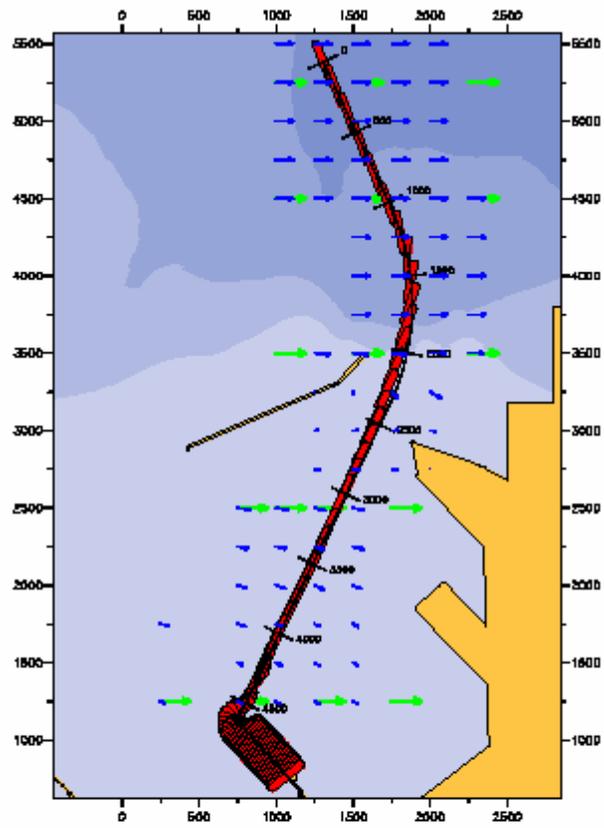
CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA



TARANTO TERMINAL CNI 140000 M3 (esféricas) 1 SCI N 1 (0.5WSW- SW- 0.5SSW) 4 ramalcaoras desde inicio ACIPIAIII	FIG 1
Al A T I C S.A.	Vv 24 nudos Is 2m

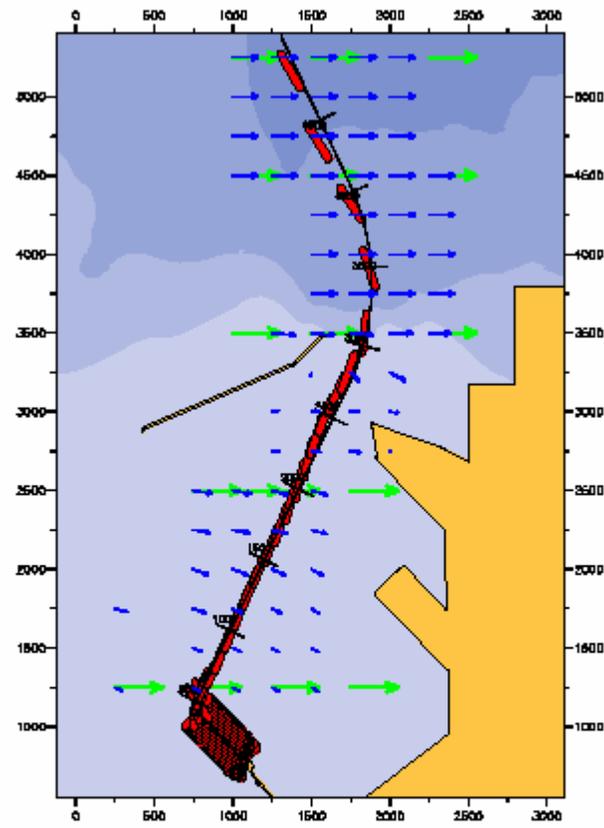
TARANTO TERMINAL CNI 140000 M3 (esféricas) 1 SCI N 1 (0.5WSW- SW- 0.5SSW) Sin ramalcaoras desde inicio ACIPIAIII	FIG 3
Al A T I C S.A.	Vv 24 nudos Is 2m

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA



<10.0
 <13.0
 <16.0
 <19.0
 <22.0
 <25.0
 >25.0
→ 10.000m/s
→ 2.000m

TARANTO TERMINAL CNI 140000 M3 (esforces) I SCI N S (0.5SSW - S - SI - 0.5I SI y NW - N - NI - 0.5I NI) 4 remolcadoras desde inicio ACI PLABII	FIG 11 vectores viento y ole Vv 20nudos lls 2m
ALATI C S.A.	



<10.0
 <13.0
 <16.0
 <19.0
 <22.0
 <25.0
 >25.0
→ 10.000m/s
→ 2.000m

TARANTO TERMINAL CNI 140000 M3 (esforces) I SCI N S (0.5SSW - S - SI - 0.5I SI y NW - N - NI - 0.5I NI) Sin remolcadoras desde bacana ACI PLABII	FIG 35_16 vectores viento y ole Vv 37nudos lls 3m
ALATI C S.A.	

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

RESUMEN DE RESULTADOS

FIGURA	Escenario	Viento Vv	Oleaje Hs	Conexión de los remolcadores	Resultado de la maniobra
FIG 1 entrada	4(0.5WSW-0.5SSW)	SW 12 m/s	2 m	Desde inicio	Aceptable
FIG 3 entrada	4(0.5WSW-0.5SSW)	SW 12 m/s	2 m	Desde PK 2.4	Aceptable
FIG 5 entrada	4(0.5WSW-0.5SSW)	SW 12 m/s	2.5 m	Desde inicio	Fallo
FIG 7 entrada	4(0.5WSW-0.5SSW)	SW 14 m/s	2 m	Desde inicio	Aceptable
FIG 9 entrada	4(0.5WSW-0.5SSW)	SW 14 m/s	2.5 m	Desde PK 2.4	Fallo
FIG 11 entrada	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 10 m/s	2 m	Desde inicio	Aceptable
FIG 13 entrada	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 10 m/s	2 m	Desde PK 2.4	Aceptable
FIG 15 entrada	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 12 m/s	2 m	Desde inicio	Aceptable
FIG 17 entrada	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 12 m/s	2 m	Desde PK 2.4	Crítica
FIG 19 entrada	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 12 m/s	2.5 m	Desde inicio	Fallo
FIG 21 entrada	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 14 m/s	2 m	Desde inicio	Aceptable
FIG 23 entrada	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 14 m/s	2.5 m	Desde inicio	Fallo
FIG 25 entrada	6(0.5ESE-ENE)	ENE 10 m/s	-	Desde inicio	Aceptable
FIG 27 entrada	6(0.5ESE-ENE)	ENE 14 m/s	-	Desde inicio	Aceptable
FIG 29 entrada	6(0.5ESE-ENE)	ENE 16 m/s	-	Desde inicio	Aceptable
FIG 31 entrada	6(0.5ESE-ENE)	ENE 18 m/s	-	Desde inicio	fallo atraque
FIG 33 salida	4(0.5WSW-0.5SSW)	SW 14 m/s	2.5 m	Hasta PK 2.8	Aceptable
FIG 33_16 salida	4(0.5WSW-0.5SSW)	SW 16 m/s	2.5 m	Hasta PK 2.8	Aceptable
FIG 35 salida	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 12 m/s	2.5 m	Hasta PK 2.8	Aceptable
FIG 35_16 salida	5(0.5SSW-0.5ESE)	S 16 m/s	2.5 m	Hasta PK 2.8	Aceptable
FIG 37 salida	6(0.5ESE-ENE)	ENE 18 m/s	-	Hasta PK 2.8	Aceptable

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

PRIMERA ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE CIERRE POR CONDICIONES CLIMÁTICAS

Cierre por niebla: el tiempo de cierre por visibilidad inferior a 1000 m es de 2.75%, es decir 241 horas.

Cierre por viento u oleaje: el tiempo de cierre por superación de condiciones climáticas límite de 4.2%, es decir 368 horas.

Cierre total: teniendo en cuenta que la frecuencia de presentación de buque, incluyendo su estancia en la terminal, es de 18%, el cierre anual en la terminal se estima en $(4.2\%+2.75\%) * 0.18 = 109$ horas/año.

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

CONCLUSIONES (I)

- Se establecerá el cierre de la terminal para maniobras de entrada y salida cuando se presenten alguna de las siguientes condiciones:
 - Vientos $V_{10, 1 \text{ min}} \geq 14$ m/s procedentes de cualquier dirección en simultaneidad con oleajes $H_s \geq 2,0$ m en las proximidades del puerto durante la operación de entrada.
 - Vientos $V_{10, 1 \text{ min}} \geq 16$ m/s procedentes de cualquier dirección en simultaneidad con oleajes $H_s \geq 2,0$ m en las proximidades del puerto durante la operación de salida.
 - Visibilidad < 1.000 m

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

CONCLUSIONES (II)

- Los buques deberán abandonar la terminal cuando se alcancen las siguientes condiciones climáticas límites de permanencia:
 - Vientos $V_{10, 1 \text{ min}} = 18 \text{ m/s}$ procedentes de direcciones transversales al atraque, (eje SW-NE) en simultaneidad con oleajes $H_s = 1.50 \text{ m}$ en el exterior del puerto.
 - Vientos $V_{10, 1 \text{ min}} = 30 \text{ m/s}$ procedentes de direcciones longitudinales al atraque (eje NNW-SSE), sin oleaje significativo.

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

CONCLUSIONES (II)

- En ninguna de las maniobras validadas la desviación transversal respecto al eje de la vía ha superado una distancia equivalente a 1.5 mangas (70 m), habiéndose preservado por tanto los resguardos de seguridad previstos para tomar en consideración aspectos como los errores de posicionamiento, la succión por bancos, y el resguardo general indispensable.
- En base a los resultados de las simulaciones puede considerarse que los escenarios 4 (0.5WSW-SW-0.5SSW), 5 (0.5SSW- S-SE-0.5ESE-NW-N-NE) y 6 (0.5ESE-E-ENE-0.5WSW-W-WNW) serán representativos del resto de combinaciones climáticas que pueden presentarse en la zona.
- La distancia mínima de parada en condiciones de emergencia, suponiendo una velocidad de navegación de 8 nudos y extinción de la arrancada con maquina todo atrás, es de 950.
- La fuerza máxima total de remolque (tracción a punto fijo) con un valor de 166 t (4 remolcadores) resulta suficiente para el desarrollo de las maniobras de viro y aproximación al atraque en condiciones normales de operación. En condiciones límites de permanencia la fuerza de remolque necesaria para el desatraque alcanza un valor de 196 t, incluyendo un remolcador más de reserva con disponibilidad permanente.

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

CONCLUSIONES (II)

- La profundidad mínima necesaria para la navegación en el último tramo de aproximación a la Terminal es de 14.0 m respecto a bajamar media equinoccial (BME), o 14.50 m respecto al cero IGM. En el área de reviro y atraque la profundidad mínima será de 13.50 m respecto a BME o 14 m respecto al cero IGM. Las profundidades medias respecto al cero IGM en el último tramo de aproximación y áreas de reviro y atraque son de 10 y 8.50 m respectivamente, por tanto será necesario efectuar dragados en estas áreas.
- El tiempo de cierre de las áreas de navegación y flotación de la Terminal por sobrepasarse las condiciones límites de operación definidas en este estudio es de 109 horas al año, cumpliendo aceptablemente con los criterios de cierre de terminales establecidos en la ROM 3.1-99 .

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

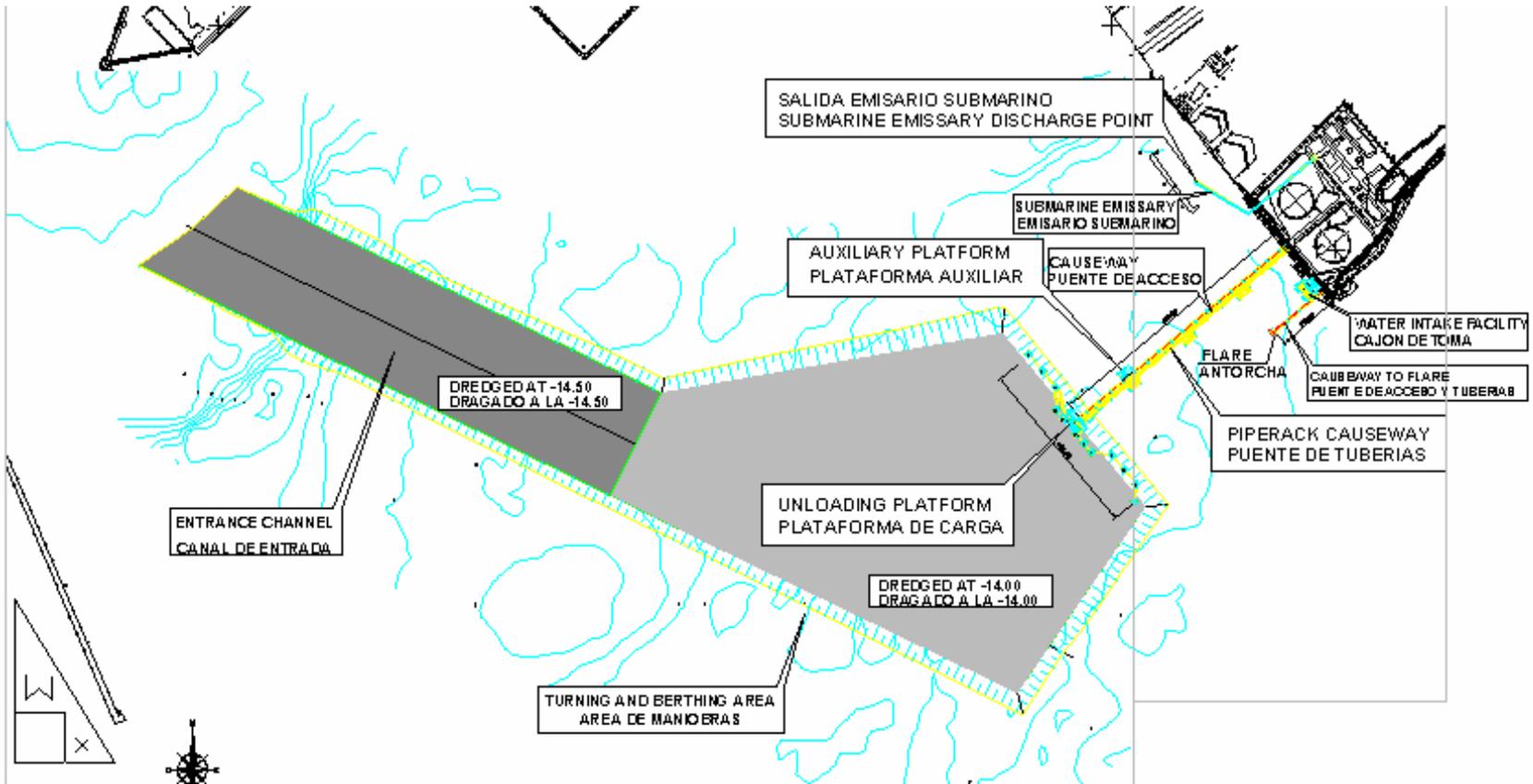
DRAGADOS

Las profundidades medias respecto al cero IGM en el último tramo de aproximación y áreas de reviro y atraque son de 10 y 8.50 m respectivamente, por tanto será necesario efectuar dragados, desde el PK 2850 m de la vía de navegación (en todo su ancho), hasta el área de reviro y atraque.

- Tramos 3 y 4 dragado hasta cota -14.5 m
- Área de reviro y atraque dragado hasta cota -14 m.
- Eso nos define un volumen de dragado de 4.450.000 m³

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

DRAGADOS



CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

DRAGADOS

Tipo de material: existen básicamente tres capas principales de terreno

- Una primera capa superior de limo arcilloso blando
- Una capa de arena limosa suelta a medio densa con abundantes fragmentos de concha.
- Base de limos arcillosos blandos.

Análisis químico del material: De un total de 15 sondeos de 3 m de profundidad distribuidos uniformemente en el área a dragar se obtuvieron 135 muestras las cuales fueron sometidas a análisis químicos de laboratorio, de estos resultados se comprueba que ninguna muestra excede los límites estándares impuestos por la regulación DM 471/99 para suelos en áreas comerciales e industriales. De acuerdo al Protocolo de Venecia el material a dragar se clasifica como “Tipo B”, fundamentalmente debido a un exceso en la concentración media de Cromo registrado en las muestras mencionadas (concentración medida de Cromo 35.49 mg/Kg). Según esta clasificación el material se encuentra ligeramente contaminado y es útil para su utilización en tierra, pero es necesario un confinamiento permanente (leve) de los materiales vertidos diseñado para evitar el derrame y erosión de los mismos

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

ESTUDIO MEDIANTE SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL

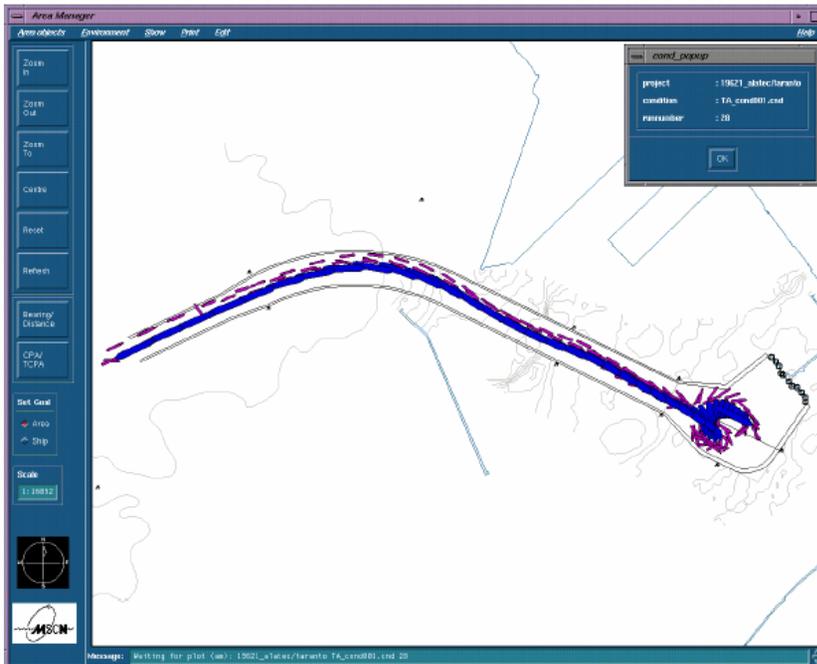
Las simulaciones de maniobras en tiempo real se llevaron a cabo en las instalaciones de MARIN's, Nautical Centre MSCN, de Delft, Holanda.



Los estudios se han realizado mediante el simulador Full-Mission Bridge I, con equipamiento de puente completo y escenario visual de 360°

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

ESTUDIO MEDIANTE SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL



El sistema reproduce el comportamiento de un buque específico gobernado por un Capitán o Práctico durante la maniobra



Interactivo Tiempo real

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

ESTUDIO MEDIANTE SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL

Los datos en base a los cuales se realizaron las simulaciones son los siguientes:

Escenarios representativos de todas las condiciones climáticas en la zona de estudio

Taranto	Wind	Wave	Current (towards)
scene 4	SW 14	SW 2.0m	ESE 0.15m/s
scene 5	S 14	S 2.0m	NNE 0.2m/s
scene 6	ENE 16	no	no

Características del Buque Analizado.

LNG carrier	Unit	Loaded	Ballast
Length over all	[m]	290.0	290.0
Length between perpendiculars	[m]	276.0	276.0
Beam	[m]	46.0	46.0
Depth	[m]	25.0	25.0
Draught	[m]	11.67	9.5
Displacement	[tons]	114.800	85.000
Cargo capacity	[m ³]	135.000	135.000
Power	[kW]	33120.	33120.
Number of revolutions	[rpm]	80	80
Service speed	[kts]	20.0	20.0
Number of propellers	[-]	1	1
Number of rudders	[-]	1	1
Frontal wind area	[m ²]	1490.	1620.
Lateral wind area	[m ²]	7885.	8150.

CONFIGURACIÓN MARÍTIMA Y ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD NÁUTICA

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO EN TIEMPO REAL

Conclusiones:

- El límite máximo de viento en dirección Sur-Oeste para maniobras de aproximación se establecerá en 14 m/s
- El ancho del canal de navegación es suficientemente seguro para las maniobras de aproximación.

Recomendaciones:

- Para maniobras de atraque en condiciones normales y desatraque en condiciones límite de permanencia serán necesarias 90 t de fuerza de remolque a proa y 90 t a popa.
- Serán necesarios 3 remolcadores para el buque GNL:
 - Dos remolcadores idénticos y de forma simétrica deberán asistir en la popa.
 - Un remolcador deberá asistir la proa, y dependiendo las condiciones de viento, otro en el atraque.
- Para un posicionamiento correcto del buque se recomienda instalar en los buques de GNL equipos “Leading line” y sistemas ECDIS.
- Para familiarizar al personal involucrado en las operaciones náuticas de aproximación y atraque, se recomienda entrenar a los pilotos y maestros de remolcadores, en simuladores.

ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DEL ACCESO MARITIMO E INTERFAZ BUQUE TIERRA

INTRODUCCIÓN

El estudio de operatividad está fundamentado en el empleo de la metodología de verificación de estados de proyecto correspondiente al nivel III, de acuerdo a la ROM 0.0 “Procedimiento General y Bases de Cálculo en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias” de Puertos del Estado (España). A través de esta metodología se determina la inoperatividad (o porcentaje de tiempo de cierre) producida por cualquiera de los factores que limitan las maniobras de entrada al Puerto y las operaciones de transferencia de carga en el atraque.

El objeto específico de la utilización del método de verificación de nivel III es determinar, mediante métodos de **simulación numérica** (Técnica de Monte Carlo) la función de densidad de probabilidad conjunta de los factores que pueden actuar simultáneamente en la ocurrencia de un modo de fallo.

ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DEL ACCESO MARITIMO E INTERFAZ BUQUE TIERRA

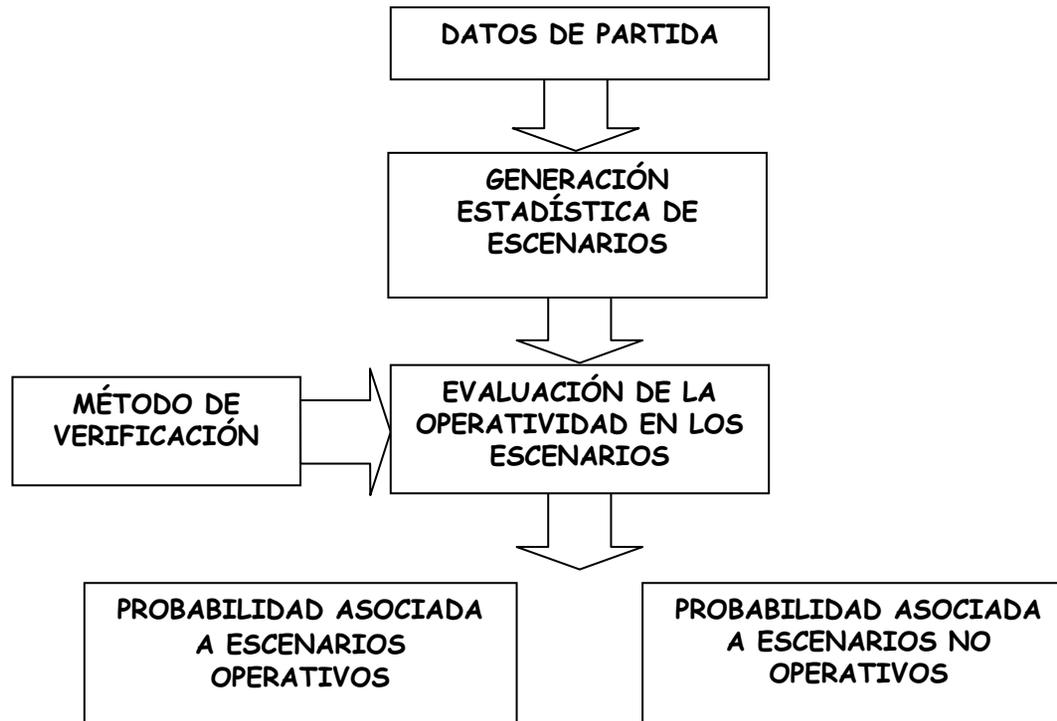
DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES LÍMITE

TERMINAL DE REGASIFICACIÓN DE GNL EN TARANTO ANÁLISIS DE LA OPERATIVIDAD NÁUTICA EN EL ACCESO A LA TERMINAL									
CONDICIONES LÍMITE POR RESTRICCIONES DE ESPACIO EN PLANTA									
		OLEAJE Hs en m							
		0.0	1.0	1.5	2.0	0.0	1.0	2.0	2.5*
		SW				S			
VIENTO Velocidades límites admisibles (nudos)	N	32	32	32	32	32	32	32	32
	SW	28	28	28	32	28	28	24	12
	S	28	28	28	28	22	32	24	12
	ENE	28	28	28	28	28	28	28	28
CONDICIONES LÍMITE POR RESTRICCIONES DE ESPACIO EN ALZADO									
No presenta restricciones									
CONDICIONES LÍMITE POR FALTA DE VISIBILIDAD									
Visibilidad mínima necesaria: 1000 m.									

	Velocidad absoluta de viento $Vv_{10,1min}$	Velocidad absoluta de corriente $Vc_{10,1min}$	Altura de ola Hs
Acciones transversales al muelle	16 m/s	0.5 m/s	1.0 m
Acciones longitudinales al muelle	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m

ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DEL ACCESO MARITIMO E INTERFAZ BUQUE TIERRA

METODOLOGÍA APLICADA



ESTUDIO DE OPERATIVIDAD DEL ACCESO MARITIMO E INTERFAZ BUQUE TIERRA

RESULTADOS

–Finalmente, la inoperatividad se calcula como el porcentaje de casos no operativos entre el total de los simulados mediante la técnica de MonteCarlo, lo cual tiene en cuenta que para que se produzcan los sucesos “inoperatividad por viento y oleaje” o “inoperatividad por niebla” debe presentarse simultáneamente el suceso “operación de buque”

–Nótese que el porcentaje de tiempo de inoperatividad obtenido representa la probabilidad de que el buque no pueda transitar ni maniobrar por las vías de navegación, o bien que tenga que paralizar las operaciones de transferencia de la carga.

PARADAS OPERATIVAS Y NIVEL DE OPERATIVIDAD ANUALES	
<i>HORAS DE PARADA EN ACCESO MARÍTIMO Y ATRAQUE</i>	22.5
<i>DURACIÓN MEDIA DE CADA PARADA</i>	4.3
<i>NÚMERO MEDIO DE PARADAS/AÑO</i>	5.2
<i>NIVEL DE OPERATIVIDAD ANUAL</i>	99.74%

ANCHURAS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN ASOCIADAS AL RIESGO MÁXIMO ADMISIBLE

INTRODUCCIÓN

La determinación del riesgo asociado a los dimensionamientos en planta de la vía de navegación se realiza de acuerdo a los criterios de la ROM 3.1-99. Este riesgo debe ser igual o inferior al valor $E=0.10$, que es el riesgo máximo admisible, o probabilidad de fallo determinado en el estudio de configuración marítima.

Por consiguiente, las dimensiones en planta de la vía de navegación que resulten asociadas estadísticamente al riesgo máximo admisible no deben superar las anchuras de vía adoptadas en el proyecto, que son las obtenidas en los estudios náuticos previos

ANCHURAS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN ASOCIADAS AL RIESGO MÁXIMO ADMISIBLE

DATOS NECESARIOS

- Vida útil del proyecto. $L_f=50$ años
- Numero de operaciones / escenario durante la vida útil: A partir de los registros de oleaje y viento se obtienen las probabilidades de presentación de los distintos escenarios. Afectando al número de operaciones anuales del metanero de 140000 m³ (3725 op/año) por este porcentaje se obtienen las operaciones por escenario.
- Probabilidades de fallo por escenario, reflejadas en el estudio en tiempo real. (*se contará como fallo una maniobra en la cual el metanero sobrepasa los límites del canal de navegación*).
- Determinación del porcentaje de tiempo durante el cual pueden realizarse las operaciones de entrada o salida de buques en las condiciones climáticas límites de operación.

ANCHURAS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN ASOCIADAS AL RIESGO MÁXIMO ADMISIBLE

METODOLOGÍA APLICADA

Una vez obtenidos los datos citados anteriormente estamos en condiciones de calcular el riesgo asociado a las dimensiones en planta del canal de acceso mediante la expresión:

$$E = 1 - \prod_i (1 - E_i)$$

Donde i representa los distintos escenarios analizados en el estudio de simulaciones en tiempo real.

Debido a que el objeto de este análisis es verificar la anchura del canal, entonces, fijando el riesgo en la expresión anterior obtendremos las dimensiones correspondientes para el valor máximo admisible de $E=0.10$, de acuerdo a los distintos escenarios evaluados.

ANCHURAS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN ASOCIADAS AL RIESGO MÁXIMO ADMISIBLE

RESULTADOS

Como puede comprobarse, en ninguna sección se sobrepasan los dimensionamientos en planta obtenidos en los estudios náuticos anteriores. En consecuencia, los dimensionamientos en planta de la vía de navegación definidos en el estudio náutico serán adoptados como dimensionamientos de proyecto ya que tienen un nivel de seguridad superior al 90%.

ANCHURA TOTAL DE LA VÍA EN FUNCIÓN DEL RIESGO MÁXIMO ADMISIBLE (E_{max})				
$E_{max} = 0.10$		metaneros de 140.000 m ³		
		anchuras respecto al eje de la vía		
	SECCIÓN	BABOR (m)	ESTRIBOR (m)	TOTAL (m)
0	PK500	67	34	102
1	PK1000	93	72	165
3	PK1500	101	101	202
4	PK2000	107	94	200
5	PK2500	94	100	194
6	PK3000	85	105	190
7	PK3500	92	118	209
8	PK4000	61	95	157

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

INTRODUCCIÓN

Se definen como Riesgos Accidentales aquellos supuestos de carácter fortuito o anormal que no provienen de las meras dificultades de gobierno del buque en las condiciones Normales de Operación, sino de supuestos excepcionales con muy pocas probabilidades de presentación a lo largo de la vida útil del proyecto, pero que, de producirse, su efecto puede ser significativo para la seguridad.

El enfoque del Estudio de Riesgos Accidentales responde a los criterios expuestos en el párrafo anterior habiéndose procedido a estudiar las consecuencias en cada uno de los supuestos de riesgo, para analizar a continuación las maniobras o procedimientos alternativos que eliminasen o minorasen en la mejor medida posible los riesgos de tal supuesto. Posteriormente se cualifica cada supuesto según una Matriz de Evaluación, que toma en consideración la probabilidad de presentación y la severidad de las consecuencias del fallo después de aplicar las maniobras o procedimientos alternativos de eliminación o minimización del riesgo arriba citados.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

SUPUESTOS DE RIESGO

- Fallos producidos en los sistemas de propulsión y gobierno del propio buque
- Fallos del maniobrista del buque (Capitán – Prácticos)
- Fallos de los remolcadores
- Emergencias producidas con el buque amarrado y operando en el terminal
- Emergencias debidas a fallos ajenos
- Empeoramiento repentino de las condiciones climáticas

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

Para el estudio de los supuestos de fallo la Organización Marítima Internacional (OMI) recomienda el análisis de tres maniobras típicas:

- Maniobras de evasión
- Maniobras de extinción natural de la arrancada
- Maniobras de parada con máquinas todo atrás

En este estudio se aplicarán las maniobras de evasión y las maniobras de parada con máquina todo atrás. La maniobra de extinción natural no es aplicable a este estudio porque no se permite el inicio de la aproximación a puerto si no se dispone de toda la flota de remolque necesaria. Por esto, en su lugar será analizada la maniobra de extinción de la arrancada o reducción de velocidad hasta el control total del buque o de su navegación, con la asistencia de remolcadores, que es la maniobra a aplicar en el caso en que se produjera una caída de la propulsión o un black-out (fallo en propulsión y timón simultáneamente, con buque a la deriva).

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

Otra maniobra de primera importancia a la hora de analizar los supuestos de riesgo es la evacuación de la Terminal en una situación de emergencia, para lo cual deberá existir de modo permanente la suficiente potencia de remolque para sacar al buque del puerto.

Se considerarán también situaciones de riesgo en las que la respuesta de emergencia podría ser distinta de cualquiera de aquellas tres maniobras, por ejemplo, en el caso de rotura de un cabo de remolque, mediante la actuación rápida de un remolcador hasta entonces en stand-by.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

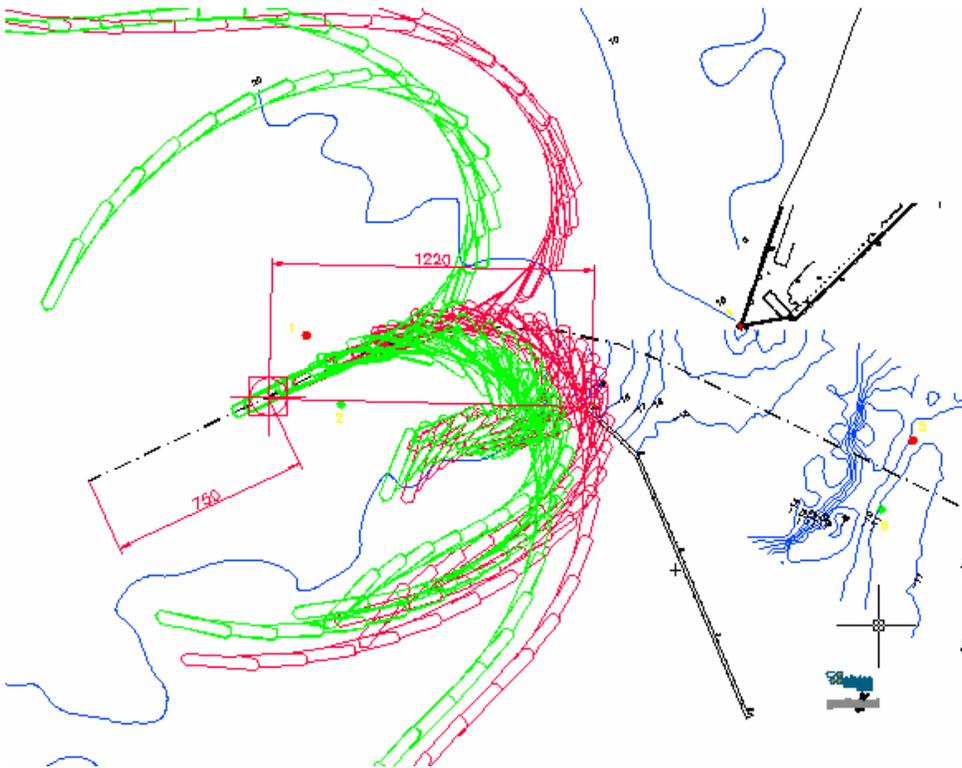
Maniobras de evasión en el exterior del Puerto: Estas maniobras analizan la trayectoria que seguiría un metanero en el caso de que el buque, durante la aproximación a puerto, pusiera el timón a su valor máximo a una banda, manteniendo invariable el régimen de máquinas.

Se han simulado para este caso un total de 17 maniobras, actuando en estas las condiciones climáticas correspondientes a los tres escenarios elegidos para las simulaciones con autopiloto.

Se considerará la maniobra como fallida cuando el buque llegue a pasar a una distancia inferior a 2 mangas respecto a la estructura o la línea batimétrica donde se produciría la varada.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA



De las trayectorias obtenidas en los diferentes casos de evasión (en verde las maniobras que han resultado aceptables) se concluye que el punto de no retorno se situará en el PK 750 de la ruta de acceso.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

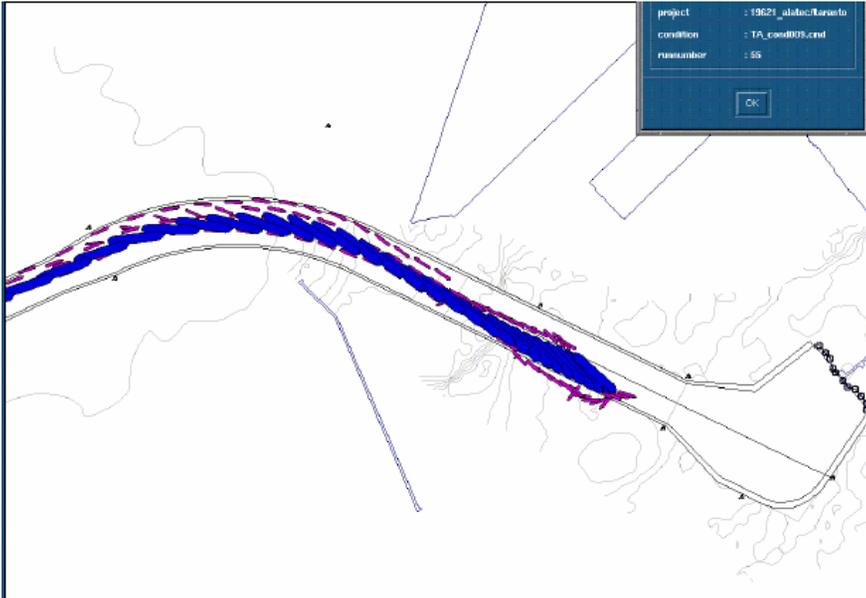
Extinción de la arrancada o control de la navegación del buque con la asistencia de remolcadores (frente al riesgo de un “black out”):

Representa la trayectoria que seguiría un buque que se quede sin propulsión y con el timón bloqueado en una posición fija (black-out), en cuyo caso, el control del rumbo del buque y su inmediata parada queda asignado exclusivamente a los remolcadores.

Debido a la gravedad que representaría un fallo de este tipo, el análisis del mismo y la evaluación de la respuesta del buque asistido por los remolcadores se ha llevado a cabo mediante simulaciones de maniobras en tiempo real.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA



Speed [kn]	Start	Tugs	wind (m/s)	Swell (m)	Current toward (m/s)
5.5	1378 m from start point	2 Schottel 44t; 2 Convencionales (42t y 36 t)	SW 14	SW 2.0m	ESE 0.15m/s
5.5	1378 m from start point	2 Schottel 44t; 2 Convencionales (42t y 36 t)	S 14	S 2.0m	NNE 0.2m/s
5.5	1378 m from start point	2 Schottel 44t; 2 Convencionales (42t y 36 t)	ENE 16	no	no

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

Maniobras de parada con maquina todo atrás: Estas maniobras, simuladas en autopiloto SHIPMA 6.1.3, analizan la trayectoria que seguiría un metanero en el supuesto en que el buque efectuase una parada de emergencia con las máquinas en régimen de “todo atrás”.

Se ha supuesto esta maniobra de emergencia ante un bloqueo accidental del timón a una u otra banda, y el buque fuerza la extinción de la arrancada para detener la desviación del buque respecto a la ruta en el mínimo espacio posible.

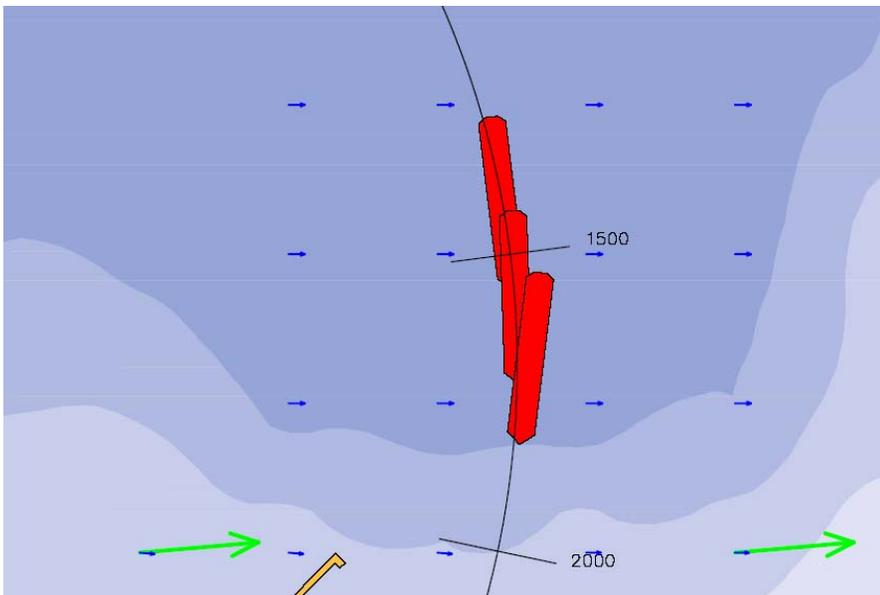
El punto de inicio de la maniobra se sitúa en el PK 1400. Este es un punto crítico en el canal de navegación debido al riesgo de colisión con los pantalanes de la terminal de productos petrolíferos.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

FIGURA N°	VELOCIDAD	VIENTO (nudos)	OLEAJE (m)	RESULTADOS
1	5.5 nudos	SW 32	SW 2	ACEPTABLE
2	5.5 nudos	S 32	S 1	ACEPTABLE
3	5.5 nudos	ENE 28	-	ACEPTABLE

Los resultados gráficos muestran que esta maniobra de parada puede realizarse en cualquier punto de la trayectoria, ya que el espacio recorrido durante la extinción de la arrancada no es superior a 1.5 esloras.



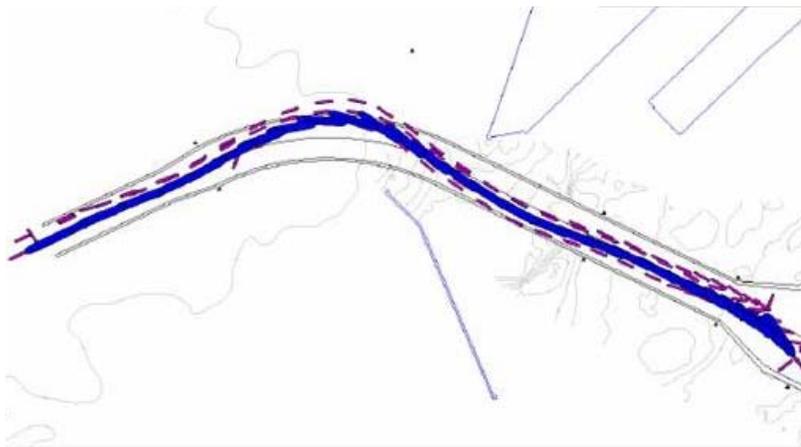
ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

Maniobras de emergencia por rotura de cabo de remolque: Dada la incertidumbre generada ante este tipo de emergencia, las maniobras han sido analizadas en tiempo real, donde es posible modelizar adecuadamente la interacción entre los patrones de remolcadores y el capitán del buque. Aunque las emergencias han sido analizadas en la operación de entrada, como situaciones más desfavorables debido a las limitaciones que se imponen a la velocidad del buque, las conclusiones obtenidas resultarán aplicables también a la operación de salida del puerto.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA



Speed [kn]	Start	Tugs	wind (m/s)	Swell (m)	Current toward (m/s)
5.5	1378 m from start point	2 Schottel 44t; 2 Convencionales (42t y 36 t)	SW 14	SW 2.0m	ESE 0.15m/s
5.5	1378 m from start point	2 Schottel 44t; 2 Convencionales (42t y 36 t)	S 14	S 2.0m	NNE 0.2m/s
5.5	1378 m from start point	2 Schottel 44t; 2 Convencionales (42t y 36 t)	ENE 16	no	no

Los resultados de las simulaciones indican que el escenario mas desfavorable es el correspondiente al escenario 4, se ha simulado la rotura de las líneas de remolque de popa durante la reducción de la velocidad en el tramo curvo. Debido a este fallo en las líneas de remolque, el buque pasa por la Terminal de contenedores a una velocidad excesiva, sin embargo llega al área de reviro bajo control.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

MANIOBRAS DE EMERGENCIA

Salidas de emergencia: El principal aspecto a considerar en esta maniobra es que siempre se realizará bajo condiciones climáticas no superiores a las límite de permanencia, ya que en el caso en que la emergencia ocurriese una vez se hayan sobrepasado estas condiciones climáticas, el buque habrá abandonado antes la Terminal.

Teniendo en cuenta que el buque navegará con la asistencia de 5 remolcadores durante la operación de salida este tipo de maniobra permitiría solventar satisfactoriamente cualquier supuesto de riesgo, ya que los 5 remolcadores pueden sacar al buque del puerto aunque se produjese una avería en la propulsión del metanero.

A fin de disponer de unas condiciones óptimas de salida en caso de emergencia se recomienda que los buques destinados a la flota de metaneros dispongan de hélices transversales de proa. Para el caso en que los metaneros no dispongan de ellas se recomienda dejar un ancla fondeada a babor de la proa para facilitarles la salida ante una emergencia. Este ancla no debe interferir con el canal de navegación

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

ANÁLISIS DEL RIESGO

Una vez analizada la utilidad de las diferentes maniobras frente a los diferentes supuestos de riesgo agrupados anteriormente, se ha elaborado una matriz de evaluación, para valorar el riesgo correspondiente a cada uno.

			PROBABILIDAD DEL SUCESO		
			BAJA Muy improbable (casi nunca sucede)	MEDIA Posible (sucede algunas veces)	ALTA Muy probable (sucede frecuentemente)
Severidad de consecuencias	MA Valoración Muy Alta de la Severidad	16 - 21	A	A	MA
	A Valoración Alta de la Severidad	12 - 15	M	A	A
	M Valoración Media de la Severidad	8 - 11	M e.2.2) a4) a5) a1)	M	A
	B Valoración Baja de la Severidad	0 - 7	B a2) a3) e.2.1) b1) b2)	M b3) c1) c2) d3) e1) f.2	M

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

ANÁLISIS DEL RIESGO

			PROBABILIDAD DEL SUCESO		
			BAJA Muy improbable (casi nunca sucede)	MEDIA Posible (sucede algunas veces)	ALTA Muy probable (sucede frecuentemente)
Severidad de consecuencias	MA Valoración Muy Alta de la Severidad	16 - 21	A	A	MA
	A Valoración Alta de la Severidad	12 - 15	M	A	A
	M Valoración Media de la Severidad	8 - 11	M	M	A
	B Valoración Baja de la Severidad	0 - 7	B	M	M

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN LAS ACTIVIDADES NÁUTICAS

INTERPRETACIÓN DE LA MATRIZ

Según se deduce del análisis anterior, en 5 de los 15 supuestos de fallo analizados, el riesgo es Bajo y en 10 el riesgo es Medio. De estos 10 casos, en 4 ellos la probabilidad de presentación del supuesto es Baja y la calificación del Riesgo proviene de que la Severidad de las consecuencias del fallo es Media; estos 4 casos corresponden a los supuestos siguientes:

- e.2.2 La obstrucción no se elimina con rapidez y afecta a maniobras posteriores
- a.4), a.5) Pérdida del timón o bloqueo en posición fija
- a.1) Caída completa de los sistemas de propulsión avante y atrás del buque

Los otros 6 supuestos de riesgo con clasificación “Media”, tienen una valoración baja de la Severidad, sin embargo esta calificación del riesgo se debe a una probabilidad media de presentación. Los supuestos son los siguientes:

- b.3. Fallos de comunicación con tiempos de reacción muy prolongados frente a los habituales.
- c.1. Pérdida completa o gobierno de uno de los remolcadores que intervengan en la maniobra.
- c.2. Rotura de un cabo de remolque
- d.3. Abandono de emergencia del terminal
- e.1. Emergencia en un ataque próximo que obligue a abortar la maniobra de entrada
- f.2. Empeoramiento repentino de las condiciones climáticas

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DEL RIESGO

Como resultado de este análisis de riesgos se establecieron los requisitos, recomendaciones y procedimientos de seguridad necesarios durante la transferencia de la carga y el resto de operaciones y trabajos durante el tiempo en que el buque permanezca amarrado. Este conjunto de medidas, en coordinación con los de otros elementos del proyecto o del entorno permitirían configurar un Plan de Seguridad y Emergencia Globales que de respuesta satisfactoriamente a las diferentes situaciones previsibles.

La normativa internacional específica aplicable al Interfaz está constituida fundamentalmente por los documentos siguientes:

- EN 1532 Installation and equipment for liquefied natural gas; Ship to shore interface for liquefied natural gas.
- EN 1473 Installation and equipment for liquefied natural gas; Design of onshore installations
- NFPA 59 A Standard for the Production, Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG).
- NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DEL RIESGO

Los riesgos relacionados con el interfaz pueden ser de distinta naturaleza. En este sentido se puede establecer la siguiente clasificación general:

- Riesgos situados en tierra relacionados con el equipamiento industrial para la descarga de GNL en el terminal: se refiere principalmente a todos aquellos supuestos que importan a los brazos de carga, tuberías, valvulería, etc que pudiesen conllevar vertidos de GNL u otros productos o potencial de incendio en la instalación.
- Riesgos relacionados con el equipamiento del terminal y con las operaciones de atraque y amarre seguro del buque. Comprende todos aquellos elementos tales como defensas, ganchos de escape rápido, pasarelas de acceso a buques y los sistemas de ayuda o emergencia vinculados a los mismos, y los relativos a los propios elementos de conexión (líneas de amarre, gateras, cabrestantes, etc) del buque al terminal.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA DE PRESENTACIÓN DE LOS SUPUESTOS DE RIESGO

Operaciones náuticas: Para la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de los distintos supuestos de riesgo relacionados con las operaciones náuticas en el interfaz se ha recurrido a datos históricos recogidos por diversas organizaciones, como son el banco de datos MIDAS (Major Hazard Incidents Data Service), que fueron incluidos en la documentación previa elaborada para este proyecto por MEDEA, o el Institute for Energy, Law and Enterprise, de la universidad de Houston.

Tipo de accidente	Probabilidad de fallo (número casos/operación)	Probabilidad de fallo en fase de explotación (nº casos / año)
Incendio en sala de máquinas	7.50E -05	8.18 E-03
Colisión con muelle durante atraque	2.50E -05	2.75E-03
Impacto de otro buque contra metanero atracado	2.5E-05	2.73E-03
Impacto de otro buque contra tuberías	2.5E-05	2.73E-03
Rotura de amarras	2.50E-05	2.75E-03

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA DE PRESENTACIÓN DE LOS SUPUESTOS DE RIESGO

Operaciones industriales: La mayoría de los supuestos de riesgos industriales son asimilables a los producidos en tuberías equivalentes y sus elementos, tales como válvulas, bridas y aparatos de medida e instrumentación. Por tanto, el presente análisis, se ha centrado en la definición de la probabilidad de fallo correspondiente a estos elementos, acerca de los cuales existen numerosas bases de datos. Por medio de las tasas de rotura se confeccionaron las siguientes probabilidades de fallos.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

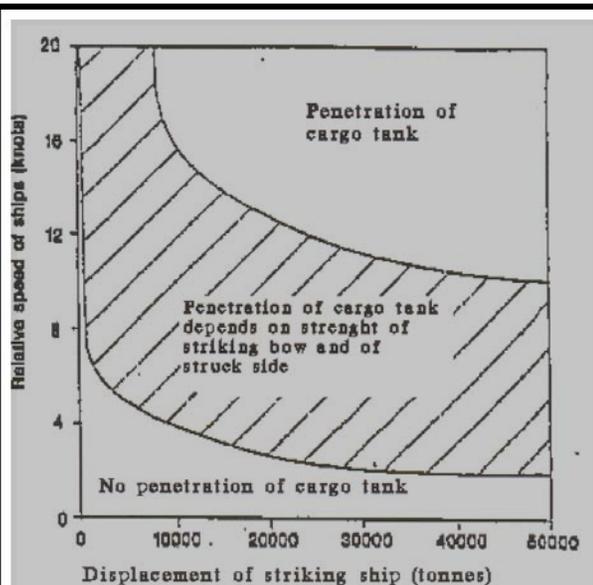
EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA DE PRESENTACIÓN DE LOS SUPUESTOS DE RIESGO

SUCESO INICIADOR	Diámetro perf.	Probabilidad de rotura [ev. año ⁻¹]	Probabilidad [ev. año ⁻¹]			
			<i>Pool fire</i>	UVCE	<i>Flash fire</i>	<i>Jet fire</i>
Fallo en línea de descarga	1"	1.43E-04	8.45E-06	5.83E-08	9.65E-06	4.29E-06
	4"	8.44E-05	1.06E-05	3.61E-07	2.37E-05	4.22E-06
Fallo en línea de retorno	1"	1.43E-04	-	5.83E-08	9.65E-06	4.29E-06
	4"	8.44E-05	-	3.61E-07	2.37E-05	4.22E-06
Fallo en línea de recirculación GNL	1"	6.45E-04	3.81E-05	2.63E-07	4.35E-05	1.94E-05
Fallo por colisión contra tuberías	-	1.12E-08	1.41E-09	9.58E-12	3.18E-09	5.60E-10

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS EN SUPUESTOS RELACIONADOS CON EL ATRAQUE Y AMARRE DEL BUQUE

Colisión entre el metanero amarrado y un buque en navegación: Para evitar la perforación del tanque en el metanero se determinarán las velocidades máximas a las que puede colisionar el buque en navegación sin que haya perforación.



Según los calados y el tipo de mercancía que manejan las terminales cuyo tráfico afecta a la seguridad del metanero, se han estimado los desplazamientos de cada buque a partir de la tabla 3.1. de la ROM 3.1-99. Mediante el gráfico situado a la izquierda, se ha determinado la velocidad para la cual no se produce una perforación en el casco del metanero. Esta asciende a un valor de 3 nudos.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS EN SUPUESTOS RELACIONADOS CON EL ATRAQUE Y AMARRE DEL BUQUE

Rotura en un cabo de amarre o rotura en cadena de amarras: Para el estudio de los principales supuestos de fallo relativos al amarre y atraque seguro del buque se ha procedido a efectuar un análisis de detalle correspondiente a la situación del buque amarrado, con un doble objetivo:

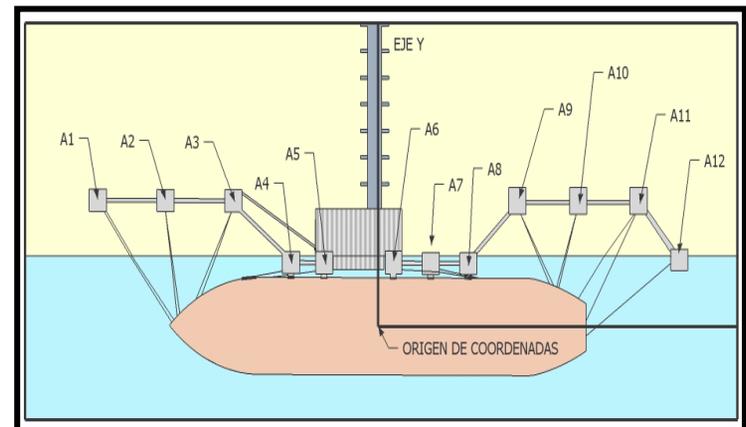
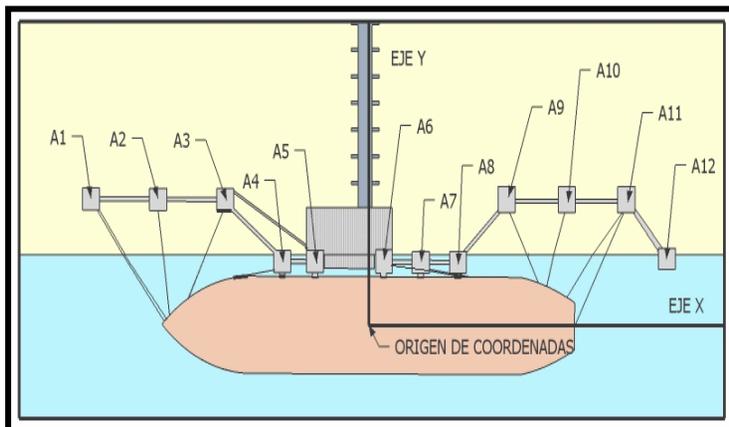
- Determinar los movimientos que se pudieran presentar en el buque en las condiciones climáticas más desfavorables.
- Determinar la incidencia que pudiera tener en este comportamiento la eventual rotura de un amarre, evaluando un doble riesgo: que los movimientos del buque que se produjeran en esa situación fueran incompatibles con la envolvente de brazos de carga, o que a consecuencia de esa rotura se pudiese ocasionar una sobrecarga de otras líneas de amarre, produciéndose un fallo progresivo del sistema de amarre que no garantizase la estancia controlada del buque en el terminal.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS EN SUPUESTOS RELACIONADOS CON EL ATRAQUE Y AMARRE DEL BUQUE

De este estudio se puede concluir que en cualquiera de las hipótesis analizadas, incluso en los supuestos accidentales de rotura de una amarra, los desplazamientos máximos del buque serían inferiores a 10 cm, manteniendo así un elevado nivel de seguridad respecto a los movimientos admisibles en los brazos de carga.

En el supuesto accidental de una rotura en una amarra la tensión máxima redistribuida en la amarra más solicitada, mayorada en un 150% para absorber posibles efectos dinámicos alcanzaría un 64% de la carga de rotura. Este porcentaje de carga, se considera aceptable de acuerdo a los criterios de la ROM 3.1-99 apartado 2.6.



ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS EN SUPUESTOS RELACIONADOS CON LAS OPERACIONES INDUSTRIALES DEL INTERFAZ

El GNL es inflamable en concentraciones comprendidas entre 5% (LFL -Lower Flammable Limit-) y el 15% (UFL -Upper Flammable Limit-) en volumen cuando se mezcla con el aire. En estos casos cualquier chispa o superficie caliente (por encima de 540°) provocará la ignición.

La ignición de un charco o balsa de GNL produce una llama limpia con una difusión de humo pequeña. La radiación térmica de la llama calienta el GNL produciéndose un incremento de la tasa de evaporación de GNL. Adicionalmente el viento produce un efecto de arrastre del incendio fuera de los contornos del charco pudiendo generar pequeños nuevos focos.

La radiación térmica de un fuego repentino (flash-fire) es relativamente pequeña debido a su corta duración y no es generalmente significativa en términos de afección a equipos o estructuras. Sin embargo puede provocar quemaduras severas o lesiones de gran importancia sobre las personas.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS EN SUPUESTOS RELACIONADOS CON LAS OPERACIONES INDUSTRIALES DEL INTERFAZ

Para evaluar los efectos de radiación y dispersión térmica se utilizaron los resultados obtenidos por Medea mediante el modelo de simulación “TORCIA” para distintas velocidades de viento.

Con estos datos y con los parámetros admisibles impuestos por la norma EN 1473, se pudieron valorar las consecuencias de los vertidos.

Un fuego por chorro (jet-fire) es muy intenso debido a la rápida entrada de aire en la superficie térmica. La llama podrá alcanzar estructuras y equipos en niveles de radiación del orden de 250 a 300 kW/m² en los que es esperable se produzcan daños de gran cuantía.

Finalmente un fuego en un charco (pool fire) conlleva menores radiaciones térmicas (150 a 200 Kw/m² en la fuente) pero, en general, la duración es importante debido a su extensión, por lo que será preciso evaluar correctamente los niveles de radiación térmica para situar las distintas distancias de seguridad en caso de incidente.

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS EN SUPUESTOS RELACIONADOS CON LAS OPERACIONES INDUSTRIALES DEL INTERFAZ

La valoración de los distintos supuestos de riesgo se realiza de acuerdo con las prescripciones de la EN-1473.

De acuerdo a la “clase” de consecuencias y a las probabilidades de presentación se confecciona una matriz de evaluación de la cual se obtiene el nivel de riesgo.

En relación con la valoración obtenida de los riesgos industriales y náuticos se establecieron medidas preventivas y correctoras.

1.- *Determinación del nivel de riesgo dentro de los límites de la planta*

CLASES DE PROBABILIDAD	CLASES DE CONSECUENCIAS				
	Sin C.	Reparables	Importantes	Graves	Catastróficas
No cuantificable	3	3	3	3	3
Enteramente improbable (< 10 ⁻⁶ /año)	3	3	3	3	3
Sumamente raro (10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁶ /año)	3	3	3	2	2
Raro (10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁵ /año)	3	3	2	2	1
Posible (10 ⁻³ a 10 ⁻² /año)	3	2	2	1	1
Frecuente (> 10 ⁻²)	3	2	2	1	1

ESTUDIO DE RIESGOS ACCIDENTALES EN EL INTERFAZ BUQUE - TIERRA

VALORACIÓN DE LOS DISTINTOS SUPUESTOS DE RIESGO

Las principales conclusiones del estudio efectuado son:

- La terminal de recepción y regasificación de GNL en Taranto está dotada de los sistemas de seguridad necesarios para la gestión adecuada de los procesos relacionados con el Interfaz buque-tierra.
- Los procedimientos de operación previstos para la explotación de la terminal incorporan acciones y medidas preventivas con objeto de reducir la probabilidad de presentación de incidencias y mejorar la gestión de las mismas en caso de ocurrencia.
- La valoración de cualquier supuesto de riesgo en estas circunstancias se encuentra dentro de los límites aceptables recogidos en la normativa vigente.

A la vista de los estudios y análisis recogidos, puede concluirse que el interfaz buque-tierra y las operaciones relacionadas con la estancia de buques en el Terminal son seguras, de acuerdo con los criterios fijados en la normativa de aplicación a los terminales de GNL.