

## AVALIAÇÃO DOS RISCOS NAS MANOBRAS DE ACESSO DE NAVIOS AO PORTO. REVISÃO DA NORMATIVA PARA “CAR-CARRIER” NO PORTO DE PASAJES

J. R. Iribarren Alonso<sup>1</sup> R. Atienza Martín<sup>1</sup> C. Cal Baudot<sup>1</sup>  
R. M. Pérez González<sup>1</sup>, G. Irigoyen Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Siport21*. [siport21@siport21.com](mailto:siport21@siport21.com)

<sup>2</sup> *Autoridad Portuaria de Pasajes*

### RESUMO

Com base nas recomendações do Comité de Segurança Marítima da Organização Marítima Internacional, incluídas no documento “Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process”, desenvolveu-se um método para a avaliação dos riscos nas manobras de acesso de navios ao porto.

O objetivo do método é realizar uma avaliação dos riscos que podem incidir sobre a população, derivados do acesso de navios ao porto, com a finalidade de saber se são ou não aceitáveis. Se não forem aceitáveis, estudam-se as medidas ou os procedimentos corretores aplicáveis para conseguir que o suposto analisado possa ser aceite. O resumo de todas as condicionantes ou medidas corretoras constituem as Medidas de Segurança.

Para a avaliação dos riscos analisam-se diversas situações de emergência (falha da máquina, bloqueio do leme, ...), utilizando o Simulador de Manobra de Navios em Tempo Real da Siport21, onde se simula o acesso ao porto dos navios mais representativos, com a finalidade de determinar as combinações de navio-ondulação-vento-maré-corrente que constituem os maiores riscos.

Além disso, a utilização desta ferramenta permite que todos os agentes envolvidos nas manobras (Pilotos, Capitães, Capitania Marítima, Autoridade Portuária e Rebocadores) possam assistir às simulações para verificarem a execução das manobras e os resultados do estudo.

A metodologia utilizada para a avaliação do risco é de caráter quantitativo, uma vez que o objetivo do método é comparar diferentes situações operacionais nas manobras de acesso de determinados navios (como por exemplo, sem e com a assistência de rebocadores). É importante salientar que este método permite também avaliar o risco de cada uma das situações e compará-lo com critérios de aceitação previamente estabelecidos.

A título de caso de aplicação, apresenta-se o estudo focado em determinar a conveniência ou não da atribuição de uma isenção total do cumprimento do vigente Regulamento de Utilização de Rebocadores no Porto de Pasajes para determinados “car-carriers” da UECC que operam no mesmo.

### METODOLOGÍA DE RIESCOS

O risco é uma exposição a um perigo, inerente a uma situação ou atividade. Por natureza, qualquer atividade envolve riscos.

O risco de qualquer suposto analisado é o resultado obtido da relação entre a probabilidade de apresentação e as consequências do mesmo, avaliado num determinado período e em circunstâncias específicas. Portanto, o risco implica dois aspetos:

- ▶ A probabilidade de que ocorra um acidente (que se representa por meio do número de acidentes por ano)
- ▶ A gravidade das consequências do acidente (o grau dos danos materiais, número de pessoas feridas ou mortas)

A metodologia de um Estudo de Riscos consiste na análise sistemática de todos os supostos que se possam apresentar, avaliando, em função da sua probabilidade de apresentação e respetivas consequências, se os mesmos são aceitáveis ou não. No segundo caso, analisam-se as medidas ou procedimentos corretores que se podem aplicar para conseguir que a situação analisada seja aceite. O resumo de todas as condicionantes ou medidas corretoras constitui as Medidas de Segurança.

A avaliação dos riscos pode efetuar-se de duas formas: em função da profundidade da análise pretendida e da disponibilidade de informação:

**Análise Quantitativa:** é a aproximação mais avançada e exigível caso se pretendam resultados quantitativos precisos. Esta aproximação é a mais avançada e exigível caso se pretendam resultados quantitativos precisos. Neste caso, identifica-se em primeiro lugar “aquilo que pode falhar”. Portanto,

elabora-se uma lista preliminar, contudo completa, de incidentes potenciais. Alguns deles podem ser eliminados posteriormente se o seu nível de risco for quantitativamente inapreciável. No entanto, os mesmos ficam localizados e a sua omissão documentada.

Uma vez estabelecidas as frequências e as consequências dos incidentes finais, estas podem ser combinadas para gerar representações do risco. Utilizam-se geralmente duas formas de representação numérica do nível de risco: *Risco Social* e *Risco Individual*.

O risco social ou coletivo utiliza-se para calcular os riscos de acidentes que afetam um grande número de pessoas. Considera a probabilidade de que um determinado número de pessoas possa vir a sofrer um efeito prejudicial. Ou seja, trata-se da consequência de uma atividade sobre o conjunto da população. É descrito mediante um gráfico F-N, com o número de vítimas N no eixo das abcissas e a probabilidade F de que esse número de pessoas venha a sofrer um efeito prejudicial no eixo das coordenadas.

O risco individual é o risco absoluto que afeta um indivíduo exposto, isto é, a probabilidade de que uma pessoa venha a sofrer um efeito prejudicial durante um determinado período de tempo, normalmente um ano. A finalidade do cálculo do risco individual é garantir que as pessoas que possam resultar afetadas pelo acidente de um navio não sejam expostas a riscos excessivos.

Neste trabalho foram considerados ambos os métodos de avaliação: o individual e o social, visto que os resultados do risco individual aparentemente aceitáveis podem converter-se em níveis sociais inaceitáveis.

**Análise Qualitativa:** as diferentes situações de risco consideradas são analisadas segundo a metodologia da Matriz de Avaliação de Riscos.

A avaliação quantitativa produz resultados numéricos precisos que permitem comparar diversas alternativas entre si e analisá-las face a critérios normativos. Contudo, é preciso dispor de dados estatísticos fiáveis sobre a frequência de apresentação dos distintos supostos de risco, bem como de ferramentas de avaliação de danos.

Por esses motivos, propõe-se como alternativa a análise qualitativa, onde as diferentes situações de risco contempladas são analisadas segundo a metodologia da Matriz de Avaliação de Riscos.

A análise qualitativa é menos precisa que a quantitativa, no entanto permite detetar todas as situações de risco, classificá-las em função da sua importância, definir medidas preventivas/corretoras adequadas e avaliar de forma individualizada a sua eficácia e influência ao nível da segurança global.

### **Critérios de aceitação**

#### *Risco Individual*

Os critérios de aceitação do risco individual para atividades perigosas são estabelecidos tomando como referência outras atividades do setor. O nível de risco aceitável depende de duas condições:

- ▶ de que o risco ocorra de forma involuntária ou voluntária
- ▶ de que o indivíduo tenha ou não controlo sobre o risco

Não existe um critério universal de risco individual aceitável. A IMO adotou os critérios estabelecidos nas publicações do Departamento Britânico da Saúde e Segurança ("UK Health and Safety Executive", HSE, 1999), incluídos no FSA:

- ▶ Máximo risco tolerável para a tripulação  $10^{-3}$  por ano
- ▶ Máximo risco tolerável para os passageiros  $10^{-4}$  por ano
- ▶ Máximo risco tolerável para a população  $10^{-4}$  por ano
- ▶ Risco Inapreciável  $10^{-6}$  por ano

Neste trabalho foram considerados os limites inferior e superior dos critérios de aceitação do risco indicados para a população:

- ▶ Máximo risco tolerável  $10^{-4}$  por ano
- ▶ Risco Inapreciável  $10^{-6}$  por ano

#### *Risco Social ou Coletivo*

Para descrever as atitudes adversas ao risco social (acidentes que afetam um grande número de pessoas) utilizam-se os diagramas F-N. Geralmente, a sociedade está menos disposta a aceitar um grande acidente com muitas vítimas do que muitos acidentes com um pequeno número de vítimas.

A definição matemática da frequência de N ou mais vítimas mortais é:

$$F_N = F_1 \cdot N^b \quad (1)$$

sendo:

- $F_N$  a frequência de N ou mais vítimas
- $F_1$  a frequência de acidentes que envolvem uma ou mais vítimas
- b é a inclinação, que indica a aversão da sociedade face ao risco

Quando se estabelecem os limites superior e inferior de aceitação do risco coletivo, dever-se-ão definir um ponto de referência e uma inclinação. A inclinação indica a atitude inerente ao risco, se esta é propensa, neutra ou adversa a esse risco. Com o objetivo de refletir a aversão ao risco, o FSA recomenda utilizar uma inclinação de valor igual a -1 numa escala logarítmica.

Para o caso prático, tomaram-se como referência os critérios estabelecidos para os navios Ro-Pax no projeto de investigação SAFEDOR (“Public Deliverable D4.5.2, Risk Acceptance Criteria”), onde se calcularam os critérios de aceitação do risco coletivo tendo em atenção a importância da atividade para a sociedade (MSC 72/16).

Assim, os critérios de aceitação para terceiros pessoas são os seguintes:

- ▶ Máxima frequência de apresentação tolerável para 10 vítimas é  $10^{-3}$  por ano
- ▶ Frequência de apresentação inapreciável para 10 vítimas é  $10^{-5}$  por ano

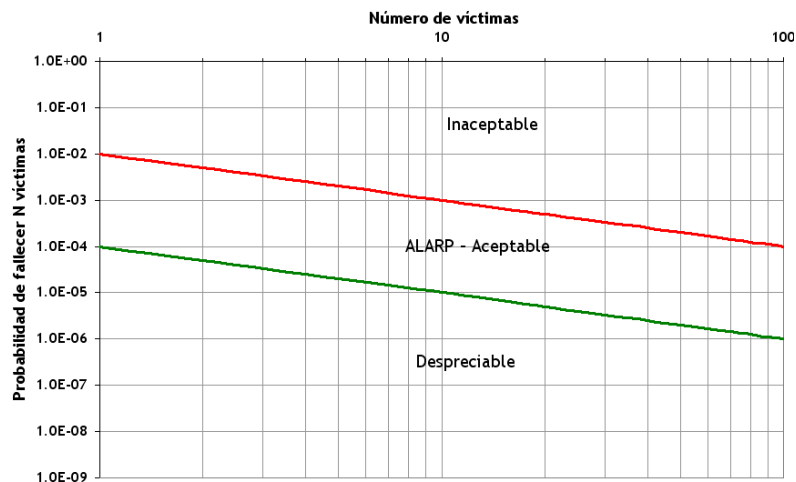


Figura 1. Critérios de aceitação do risco social estabelecidos para a população

### Identificação de supostos de risco

Tendo em conta que o objetivo do estudo é “considerar a atribuição da isenção de utilização de rebocadores nas manobras de entrada de determinados navios da UECC no Porto de Pasajes” e de acordo com os supostos de risco objeto de análise na navegação em zonas portuárias, que seguem as recomendações IMO e a experiência em análises similares (HAZID) efetuadas para instalações portuárias em serviço, foram consideradas as seguintes situações críticas:

- ▶ Manobras com falha de uma máquina
- ▶ Manobras com bloqueio dos lemes
- ▶ Manobras com falha total de propulsão (“black-out”)

No suposto que algum dos casos anteriores tenha como consequência a colisão do navio com as margens do canal nas zonas habitadas, é proposta como medida corretora a assistência de um rebocador na manobra de acesso. Analisa-se e avalia-se a efetividade desta medida corretora com a mesma sistemática, para comparar e determinar se com a adoção da mesma se cumprem os critérios de aceitação. Nesta análise é necessário observar os seguintes aspetos: repercussões operacionais, benefício ao nível de riscos (diagramas F-N) e a relação custo/benefício da medida.

Todas as manobras foram analisadas através da simulação em tempo real. Ou seja, simulou-se a entrada de dois navios representativos da frota da UECC no Porto de Pasajes, com a finalidade de determinar as combinações de navio-ondulação-vento-maré-corrente que envolvem os maiores riscos, comparando as situações sem/com rebocadores.

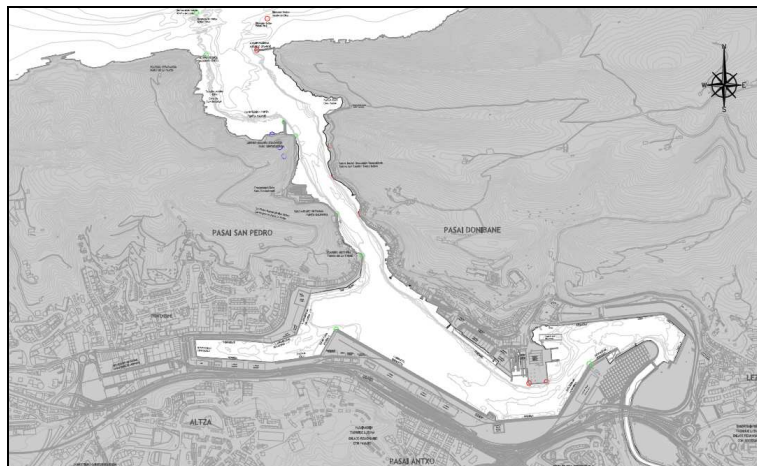
### **ESTUDO NO SIMULADOR**

Reproduziram-se as manobras de acesso dos navios utilizando o simulador de manobras em tempo real da Siport21 (modelo MERMAID 500 desenvolvido pela MARIN-MSCN (Holanda)). Este sistema reproduz o comportamento de um navio específico durante a realização das manobras de acesso ou saída do porto, sob a ação dos agentes ambientais (vento, corrente, ondulação, profundidade limitada, sucção da margem, etc.) e quando auxiliado, consoante o caso, por rebocadores.

O centro de simulação de manobra de navios em tempo real da Siport21 está certificado pela DNV (Det Norske Veritas) para o desenvolvimento de estudos como base para a conceção de portos, canais de acesso e zonas de manobra, bem como para a formação e treino de Pilotos, Capitães e Oficiais.

### **Porto de Pasajes**

O Porto de Pasajes está situado no norte da Península Ibérica. O acesso ao porto, localizado na desembocadura do Rio Oyarzun, é realizado através de um canal com cerca de 1200 metros de comprimento e uma largura variável que oscila entre os 80 m e os 120 m (estreito e sinuoso).



*Figura 2. Disposição Geral do Porto de Pasajes*

O canal termina a estibordo na Punta de la Torre, abrindo-se para a Baía, que se estende ao longo de 900 metros e finaliza na Vuelta de Luzuriaga. Por último, o porto termina na doca de Lezo.

Nas manobras analisadas considerou-se o efeito do vento, da ondulação e da corrente, visto serem os fatores mais importantes para a manobra.

#### **Navios de cálculo**

Os navios da UECC são “car-carriers” com 120-140 metros de comprimento total. Estes navios estão equipados com dupla hélice propulsora de passagem variável, dois lemes Becker e uma hélice de manobra na proa. São barcos com muito boa manobrabilidade. A principal característica dos “car-carriers” é a sua grande obra morta, que implica uma grande superfície exposta ao vento, comparativamente com o calado.

A informação relativa às características de manobra facultada pela UECC permitiu modelizar os navios alvo com uma boa calibração do modelo numérico.

#### **Características dos rebocadores**



No Porto de Pasajes existem dois rebocadores de propulsão especial: *Facal Dieciocho* (*Tractor Schottel*) de 46 toneladas de tração e *Facal Diecinueve* (*Azimutal Schottel*) de 30 toneladas de tração.

Nas manobras simuladas utilizou-se um rebocador de 3.300 HP (46 t de tração) equivalente ao *Facal Dieciocho*, conectado à popa, a bombordo ou a estibordo.

### Avaliação das manobras

Um dos principais objetivos da análise das manobras de emergência com perda de propulsão é determinar as zonas de precaução em caso de ocorrer esta falha, o tempo de deriva do navio até atingir as margens do canal na zona habitada e a velocidade de colisão previsível, que é um dado muito importante para avaliar as consequências dos danos.

A zona de precaução é definida como o troço do canal onde, caso venha a ocorrer uma perda de propulsão que deixe o navio à deriva, se produzirá, como consequência final, a colisão do navio com as margens, na zona habitada. As seguintes figuras mostram um exemplo das zonas de precaução para alguns casos analisados.

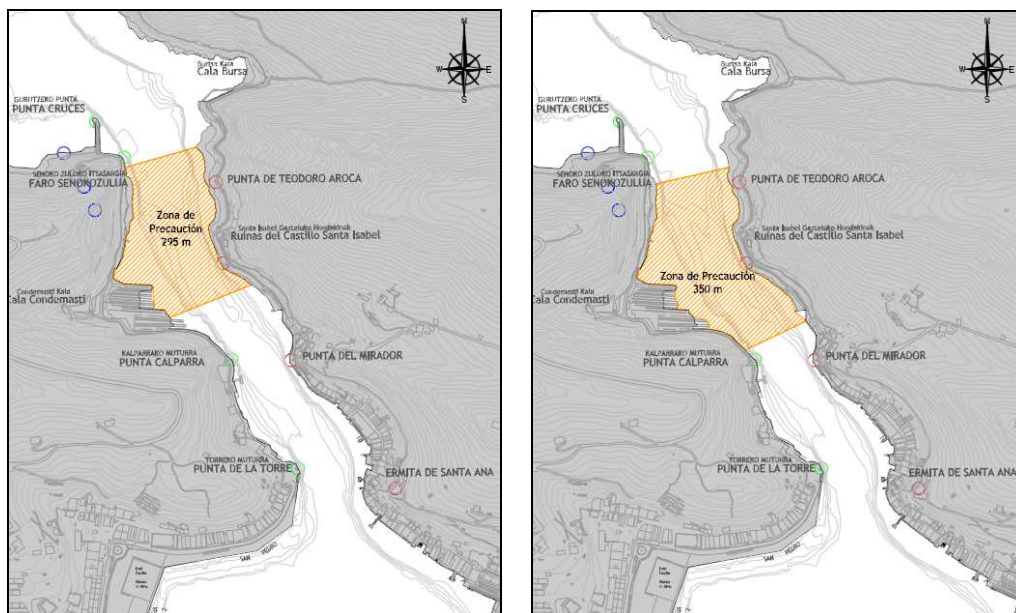


Figura 3. “Car-carrier” de 140 m. Zona de precaução. Condição Sul e Condição NW

Após a realização de manobras normais e de emergência no simulador, pode-se concluir o seguinte:

- ▶ Os navios dispõem de meios suficientes para fazer face a incidentes com perda parcial de propulsão ou perda total de governo sem necessidade de utilizar um rebocador.
- ▶ A zona de risco está compreendida entre a *Punta de Teodoro Aroca* e a zona entre a *Punta Calparra* e a *Punta del Mirador*. As incidências prévias a esta zona conduzem a um encalhe ou colisão antes da zona habitada; se a falha se verificar posteriormente, o navio ingressa por inércia na Doca.
- ▶ O tempo que decorre entre a perda de propulsão e o encalhe ou a colisão é de aproximadamente 3 minutos na maioria dos casos, insuficiente para as operações de amarração de um rebocador, pelo que não se considera útil a alternativa de levar o rebocador acompanhando sem estar amarrado.
- ▶ A utilização do rebocador implica uma mudança sensível na estratégia de manobra, obrigando a diminuir a velocidade na aproximação e cruzamento da barra. A redução de velocidade é necessária para permitir que o rebocador siga o navio quando conectado nas condições da ondulação analisada.
- ▶ Essa diminuição de velocidade implica limitar as excelentes condições de manobrabilidade destes navios, diminuindo a segurança nas fases de aproximação e cruzamento da barra, onde pode ser necessário um aumento do regime de rotações para controlar os efeitos da ondulação.
- ▶ A aproximação com o rebocador conectado significaria, também, a limitação da altura da vaga à volta dos 2,5 m, o que não acontece atualmente para estes navios.

- ▶ Além disso, um rebocador à popa envolve um importante efeito de travagem do navio. Caso não seja possível evitar o acidente, pelo menos a colisão verifica-se a uma velocidade inferior.
- ▶ A utilização do rebocador não garante em todos os casos que se possa evitar a falha.
- ▶ Nos casos em que o rebocador consegue levar o navio sem problemas até à Doca, requer-se uma estrita precisão e coordenação das suas ações.
- ▶ As dimensões relativas do rebocador face ao estreito canal implicam uma escassa margem de atuação.

### Análise da área ocupada

A análise da área ocupada pelos navios durante a manobra e a sua interferência com os limites da zona navegável pretende avaliar de forma qualitativa e quantitativa os pontos críticos da trajetória e o risco de encalhe/colisão. São aqui analisadas unicamente as manobras normais de acesso sem assistência de rebocador.

Calculou-se a probabilidade de encalhe/colisão em dois troços do canal, mediante o valor médio ponderado das secções do troço (bombordo e estibordo).

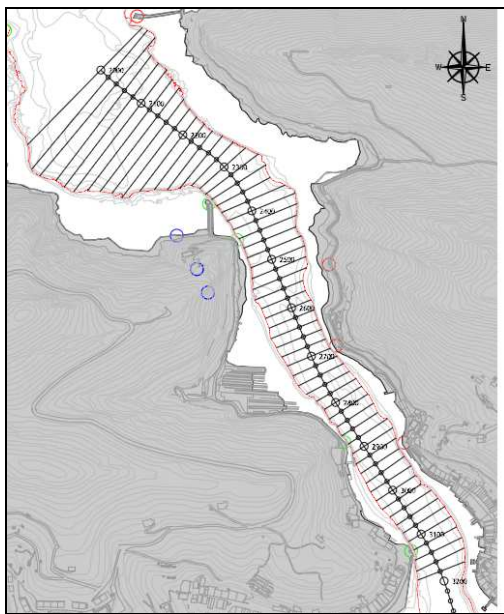


Figura 4. Secções de cálculo

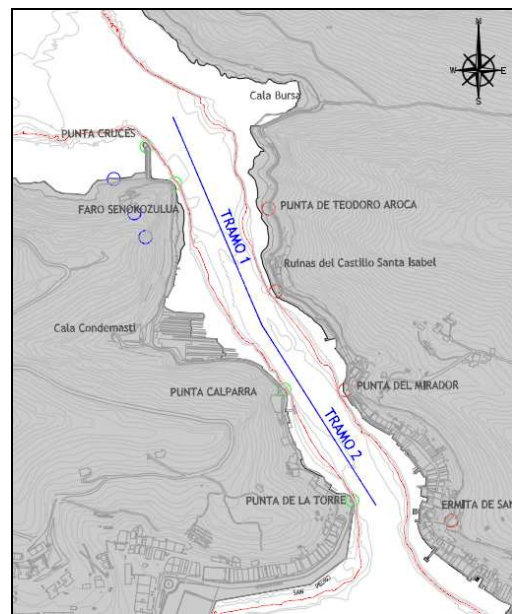


Figura 5. Troços analisados

Este índice constitui uma estimativa muito útil. A seguinte tabela apresenta os resultados de cada troço e para cada navio::

Tabela 1. Probabilidade de abandono da zona navegável no canal de acesso

Troço	Definição do troço	"Car-carrier" 127 m	"Car-carrier" 140 m
Troço 1	Desde Pta. Cruces até Pta. Calparra	5.78x10 <sup>-5</sup>	1.55x10 <sup>-4</sup>
Troço 2	Desde Pta. Calparra até Pta. Torre	6.27x10 <sup>-8</sup>	1.38 x10 <sup>-14</sup>

## AVALIAÇÃO DE RISCOS

### Análise de frequência

A análise da frequência de colisão realiza-se mediante a identificação de situações críticas, nas quais é possível que se produza o impacto com as margens ou o encalhe nas mesmas, na zona habitada, para cada navio. Utiliza-se como ponto de partida para o cálculo a seguinte informação:

- ▶ Geometria do canal
- ▶ Estatística das condições meteorológicas
- ▶ Estatística de tráfego de cada um dos navios
- ▶ Avaliação das manobras de emergência realizadas no simulador
- ▶ Estatística de probabilidade de abandono da zona navegável

A frequência de colisão calculada tem em consideração os seguintes cenários:

- ▶ Colisão devida a erros humanos, em que o navio se dirige diretamente para a zona de impacto sem efetuar nenhuma medida de evasão.
- ▶ Colisão por deriva, que ocorre quando o navio regista a perda completa de propulsão e deriva para a zona de impacto.

#### Erro humano

A colisão por erro humano ocorre quando um navio prossegue o seu rumo diretamente para a zona de impacto sem tomar nenhuma medida de evasão. Baseia-se em duas hipóteses:

- ▶ O navio apresenta rumo de colisão para a zona de impacto
- ▶ Não é tomada nenhuma medida de evasão para evitar a colisão

As causas por erro humano podem ser as seguintes:

- ▶ Ausência da ponte
- ▶ Distração
- ▶ Incapacidade por doença ou acidente
- ▶ Sonolência por fadiga
- ▶ Incapacidade por ingestão de álcool

Radar e ECDIS inoperantes (utilizados apenas em caso de má visibilidade)

Para o cálculo da frequência de colisão devida a um erro humano utiliza-se a seguinte equação:

$$F_C = \sum_{i=1}^{Ntr} N \cdot P_t(x) \cdot P_i(x) \cdot P_C \cdot P_{reac}(x) \quad (2)$$

sendo:

$F_C$  frequência de colisão por erro humano no acesso de um navio (por ano)

$Ntr$  número de troços em que se divide o trajeto de entrada

$N$  número de navios por ano

$x$  posição do navio no trajeto de entrada

$P_i(x)$  a probabilidade de estar posicionado em  $x$  no trajeto de entrada calcula-se como:  $P_i(x) = t_x/t_{tot}$ , em que  $t_{tot}$  é o tempo total despendido pelo navio para percorrer os  $Ntr$  troços;  $t_x$  é o tempo despendido pelo navio para percorrer o troço  $x$

$P_i(x)$  probabilidade de abandono da zona navegável no troço  $i$ , estando o navio situado na posição  $x$  da trajetória de entrada. Obtém-se mediante a análise da área ocupada pelo barco utilizando o Simulador de Manobras em Tempo Real

$P_C$  probabilidade de ocorrência da falha, que compreende as causas por erro humano indicadas anteriormente

$P_{reac}(x)$  probabilidade de reagir a tempo para corrigir o erro e evitar assim a colisão. Depende da distância entre a posição do navio no percurso de entrada  $x$  e a zona de impacto

#### Deriva. Perda de propulsão

No caso de falha no sistema de propulsão o navio fica sem governo e começa a derivar, pelo que existe risco de colisão com as margens na zona habitada. Concluiu-se das simulações de emergência que, em caso de avaria entre a Punta Cruces e a Punta Calparra o navio acaba por colidir na zona habitada. O tempo entre a perda de propulsão e a colisão oscila entre 2 a 9 minutos, consoante as condições. É um período insuficiente para que o navio possa receber ajuda externa ou para reparar a avaria.

A embarcação navega a 5-7 nós, pelo que também não seria efetivo utilizar a âncora para reduzir a velocidade e evitar a colisão. Além disso, e considerando a estreiteza do canal, as consequências de uma ancoragem poderiam ser piores.

Estas considerações proporcionam um modelo simples de cálculo da frequência de colisão em caso de perda de propulsão, baseado na seguinte fórmula:

$$F_C = N \cdot P_{fallo\ máquina} \cdot T_{zona\ precaución} \quad (3)$$

sendo:

$F_C$  frequência de colisão por perda de propulsão no acesso (por ano)

$N$  Número de navios por ano

$P_{\text{fallo de máquina}}$	frequência de falha de máquinas (por hora de navegação)
$T_{\text{zona precaución}}$	tempo médio despendido pelo navio para atravessar a zona de precaução

### Frequência de colisão

A frequência de colisão total calcula-se somando as frequências de colisão causadas por erro humano e a perda de propulsão calculadas nos capítulos anteriores. A seguinte tabela apresenta a frequência de colisão resultante em cada caso:

Tabela 2. Frequência de colisão com zona habitada

Navio	Erro Humano	Perda Propulsão	Total
“car-carrier” 127 m	$4.13 \times 10^{-7}$	$1.75 \times 10^{-5}$	$1.80 \times 10^{-5}$
“car-carrier” 140 m	$3.88 \times 10^{-6}$	$7.15 \times 10^{-5}$	$7.53 \times 10^{-5}$

Verifica-se que a perda de propulsão proporciona entre 95% a 97% da frequência de colisão total. Conclui-se que no acesso dos navios “car-carrier” ao Porto de Pasajes o risco de colisão com as margens do canal de acesso deve-se fundamentalmente a uma grave avaria na propulsão. Além disso, a frequência de colisão para o “car-carrier” de 140 m é cerca de 4 vezes superior à do navio menor, de 127 m.

De acordo com a classificação utilizada pelo FSA para avaliar a frequência de apresentação de acidentes (MSC 83/INF.2), as frequências de colisão obtidas para estes navios correspondem a uma classificação “Extremadamente Remota”, a mais baixa da classificação recomendada pelo FSA.

### Análise de consequências

Após analisar a frequência de colisão, é necessário, para calcular o risco, avaliar as consequências (risco = frequência x consequência). No seguinte diagrama mostram-se as consequências relacionadas com a colisão do navio com as margens do canal:

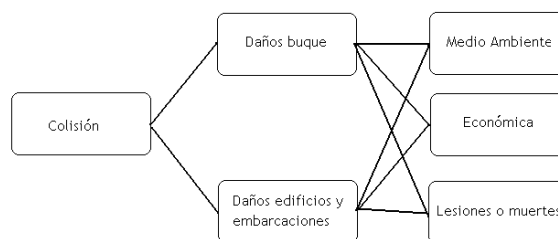


Figura 6. Diagrama Diagrama de consequências relacionadas com a colisão de um navio

Os danos no navio poderiam originar uma ou várias das seguintes consequências:

- ▶ Impacto no ambiente: Derrames de combustível do navio
- ▶ Perdas económicas: Custo da reparação do navio, custo da não utilização da embarcação enquanto está a ser reparada e a perda de reputação da companhia marítima
- ▶ Lesões ou mortes do pessoal do navio: Piloto, Capitão, tripulação, ...

Os danos nos edifícios ou nas embarcações menores situados nas margens do canal poderiam originar uma ou várias das seguintes consequências:

- ▶ Impacto no ambiente: Pequenas perdas de combustível ou de óleo das embarcações menores
- ▶ Perdas económicas: Custo da reparação dos danos
- ▶  Lesões ou mortes: das pessoas presentes no momento da colisão

O objetivo da Análise de Riscos é avaliar o que implica para a população o acesso dos navios da UECC ao Porto de Pasajes, para decidir se os riscos são aceitáveis ou não. Por conseguinte, apenas serão consideradas as consequências relativas a lesões ou mortes resultantes dos danos sofridos nos edifícios e nas embarcações menores. Ou seja, a análise do risco centra-se nas consequências sobre as pessoas alheias à operação do navio.

Além disso, o objetivo do estudo é determinar a conveniência ou não da isenção total da Utilização de Rebocadores para determinados “car-carriers” da UECC, baseado em critérios de risco. Neste

sentido, a análise da frequência de acidentes aplicada no capítulo anterior é a mesma quando o acesso dos navios se realiza com ou sem rebocador. A diferença entre as duas situações (sem rebocador e com rebocador) reside na gravidade das consequências.

Concluiu-se das simulações de manobras de emergência que a utilização de um rebocador à popa implica um importante efeito de travagem do navio, pelo que, no caso de encalhe ou colisão o impacto ocorreria a menor velocidade e, portanto os danos ou consequências seriam menores do que sem rebocador.

Tendo em atenção estes aspetos é necessário aplicar um método que permita comparar quantitativamente a gravidade das consequências. Para tal, utilizou-se um modelo que calcula o número de vítimas decorrente da ação de terremotos, considerando a sua magnitude e a densidade de população na zona. O número de vítimas está diretamente relacionado com o dano físico sofrido pelos edifícios onde reside a população. Portanto, é razoável aplicar este modelo na colisão de um navio com as margens do canal na zona habitada. A energia transmitida ao terreno durante a colisão dependerá da velocidade do navio e da respetiva deslocação.

Das simulações realizadas deduzem-se e relacionam-se diferentes velocidades de impacto em caso de perda de propulsão, considerando a direção e a intensidade do vento, bem como a utilização ou não de rebocador. Os ventos de componente Norte empurram o navio pela popa originando maior velocidade, e os ventos de Sul travam-no; com o rebocador como freio, a velocidade de contacto é inferior a um nó. Este modelo foi utilizado para a avaliação do risco nos seus dois aspetos: risco individual e risco social.

#### *Avaliação do risco individual*

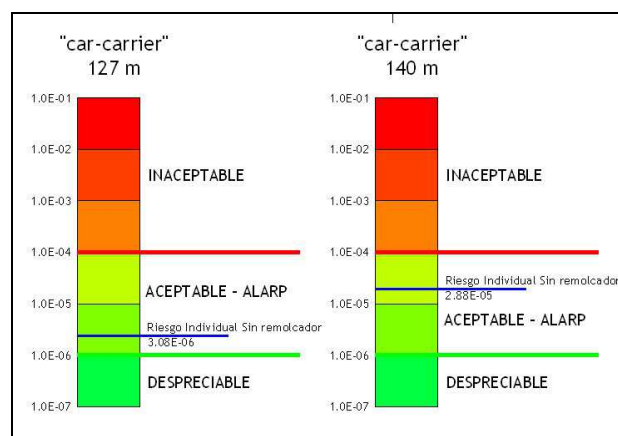
Avalia-se aqui o risco individual a que está exposta uma pessoa que vive na zona próxima ao canal de Pasajes ou que está relacionada com as embarcações menores ancoradas, devido ao acesso dos navios da UECC.

Utilizou-se para o cálculo uma árvore de eventos para cada barco. Aplicou-se o modelo de vítimas do capítulo anterior para determinar a probabilidade de morrer, pelo menos, uma pessoa da zona devido à colisão de um navio. A seguinte tabela apresenta um resumo dos resultados obtidos nos diversos casos:

*Tabela 3. Avaliação do risco individual*

Navio	Utilização Rebocador	Risco	Critério
"Car-carrier" de 127 m	Não	$3.08 \times 10^{-6}$	$< 1.0 \times 10^{-4}$ ACEITÁVEL
	Sim	$1.15 \times 10^{-9}$	$< 1.0 \times 10^{-6}$ INAPRECIÁVEL
"Car-carrier" de 140 m	Não	$2.88 \times 10^{-5}$	$< 1.0 \times 10^{-4}$ ACEITÁVEL
	Sim	$4.52 \times 10^{-8}$	$< 1.0 \times 10^{-6}$ INAPRECIÁVEL

O risco individual de exposição de uma pessoa da população analisada é  $3.08 \times 10^{-6}$  vítimas por ano para o navio "car-carrier" de 127 m, em caso de se realizar a manobra sem assistência de rebocador. Este valor corresponde a uma morte, aproximadamente, a cada 325000 anos. Para o navio maior (140 m) é  $2.88 \times 10^{-5}$ , também sem rebocador, quase 10 vezes mais. Este valor corresponde a uma morte, aproximadamente, a cada 35000 anos.



*Figura 7. Avaliação do risco individual*

Segundo os critérios de aceitação estabelecidos, o risco individual a que está exposta a população analisada no acesso dos navios sem assistência de rebocador encontra-se na zona ACEITÁVEL em ambos os casos.

O risco individual em caso de dispor de assistência de rebocadores é inferior a  $1.0 \times 10^{-6}$ , pelo que é classificado como INAPRECIÁVEL para os dois navios.

Consoante o previsto, o risco individual diminui consideravelmente ao aplicar como medida de segurança a assistência de um rebocador durante a manobra de acesso. Contudo, visto que o risco individual, em caso de aceder sem rebocador, se situa num bom nível de aceitação, pode-se considerar segura a opção de não utilizar rebocadores no acesso destes navios ao Porto de Pasajes.

#### Avaliação do risco social

Avalia-se agora o risco social ou coletivo a que está exposta a população da zona próxima do canal e das embarcações menores devido ao acesso dos navios da UECC. Aplicou-se igualmente o modelo de consequências que calcula o número de vítimas resultante da ação de terramotos em função da sua magnitude. A partir desse modelo estabelece-se a probabilidade de que morram pelo menos N pessoas por efeito da colisão de um navio com as margens na zona habitada.

Apresentam-se a seguir os diagramas F-N que representam a estimativa do risco social para cada um dos navios, sem e com rebocador:

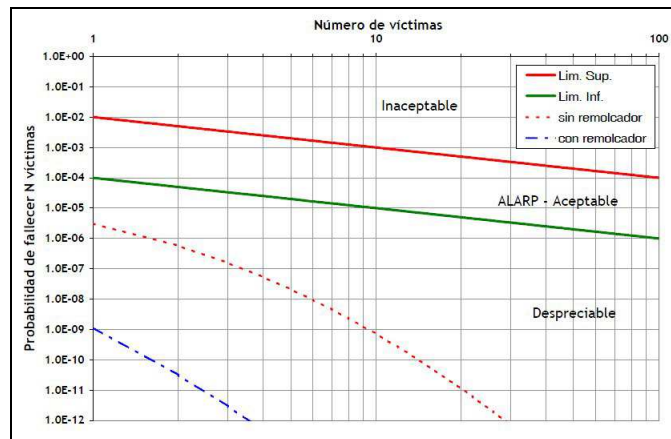


Figura 8. Risco social para a população. “Car-carrier” de 127 m - Diagrama F-N

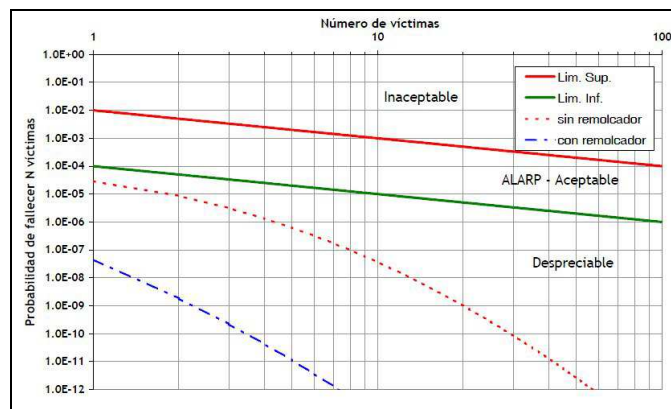


Figura 9. Risco social para a população. “Car-carrier” de 140 m. Diagrama F-N

A linha contínua vermelha representa o limite superior de aceitação do risco, acima do qual o risco é INACEITÁVEL. Por seu lado, a linha contínua verde representa o limite inferior, abaixo do qual o risco é INAPRECIÁVEL.

As curvas F-N de risco social localizam-se na zona INAPRECIÁVEL (abaixo da linha verde) para ambos os navios e considerando o acesso sem e com rebocador.

O risco social é, mais uma vez, consideravelmente menor quando se aplica como medida de segurança adicional a assistência de um rebocador durante a manobra de acesso. Contudo, o risco

social, considerando o acesso sem rebocadores, encontrava-se já na zona inapreciável em ambos os casos, pelo que se pode considerar esta situação sob o ponto de vista da aceitação social.

### **Análise de sensibilidade**

Devido à incerteza relativa à fiabilidade de alguns dos dados utilizados, efetuou-se uma análise de sensibilidade dos parâmetros mais influentes na avaliação do risco. A partir da análise de sensibilidade obtêm-se as seguintes conclusões:

- ▶ O volume de tráfego deveria ser 3,8 vezes superior ao do atual para atingir um nível de risco individual inaceitável
- ▶ No caso da utilização de navios com uma única linha de eixos (1 máquina propulsora) o risco individual seria inaceitável
- ▶ Uma boa manutenção das máquinas propulsoras permite reduzir o risco para níveis quase inapreciáveis
- ▶ Mesmo incrementando a distância de precaução desde a Punta Cruces até à entrada na Doca (700 m), o risco manter-se-ia dentro da zona aceitável

A probabilidade de ocorrência de erro humano afeta significativamente o risco total caso aumente, porém se for menor do que a prevista, o valor do risco individual varia apenas ligeiramente. Portanto, o valor utilizado relativamente a erro humano é conservador, uma vez que não foram tidas em consideração as manobras realizadas por Pilotos locais, que pela sua experiência e conhecimento fariam diminuir consideravelmente este valor.

Como conclusão desta análise pode-se considerar segura a opção de não utilizar rebocadores no acesso destes navios ao Porto de Pasajes.

### **CONCLUSÕES**

A metodologia seguida para a avaliação do risco tem carácter quantitativo, visto que o objetivo do método é comparar diferentes situações operacionais durante as manobras de acesso de determinados navios. É importante destacar que este método permite também avaliar o risco de cada uma das situações e compará-lo com critérios de aceitação previamente estabelecidos.

Este tipo de análise é principalmente aplicável a portos com uma configuração geográfica especial, como a estreiteza de um canal de acesso ou a sua vulnerabilidade e sensibilidade social pela disposição urbana nas proximidades, centrando-se o estudo na avaliação da área navegável com edifícios e população próximos que possam vir a ser afetados pelo acidente de um navio no seu acesso ao porto.

### **Referências**

“Guidelines for Format Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (MSC/Circ.1023-MEPC/Circ.392)”, MSC 83/INF.2 14/05/2007”

ROM 3.1-99 “Recomendaciones para el Proyecto y construcción de Accesos y Áreas de Flotación” de Puertos del Estado

“Public Deliverable D4.5.2, Risk Acceptance Criteria” – proyecto SAFEDOR

“Proyecto de ampliación del Puerto de Pasajes. Estudio de maniobras de buques”. Siport21, 2010

“Análisis de maniobras de buques para el estudio sobre la viabilidad de un Puerto Exterior en Pasajes”. Siport21, 1999

“Estudio de clima marítimo y corrientes en el Puerto de Pasajes”. Clave CEDEX 24-496-9-084, 1996.