

Propuesta de una metodología simple para el análisis y representación gráfica de riesgos sobre activos. Aplicación al caso de una instalación portuaria



Daniel Sáenz-Löbsack

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICA) de la Universidad Pontificia Comillas / ETSI de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, España

Alberto Camarero Orive

Departamento de Ingeniería Civil, Transporte y Territorio, Universidad Politécnica de Madrid, España

Nicoletta González Cancelas

Departamento de Ingeniería Civil, Transporte y Territorio, Universidad Politécnica de Madrid, España

Recibido: 1 de junio de 2015. Aceptado: 12 de octubre de 2015.

Resumen

Este artículo presenta una metodología sencilla y potente para facilitar la identificación, valoración y análisis de riesgos sobre activos en cualquier unidad de negocio, logístico o de operación. El método hace especial énfasis en la especificación inicial de un metaobjetivo, así como en la simplificación, tabulación y expresión gráfica de los resultados en matrices de riesgos de diferentes niveles de detalle. Su sección final se aplica al caso de una instalación portuaria caracterizada por su elevado flujo de mercancías, personas y vehículos y su supuesto alto grado de vulnerabilidad ante potenciales sucesos adversos de origen terrorista.

Abstract

Proposal of a simple methodology for the analysis and graphical representation of risks on assets. Application to the case of the Port of Melilla. This paper presents a simple and powerful methodology to facilitate the identification, valuation and analysis of risks on assets of any business, logistics or operations unit. The method places special emphasis on the initial specification of a meta-objective, as well as on the simplification, tabulation and graphical expression of the results on risks matrixes of different levels of detail. Its final section is applied to the case of a port characterized by its high flow of goods, people and vehicles and its presumed high degree of vulnerability to potential adverse events of terrorist nature.

Palabras clave

Riesgos
Amenazas
Seguridad
Fiabilidad
Vulnerabilidad
Representación gráfica

Palavras-chave

Riscos
Ameaças
Segurança
Confiabilidade
Vulnerabilidade
Representação gráfica

Keywords

Risks
Threats
Security
Reliability
Vulnerability
Graphical representation

Introducción

La gestión regular de la gran mayoría de los centros de negocio, logística u operación se realiza a través del control y análisis de extensos conjuntos de datos de entrada, proceso y resultados, normalmente estructurados en un rango amplio de dimensiones técnicas, operacionales, medioambientales, comerciales y financieras. Estas labores son necesarias, pero de ninguna manera suficientes para optimizar los resultados a lo largo del tiempo.

El verdadero valor añadido que debe aportar todo gestor de unidades de negocio u operación debe ir siempre más allá de la continua y meticulosa supervisión de multitud de *datos de rendimiento* (microgestión). La gestión de riesgos es crítica y fundamental (Burriel, 1997). El buen gestor debe implantar sistemas de evaluación regular de riesgos que permitan una inteligente anticipación a las adversidades mediante el diseño de estrategias y la toma de tempranas medidas para evitar dichas potenciales adversidades o para mitigarlas (aminorando su futuro impacto o su probabilidad de ocurrencia). Esta fundamental necesidad de macrogestión se le debe exigir no solo al máximo responsable de la cuenta de resultados de la empresa (al gerente general, director general o consejero delegado), sino también a cualquier responsable de una unidad de gestión, por pequeña que esta sea. Se habla aquí no solo de puestos de dirección corporativa (responsables últimos de división, de negocio, de departamento,..), sino, por supuesto, también de responsables de operaciones (jefes de planta, jefes de cantera, jefes de sección, jefes de centros de distribución,..). Cualquier unidad o subunidad de gestión es susceptible de sufrir adversidades que deben ser regularmente evaluadas y analizadas.

A continuación se exponen algunos ejemplos:

Una planta de hormigón en Kuala Lumpur, Malasia, depende en su mayoría de los áridos de una cantera externa, que además pertenece a una subsidiaria de la competencia. Dicha cantera se sospecha que en breve agotará un frente de explotación para iniciar otro con material de una calidad posiblemente inferior. Esta potencial adversidad debe monitorearse y evaluarse en las reuniones regulares de control de gestión del jefe de la planta con su equipo y por supuesto también comunicar los resultados a la gerencia superior. Los riesgos además podrían ser no solo el deterioro de la calidad o el incremento del coste de materias primas del hormigón, sino también el inicio de serias disputas legales por los contratos de suministro o el inicio de estrategias comerciales agresivas por parte del competidor. Por supuesto existen otros muchos potenciales eventos adversos que podrían surgir y se deberían evaluar en las reuniones regulares de evaluación de riesgos de un negocio de hormigón, por ejemplo:

- » la aparición de otra planta de la competencia en el mismo distrito,
- » la quiebra financiera del cliente y parada de una obra importante a la que suministra,
- » la finalización de un conjunto residencial de alto *standing* cercano a la planta,
- » o el inminente cambio de una normativa de calidad.

El equipo directivo de una empresa concesionaria de un puerto en el sur de Perú ha tenido en los últimos años una gestión regular, con muy buenos resultados y sin sobresaltos. A raíz de una reunión de resultados trimestrales se descubre la necesidad de empezar a evaluar regularmente toda una batería de riesgos que de forma directa o indirecta pueden implicar grandes pérdidas para la compañía y que hasta ahora se habían ignorado o gestionado de forma irregular y descontrolada. Estos riesgos son, por ejemplo, los siguientes:

- » los importantes retrasos en las obras de ampliación del puerto,
- » el fortísimo reciente incremento de demanda de exportación de concentrado de mineral,
- » la aparición de un nuevo proyecto de planta industrial, potencialmente muy contaminante, en las cercanías del puerto,



Figura 1. Metodología. Fuente: Elaboración del autor.

- » los rumores de creación de un nuevo puerto a 100 km costa abajo,
- » la creciente previsión de terremotos en la región,
- » o el resurgir de altos niveles de flujo de mercancías procedentes de Bolivia y por tanto el incremento de probabilidades de que se produzca tráfico de drogas a través del puerto.

Existen diversas metodologías y numerosas herramientas de software de alta sofisticación para el análisis y el control de riesgos en complejas plantas industriales e infraestructuras críticas (como puede ser el caso de estaciones eléctricas o centrales nucleares). Sin embargo, no es posible encontrar métodos sencillos de análisis de riesgos, con resultados muy fácilmente comprensibles por la alta dirección y aplicables a prácticamente cualquier centro o unidad de gestión, independientemente de su tamaño, de su complejidad o de su naturaleza. La ambición de este artículo es proponer esta búsqueda sencilla y potente metodología.

Metodología propuesta

El método que se propone es por un lado resultado del análisis crítico de otras metodologías de evaluación de riesgos existentes (fundamentalmente para el estudio específico de instalaciones portuarias) y por otro es también fruto de la evaluación de una serie de experiencias pasadas del autor como máximo responsable de la gestión de negocios basados en plantas industriales y explotaciones de minería no metálica en países de Asia, Europa y Sudamérica. En todas esas experiencias, que involucraban siempre centros de negocio asociados a plantas industriales de cemento, cal, hormigón, asfalto, prefabricados, agregados, nitratos de amonio y a canteras de caliza, granito y yeso, las circunstancias de gestión de las operaciones siempre planteaban necesidades de evaluación y gestión de riesgos que, o no estaban en absoluto cubiertas, o se cubrían de forma parcial o deficiente. La estructura de la metodología propuesta se presenta en la Figura 1.

A continuación se describe cada uno de los apartados.

Introducción

Metaobjetivo

El 1er paso obligado es la definición de un objetivo primario y fundamental subyacente a todo el trabajo de análisis de riesgos. Este se debe definir con la mayor claridad posible, especificando al menos estas 3 dimensiones:

- » La variable a optimizar. Por ejemplo: el beneficio, la facturación, el nº de incidentes de seguridad, el nº de incidentes fatales de seguridad, el coste asociado a incidencias de seguridad, una función de utilidad para el usuario, etc.
- » El alcance de la variable a optimizar. Por ejemplo: el beneficio económico solo de la unidad de negocio gestora de la infraestructura, o de la unidad gestora y de todos sus clientes, o de la unidad gestora + todos sus clientes + todos sus proveedores, etc.
- » El periodo de tiempo durante el que aplica el objetivo. Por ejemplo: el corto plazo, 1 año, el medio plazo, 3-5 años, el largo plazo, más de 5 años, etc.

Así pues, un ejemplo de metaobjetivo del análisis de riesgos podría ser: *La maximización del beneficio económico de la unidad de negocio concesionaria del puerto de Melilla en un periodo de 5 años.*

El metaobjetivo especificado deberá estar presente en todo el trabajo metodológico posterior y es especialmente clave en las fases posteriores de valoración (subjetiva) de los impactos de riesgos pues permite contestar las fundamentales preguntas de *impacto sobre qué o impacto para quién.*

Sistemas de gestión de riesgos existentes

Esta fase se limita a describir de forma breve, honesta y realista todos los sistemas de seguridad, prevención y gestión de riesgos ya existentes en el centro de operación sobre el que se realiza el estudio.

Descripción de la unidad de gestión

Se debe proceder a exponer una descripción estructurada de la unidad de gestión objeto del estudio, alcanzándose tanta profundidad de detalle como sea necesario para llegar a una comprensión razonable de los activos y toda la operativa asociada a los mismos.

En esta sección se pueden incluir, por ejemplo, los siguientes apartados: Activos físicos, Sistemas de gestión, Sistemas de operación, Bases de datos, Gente, Entidades gestoras, Proveedores, Clientes, Propietarios, Flujos de materiales, Flujos de información, Normativas, Políticas, Estudios FODA (Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas), etc.

En otras metodologías se llama a esta fase *estudio previo* porque ya adelanta en algunos casos algunas áreas de vulnerabilidad. Para completar la adecuada comprensión del centro de negocio, puede ser interesante añadir en esta sección algún reciente estudio FODA que pudiera estar disponible.

Diseño

Identificación de activos vulnerables

El producto final de esta fase es una lista depurada de activos asociados al centro de gestión en estudio que puedan ser susceptibles de ser afectados por adversidades.

Es importante resaltar que es importante no olvidar la existencia de muchos activos que carecen de entidad física. En el sector privado, estos activos podrían ser por ejemplo la imagen de marca, tecnologías no registradas, planes estratégicos confidenciales o el nivel de motivación de los empleados.

Por otra parte, es también clave no ignorar la consideración de grupos humanos como activos vulnerables, incluyéndose no solo aquellos que sean fundamentales para el funcionamiento de la unidad de gestión (los operarios por ejemplo), sino todos aquellos agentes que puedan ser perjudicados de alguna manera por la operativa del centro bajo

estudio, esto es, además de los trabajadores, los clientes, proveedores, comunidades del entorno, autoridades, etc.

La lista final debe ser relevante de acuerdo con el metaobjetivo definido, a la par que clara y bien estructurada, presentando los activos agrupados de manera racional. Se llegará a ella a través de los siguientes pasos:

- » Identificación
- » Filtrado y racionalización
- » Selección
- » Categorización

Identificación de eventos adversos

El producto final de esta fase es una lista depurada de potenciales eventos adversos, que podrían afectar el conjunto general de activos del centro de gestión en estudio.

Para su identificación, se recomienda realizar entrevistas aleatorias a diferentes individuos de diferentes categorías (operarios, técnicos, mandos medios, gerentes,..). Los entrevistados no serán solo individuos pertenecientes a la organización del centro de gestión, sino que también serán (si pudiera ser relevante en función del metaobjetivo definido) proveedores, clientes, agentes públicos y comunidades del entorno.

Acudir exclusivamente al historial se considera un gran error. El 'historial de problemas' debe ser solo una simple referencia pues este puede ser muy limitado en el tiempo, puede contener información de poca calidad o incorrecta y también puede perfectamente no revelar ninguno de los eventos adversos potencialmente de mayor impacto.

La lista final de eventos adversos debe ser concisa y relevante. Se podrá llegar a ella a través de tres pasos:

- » Identificación
- » Filtrado y racionalización
- » Selección

Se aclara que a lo largo de este artículo se ha procurado remplazar el popular término *amenaza* por el de *potencial adversidad* o *evento adverso*. La razón es doble: por un lado porque el término coloquialmente tiene sin duda una connotación agresiva, emocional y no técnica y, por otro, porque su significado implica que detrás de la acción amenazante existe un malintencionado actor antrópico (relativo al hombre), circunstancia que no tiene por qué ser necesariamente el caso en el análisis de riesgos sobre activos, materia de este artículo. Se hace constar que, según la Real Academia Española (23ª edición, correspondiente al año 2014) *amenaza* significa, en su 1ª acepción, *acción de amenazar*, y el verbo *amenazar*, en su 1ª acepción, significa *dar a entender con actos o palabras que se quiere hacer algún mal a alguien*.

Es posible modelar la incertidumbre y mejorar el control y la predicción de sucesos *raros* o no probables (Soler Flores, 2014). No obstante, hemos de ser conscientes, primero, de que nunca es posible prever absolutamente todos los sucesos adversos que pueden acontecer y, segundo, de que precisamente aquellos sucesos que se nos escapan podrían ser los *cisnes negros* de mayor impacto (Taleb, 2010). También hay que asumir que las estimaciones de impacto de las adversidades (fase posterior en esta metodología) siempre serán subjetivas, siendo fácil tanto su sobreestimación como su subestimación. Estas realidades no deben desanimar, sino más bien al contrario: la identificación de riesgos, siendo siempre imperfecta, es altamente crítica y por ello merece la máxima dedicación de tiempo, pensamiento y esfuerzo por parte tanto de los expertos como de los dirigentes.

Asociación entre eventos adversos y activos vulnerables

Se crea una matriz donde se marcan las posibles asociaciones entre los eventos adversos y los activos vulnerables, teniendo siempre presente el metaobjetivo definido.

Valoración

Esta es la sección más importante de la metodología. Tiene por objeto determinar el riesgo inherente a cada punto de asociación *evento adverso – activo vulnerable*. Dicho riesgo es definido valorando dos variables determinantes para entender el riesgo: su potencial impacto y su esperada probabilidad de ocurrencia:

Valoración de impactos

Se trata de valorar el potencial impacto producto de la ocurrencia del evento adverso sobre el activo asociado. La valoración se realizará de forma simplificada asignando al impacto percibido valores discretos en el rango de 0 a 4 de acuerdo con la siguiente escala:

- 0: impacto nulo
- 1: impacto mínimo
- 2: impacto moderado
- 3: impacto alto
- 4: impacto muy alto (crítico)

Valoración de probabilidades de ocurrencia

Se trata de valorar la probabilidad de ocurrencia del evento adverso sobre el activo asociado. La valoración se realizará de forma simplificada asignando a la probabilidad percibida valores discretos en el rango de 0 a 4 de acuerdo con la siguiente escala:

- 0: probabilidad nula
- 1: probabilidad mínima
- 2: probabilidad media
- 3: probabilidad alta
- 4: probabilidad muy alta

Consideraciones de importancia en las valoraciones

Las valoraciones de los binomios impacto-probabilidad pueden ser muy subjetivas. Es por esto que se considera importante recurrir a uno o ambos de los siguientes medios para obtenerlas:

- » encuestas a medida, bien diseñadas tanto en su formato como en su público objetivo y con resultados suficientemente significativos,
- » paneles de expertos o sesiones de opinión compuestos por personas con buen criterio y alto conocimiento sobre los riesgos evaluados.

Es un error confundir la probabilidad de ocurrencia de un evento con su frecuencia histórica de suceso (Pasquini et al., 2011). Esta última solo puede ser una referencia para estimar la probabilidad de suceso. Pongamos un ejemplo: una empresa en la que hasta el momento los procesos de facturación han funcionado a la perfección, se ha visto obligada a recortar a la mitad la plantilla de su departamento de administración comercial; a pesar de que jamás hubo algún problema, ahora se prevén grandes atascos y errores en la facturación que tendrán un fuerte impacto negativo tanto en la reputación de la empresa como en su capital de trabajo por retrasos en los cobros de los clientes. El evento adverso es de alta probabilidad de ocurrencia pero no ha sucedido nunca.

Hay que tener siempre presente que el metaobjetivo definido es clave para –en la medida de lo posible– acotar la subjetividad y armonizar los criterios de evaluación (valoración) de los riesgos.

Resultados

Generación de la matriz gráfica de riesgos

Los resultados del análisis se pueden presentar de muchas formas. En esta metodología se defiende un sistema de presentación muy estructurado, sintético y, sobre todo, gráfico, que permite una rápida interpretación de los resultados y facilita claramente la validación, análisis y toma de decisiones derivados del análisis.

Este sistema de representación define los riesgos posicionándolos en una matriz dimensional y los califica (binomio impacto-probabilidad) mediante un conjunto de símbolos simples de diferentes tamaños en conjunción con una escala de tonos de color. La estructuración y representación gráfica de los riesgos se genera automáticamente mediante una sencilla herramienta desarrollada sobre un software de hoja de cálculo (MS Excel). Sus resultados se pueden apreciar en la aplicación práctica a dos casos reales, que también forman parte de este artículo.

A continuación se describe el proceso de investigación y desarrollo que se siguió para llegar al diseño y la creación del sistema de representación automática propuesto.

Dimensiones de representación

Para encontrar la forma de representación óptima el primer paso fue determinar la composición básica de la información que identifica y califica cada riesgo, esto es, 4 datos correspondientes a 4 variables agrupadas en 2 conjuntos:

- » para la identificación del riesgo: 2 variables cualitativas nominales: evento adverso y activo vulnerable
- » para la calificación del riesgo: 2 variables cuantitativas discretas: impacto y probabilidad de suceso

Seguidamente, para la estructura de información anterior, se evaluaron diferentes alternativas de representación que variaron desde la simple tabla numérica hasta la innovadora representación gráfica con ábacos de bolas de diferentes tamaños y diferentes alturas.

Después de diferentes pruebas y reflexiones, se llegó a la conclusión de que la forma más simple y práctica de representar la estructura de información de los riesgos debía seguir una directriz de diseño específica, reflejada en la Figura 2.

Representación de los impactos

Con la mente puesta en el desarrollo de una herramienta de hoja de cálculo que permitiera automatizar la elaboración de los mapas de riesgos, se llevó a cabo un proceso de búsqueda de aquellos símbolos que pudieran representar las diferentes escalas de tamaño del impacto de los riesgos. Para ello se rastrearon concienzudamente todos los caracteres no alfanuméricos de las fuentes de símbolos de las clases Wingdings y Webdings, generalmente instaladas por defecto en los ordenadores personales. Ver Figura 3.

order	Wing2	Wing2	Webd	Wing	Wing2	Wing2	Wing2	Wing2	Wing2	Wing2	Wing	Wing2	Wing2	Wing2	Wing2	Wing2	Wing2
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	■
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	■
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	■
4	④	④	●	○	■	■	■	■	■	■	◆	✦	✦	✦	□	□	□
3	③	③	●	○	■	■	■	■	■	■	◆	✦	✦	✦	□	□	□
2	②	②	●	○	■	■	■	■	■	■	◆	✦	✦	✦	□	□	□
1	①	①			●	●		●	□	□		✦	✦	●	●	●	●
0	①	—	—	—	—	—	—	—	□	—	—	●	—	—	—	—	—
n/a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Figura 4. Grupos de símbolos escogidos para representar escalas discretas. Fuente: Elaboración del autor.

0	1	2	3	4
	●	■	■	■

Figura 5. Símbolos para representar impactos. Fuente: Elaboración del autor.

0	1	2	3	4
	■	■	■	■

Figura 6. Colores para representar probabilidades de ocurrencia. Fuente: Elaboración del autor.

debidamente una dimensión discreta, ordenada y de pocos valores (exactamente de 0 a 4), tenía la forma menos compleja. Ver Figura 5.

Representación de las probabilidades de ocurrencia

Para la representación gráfica de las probabilidades de ocurrencia a través de tonalidades de color, se escogió una escala de tonos de color que pudiera representar razonablemente bien un conjunto ordenado de valores comprendidos entre 0 y 4. Adicionalmente se impuso la (muy práctica) condición de que la impresión de los tonos fuera igualmente acertada en su representación cuando estos se impriman no con tinta de color, sino con tinta negra o en tonos de gris.

La escala de colores óptima encontrada se representa en las Figuras 6, 7 y 8.

La escala de tonos de gris óptima, aproximadamente equivalente a la escala de colores seleccionada, se determina como la correspondiente a los gradientes de brillo 0%, 25%, 75% y 100% (para las probabilidades de ocurrencia con valores 0, 1, 2, 3 y 4). Esta escala fue validada realizando impresiones reales sin hacer ningún uso de los cartuchos de tinta de colores. Se representa en la Figura 9.

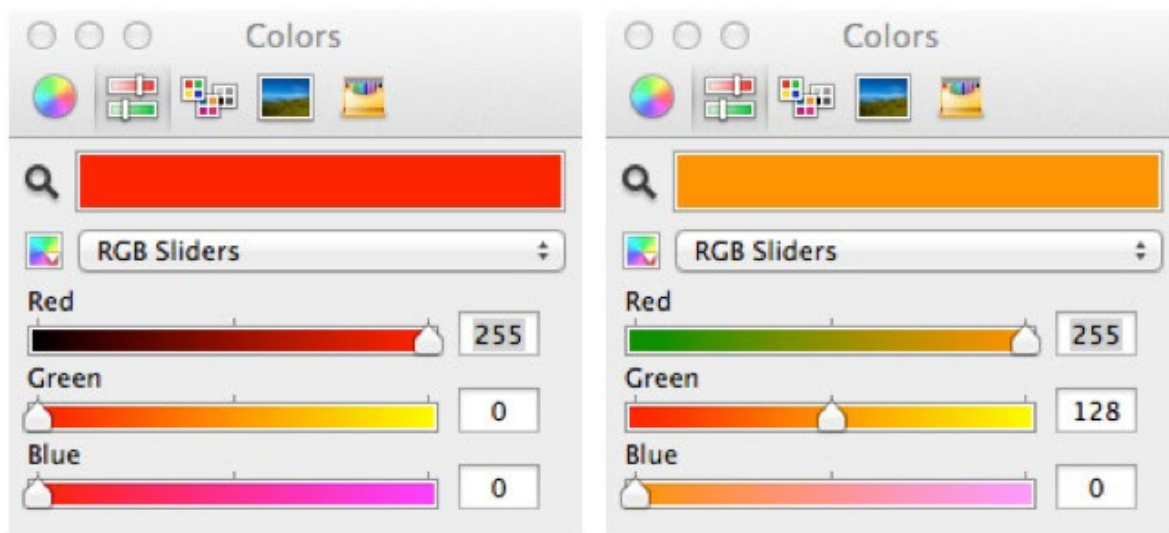


Figura 7. Composiciones RGB colores probabilidades riesgos 4 y 3. Fuente: Elaboración del autor.

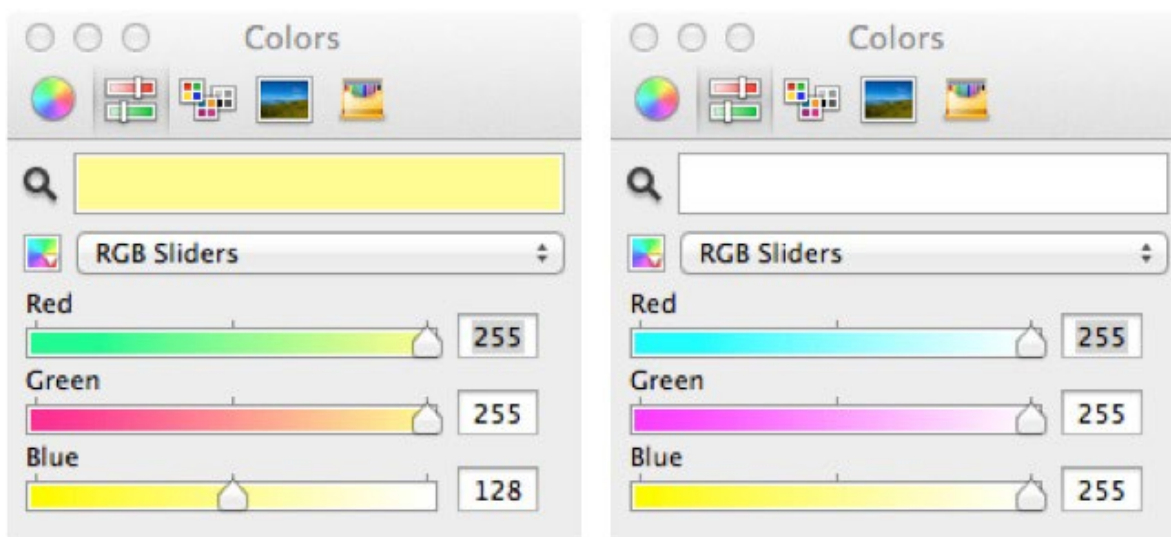


Figura 8. Composiciones RGB colores probabilidades riesgos 2 y 1. Fuente: Elaboración del autor.

Finalmente, después de múltiples pruebas, se decidió automatizar la representación de colores según probabilidades de impacto haciendo uso de las utilidades de formato condicional ofrecidas por el software de hoja de cálculo. Ver Figura 10.

Matriz resumen de riesgos

El sistema finalmente desarrollado para la elaboración automática de las tablas gráficas de riesgos (o *mapas de riesgos* genera adicionalmente, también de forma automática, un mapa síntesis de todos los riesgos. Dicho mapa presenta los resultados de calcular totales ponderados en la dimensión del eje vertical en la que se encuentran todos los activos agrupados. Así, para cada grupo de activos vulnerables, el mapa resumen refleja gráficamente un riesgo con su binomio impacto-probabilidad.

El valor del impacto de un evento adverso sobre un grupo de activos se puede calcular sumando todos los valores de los impactos de ese evento sobre los activos, pero ponderándolos según las probabilidades de ocurrencia del evento para cada activo:

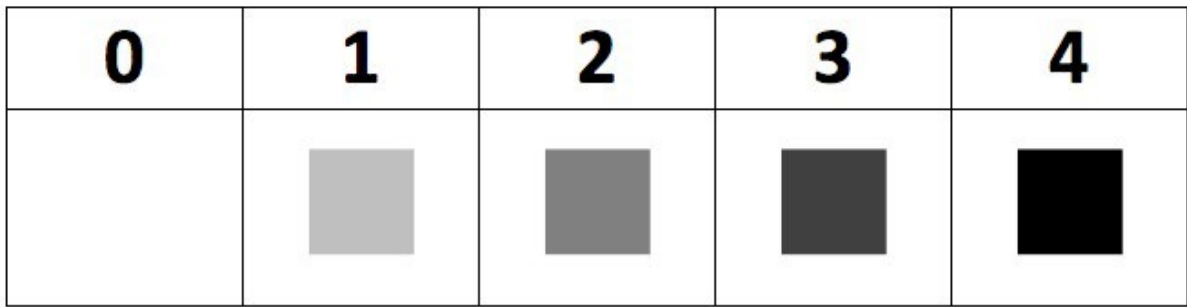


Figura 9. Tonos de gris para representar probabilidades de ocurrencia. Fuente: Elaboración del autor.

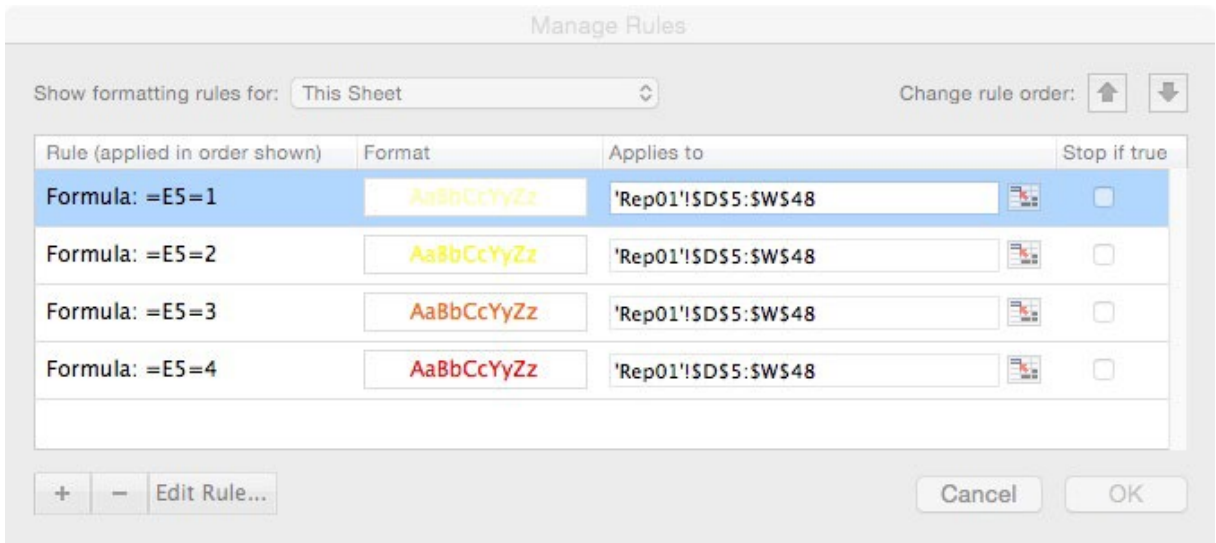


Figura 10. Automatización de colores con formatos condicionados en MS Excel. Fuente: Elaboración del autor.

Group	TOTAL	Evento Adverso A	Evento Adverso B	Evento Adverso C	Evento Adverso D
Grupo Activos 01					
Grupo Activos 02					
Grupo Activos 03					
Grupo Activos 04					

Figura 11. Ejemplo de matriz resumen de riesgos. Fuente: Elaboración del autor.

El valor de la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso sobre un grupo de activos se puede calcular sumando todos los valores de las probabilidades de ocurrencia de ese evento sobre los activos, pero ponderándolos según los valores de impacto del evento para cada activo:

La matriz resumen de riesgos es especialmente útil, no solo para presentar conclusiones, sino también para validar la coherencia de los resultados obtenidos en la matriz de riesgos de detalles. Se presenta un ejemplo genérico en la Figura 11.

Análisis, propuestas de mejora y conclusiones

Los mapas de riesgos deben ser la base fundamental para el análisis y las discusiones en profundidad de todos y cada uno de los riesgos identificados y valorados.

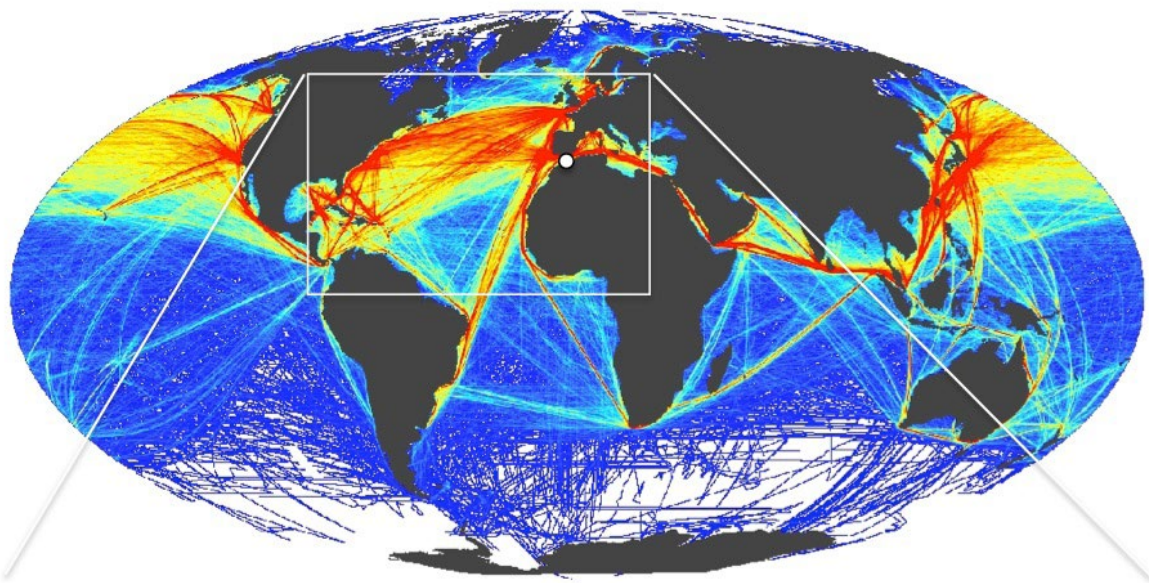


Figura 12. Tráfico marítimo mundial y puerto de Melilla (parte I). Fuente: Elaboración del autor a partir de información de www.seaweb.org.

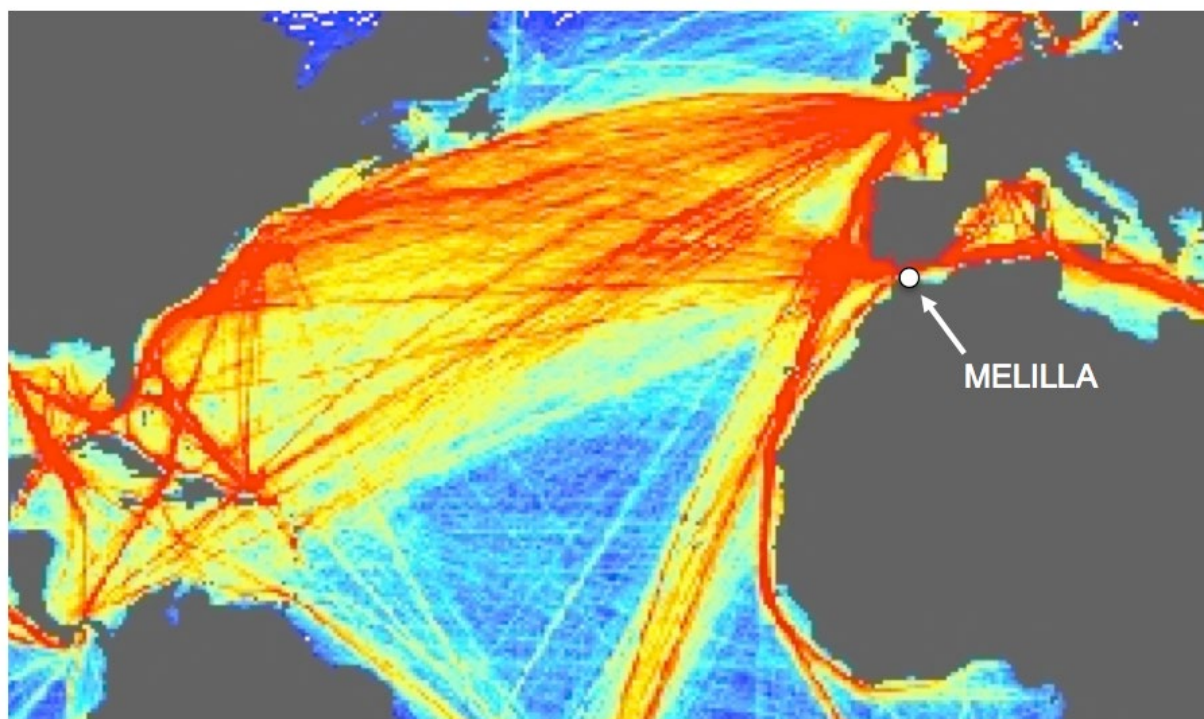


Figura 13. Tráfico marítimo mundial y puerto de Melilla (parte II). Fuente: Elaboración del autor a partir de información de www.seaweb.org.

Producto clave de la labor de análisis, a realizar por los pertinentes equipos de expertos o dirigentes del centro de gestión estudiado, indudablemente tendrá que ser la elaboración de una serie de propuestas de mejora para la eliminación o mitigación (del impacto y la probabilidad) de cada riesgo.

Adicionalmente será siempre conveniente resumir en una serie de conclusiones las estrategias o conjuntos de medidas a tomar para reducir la vulnerabilidad de la unidad de gestión.



Figura 14. Vista aérea de los puertos de Melilla y de Beni Ansar (norte y sur de la línea roja respectivamente).
Fuente: Google Earth.

Ejemplo de aplicación

La sección del análisis gráfico de la metodología definida se aplica a un estudio de riesgos fundamentales sobre las infraestructuras componentes de un puerto. Se escoge como ejemplo el análisis realizado por un equipo de la Universidad Politécnica de Madrid sobre los riesgos del puerto de Melilla, infraestructura que resulta especialmente interesante dada su singular posición geoestratégica, su elevado y complejo flujo de mercancías, personas y vehículos y su supuesto alto grado de vulnerabilidad ante potenciales eventos adversos.

Introducción al puerto de Melilla

El puerto español de Melilla está localizado en el extremo oriental del estrecho de Gibraltar, punto neurálgico para la canalización de importantes flujos comerciales con origen o destino África Occidental, Europa del Norte y las Américas (ver Figuras 12 y 13). Se sitúa en la ciudad autónoma de Melilla, plaza controvertida porque la soberanía de España sobre ella no es reconocida por Marruecos, país que geográficamente la rodea. Adyacente al puerto español de Melilla se encuentra el puerto marroquí de Beni Ansar, siendo mínimo el nivel de cooperación entre ambos (ver Figura 14). El tráfico anual de mercancías ha crecido significativamente en las tres últimas décadas y actualmente se cifra en aproximadamente 1 millón de toneladas (ver Figura 15), volumen que, además, se espera duplicar para el año 2030 con un controvertido proyecto de ampliación para incorporar 500,000 m² de superficie adicionales ganados al mar. Estas circunstancias de importancia geoestratégica, controversia política, adyacencia de otro puerto *no amigo* y elevado potencial de crecimiento, hacen que la gestión de este puerto sea especialmente complicada y delicada, especialmente desde el punto de vista de gestión de riesgos.

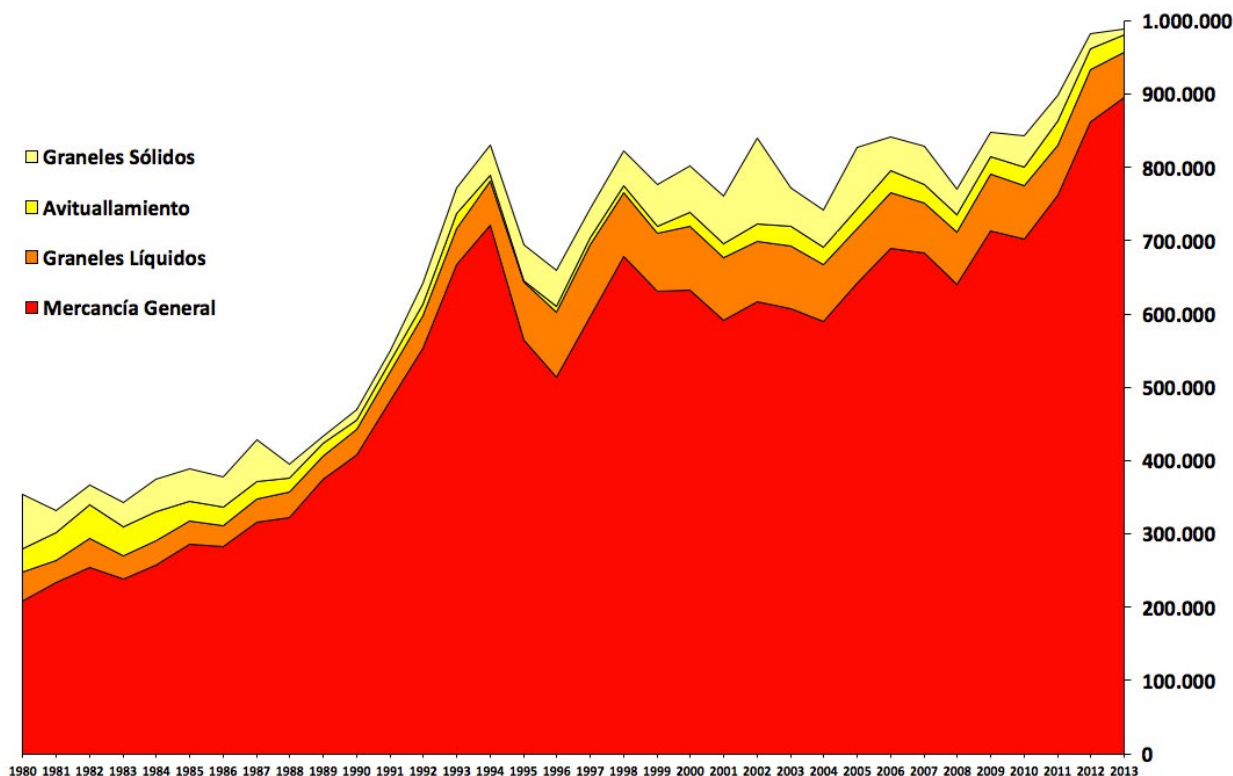


Figura 15. Evolución del tráfico del puerto de Melilla 1980-2013, ton. Fuente: Elaboración del autor.

Elaboración de la matriz de riesgos

Los datos necesarios para la elaboración de la matriz de riesgos se toman directamente de un estudio realizado por un equipo de investigación de la UPM dentro del marco del proyecto Seduce (financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial del Ministerio de Economía y Competitividad de España), cuyo objetivo fundamental es el desarrollo de nuevas tecnologías de detección de explosivos en infraestructuras públicas.

Para el almacenamiento, estructuración, procesado y representación gráfica de los datos, se hace uso de la herramienta desarrollada como parte de la metodología propuesta y presentada en este artículo.

A continuación se exponen los parámetros de configuración y los datos de la matriz de riesgos necesarios para la obtención de las representaciones gráficas finales del análisis de los riesgos asociados a las infraestructuras del puerto de Melilla. Ver Cuadros 1, 2 y 3.

Cuadro 1. Listado agrupación activos infraestructura puerto de Melilla. Fuente: Elaboración por parte del autor.

RISK GROUPS 01	
Code	Description
partmar	Parte marítima
instport	Instalaciones portuarias
otras	Otras instalaciones de interés
swyotros	Software, telefonía y red eléctrica
buques	Buques

Cuadro 2. Listado eventos adversos Puerto de Melilla. Fuente: Elaboración del autor

EVENTS	
Code	Description
cochbom	Coche bomba
ataasuic	Ataque suicida
sabot	Sabotaje
secbar	Secuestro barco

Cuadro 3. Datos matriz riesgos puerto de Melilla. Fuente: Elaboración del autor

RISKS MATRIX DATABASE		Evento1		Evento2		Evento3		Evento4	
EventId		cochbom		ataasuic		sabot		secbar	
Groupo1Id	Item Description	Imp	Prob	Imp	Prob	Imp	Prob	Imp	Prob
buques	Buques de actividad interna	2	2	2	4	3	3	4	3
buques	Buques mercantes pasajeros	3	4	4	4	3	3	4	4
buques	Buques mercantes mercancías	3	4	4	4	3	3	4	4
buques	Buques militares	2	3	2	4	3	4	4	4
instport	Aparcamiento de camiones	2	2	2	2	3	3	0	0
instport	Club náutico	4	4	4	4	4	3	4	4
instport	Diques	2	2	4	3	3	3	4	4
instport	Estación marítima	4	4	4	4	4	4	0	0
instport	Estaciones de servicio (combustible) Marítima	3	3	2	3	4	4	0	0
instport	Estaciones de servicio (combustible) Terrestre	4	3	4	3	4	4	0	0
instport	Faros	2	2	2	3	3	3	0	0
instport	Grúas y equipos de manipulación	2	3	2	3	3	3	0	0
instport	Infraestructuras terrestres portuarias	2	3	2	2	4	3	0	0
instport	Muelles	2	2	2	2	2	3	4	4
instport	Playa de contenedores	2	2	2	3	4	3	0	0
otras	Aeropuerto	4	3	4	3	4	3	0	0
otras	Central eléctrica	4	4	4	4	4	4	0	0
otras	Concesionarias de hidrocarburos	4	4	4	4	4	4	0	0
otras	Frontera	1	1	1	1	2	2	0	0
partmar	Balizas	0	0	0	0	4	3	0	0
partmar	Bocana	3	4	1	2	2	4	4	4
partmar	Espejo de agua	2	4	0	0	2	4	4	4
partmar	Playas	3	3	3	2	2	3	0	0
swyotros	Instalaciones de sist. de datos y telefonía	4	4	3	4	4	4	0	0
swyotros	Instalaciones eléctricas	4	4	3	4	4	4	0	0

Group	Infrastructure	Coche Bomba	Ataque Suicida	Sabotaje	Secuestro Barco
Buques	Buques de actividad interna	■	■	■	■
	Buques mercantes Pasajeros	■	■	■	■
	Buques mercantes Mercancías	■	■	■	■
	Buques militares	■	■	■	■
Instalaciones Portuarias	Aparcamiento de camiones	■	■	■	
	Club Náutico	■	■	■	■
	Diques	■	■	■	■
	Estación marítima	■	■	■	
	Estaciones de servicio (combustible) Marítima	■	■	■	
	Estaciones de servicio (combustible) Terrestre	■	■	■	
	Faros	■	■	■	
	Grúas y equipos de manipulación	■	■	■	
	Infraestructuras terrestres portuarias	■	■	■	
	Muelles	■	■	■	■
	Playa de contenedores	■	■	■	

Figura 16. Matriz de riesgos del puerto de Melilla, parte I. Fuente: Elaboración por parte del autor.

Representación gráfica de la matriz de riesgos

El sistema empleado ofrece información tabulada, tanto numérica como gráfica, fácilmente manejable y adaptable a diferentes fines. A continuación se presenta el reporte fundamental del análisis de la matriz de riesgos, entendida esta como la estructura de asociaciones entre ocurrencias de eventos adversos y componentes de la infraestructura crítica bajo estudio.

Los niveles de impacto se representan con rectángulos de diferentes tamaños y la probabilidad de ocurrencia con diferentes tonalidades de color (desde rojo fuerte, si es altamente probable, hasta amarillo muy pálido, si es lo menos probable) o escala de grises (desde negro, si es altamente probable, hasta gris muy pálido si es lo menos probable). Ver Figuras 16 y 17.

Representación gráfica de la matriz resumen de riesgos

La herramienta también genera de forma automática una matriz gráfica que resume y sintetiza el conjunto de todos los riesgos mediante el cálculo de los impactos medios (ponderados según sus probabilidades de ocurrencia) y las probabilidades de ocurrencia medias (ponderadas según los impactos). Ver Figura 18.

Las matrices gráficas de riesgos aplicadas a estos datos de estudio de riesgos sobre el puerto de Melilla muestran sus resultados de una manera muy clara, permitiendo al lector una rápida evaluación de los mismos, sea para aceptarlos y considerarlos, o para

Group	Infrastructure	Coche Bomba	Ataque Suicida	Sabotaje	Secuestro Barco
Otras Instalaciones de Interés	Aeropuerto	■	■	■	
	Central Eléctrica	■	■	■	
	Concesionarias de hidrocarburos	■	■	■	
	Frontera	●	●	■	
Parte Marítima	Balizas			■	
	Bocana	■	●	■	■
	Espejo de agua	■		■	■
	Playas	■	■	■	
Software, Telefonía y Red Eléctrica	Instalaciones de Sist. de Datos y Telefonía	■	■	■	
	Instalaciones eléctricas	■	■	■	

Figura 17. Matriz de riesgos del Puerto de Melilla, parte II. Fuente: Elaboración por parte del autor.

Group	TOTAL	Coche Bomba	Ataque Suicida	Sabotaje	Secuestro Barco
Parte Marítima	■	■	■	■	■
Instalaciones Portuarias	■	■	■	■	■
Otras Instalaciones de Interés	■	■	■	■	
Software, Telefonía y Red Eléctrica	■	■	■	■	
Buques	■	■	■	■	■

Figura 18. Matriz resumen de riesgos del puerto de Melilla. Fuente: Elaboración del autor.

criticarlos, discutirlos y complementarlos o mejorarlos. En el caso concreto expuesto, se puede observar por ejemplo que, probablemente por razones de corrección diplomática, se ha omitido el riesgo de simple entrada/salida de terroristas, así como todos aquellos riesgos potencialmente asociados al conflicto político sobre la soberanía de Melilla y, más específicamente, a los posibles eventos adversos consecuencia de la falta de cooperación operativa entre los dos puertos adyacentes.

Conclusión

En este trabajo se ha presentado una metodología que, en conjunción con un sistema informático desarrollado sobre un software estándar de hoja de cálculo, ofrece un recurso sencillo y sólido para llevar a cabo un análisis primario de riesgos y de calidad sobre cualquier unidad de gestión. La viabilidad y efectividad visual del sistema se ha probado con éxito aplicándolo al caso de un estudio sobre la gestión básica de riesgos sobre activos de unas instalaciones portuarias reales.

La identificación y evaluación regular de riesgos es esencial para cualquier gestor de una unidad de negocio, logística o de operación, independientemente del tamaño o criticidad de los activos bajo su responsabilidad y de su nivel jerárquico dentro de la organización. Los procesos de gestión de riesgos deben además ser realizados de forma regular, idealmente al menos con frecuencia trimestral. Para ello resulta crucial contar con metodologías que faciliten el crítico proceso de identificación y valoración de riesgos, así como su síntesis y presentación gráfica automáticas.

Las ventajas del método descrito, explicado y probado en este artículo, se pueden sintetizar en las siguientes:

- » la sencillez y facilidad de su uso
- » la flexibilidad de adaptación a cualquier caso de gestión de riesgos sobre activos
- » la efectividad y el impacto visual de su sistema de representación, tabular y gráfico al mismo tiempo, del mapa de riesgos.

Las bondades anteriores convierten esta metodología en un valioso recurso para cualquier individuo o entidad responsable de la gestión u operación de un conjunto de activos susceptibles de sufrir adversidades que puedan producir daño o destrucción de valor en perjuicio de sus propietarios, de sus usuarios, de sus operarios o de terceros potencialmente implicados. Gracias a ella la seguridad de los activos y las personas puede mejorar significativamente con la explotación de esa información de riesgos gráfica, eficiente y estructurada que indudablemente nos ayudará a alcanzar el objetivo último de eliminar, o al menos mitigar todo lo posible, los innumerables peligros que, mayores o menores, o más o menos probables, siempre nos acechan.

Reconocimientos

Un punto de partida importante para el diseño de la metodología propuesta ha sido el método de evaluación de riesgos desarrollado por los doctores ingenieros de la Universidad Politécnica de Madrid, Nicoletta González Cancelas y Alberto Camarero para el análisis de la seguridad de infraestructuras portuarias, específicamente aplicada al puerto de Manta, Ecuador, en el trabajo de formación investigadora de la ingeniero Mariela Jahaira Macías.

Bibliografía

- » ALENCAR, Paulo S.C., BORITZ, J. Efrim & CARNAGHAN, Carla. (2014) Business modeling to improve auditor risk assessment: An investigation of alternative representations. *Journal of Information Systems*, vol. 28 nº 2, pp. 231-256.
- » ALISES, Ana, MOLINA, Rafael, GÓMEZ, Rebeca, PERY, Pascual & CASTILLO, Carmen. (2014) Overtopping hazards to port activities: Application of a new methodology to risk management (Port Risk Management Tool). *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 123, pp. 8-20.
- » AVEN, Terje. (2013) Practical implications of the new risk perspectives. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 115, pp. 136-145.
- » AVEN, Terje. & KROHN, Bodil S. (2014) A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 121, pp. 1-10.
- » BURRIEL LLUNA, Germán. (1997) *Sistema de gestión de riesgos laborales e industriales*. Madrid: Fundación MAPFRE.
- » CASAL, Joaquim, MONTIEL, Helena, PLANAS, Eulàlia, RODRÍGUEZ, Sergi & VILCHEZ, Juan A. (1999) Análisis del riesgo en instalaciones industriales. *Barcelona: Edicions Universitat Politecnica de Catalunya..*
- » FAZ, David Romero & CAMARERO-ORIVE, Alberto (2014) Revisión del estado del arte de la evaluación de riesgos en instalaciones portuarias. *Ciencia e Ingeniería*, vol. 35 nº 2, pp. 85-94.
- » CASPARRI, María Teresa. (2005) La Teoría de los eventos extremos, aplicación para evaluación de riesgos.
- » HAUGEN, Stein. & VINNEM, Jann Erik. (2015) Perspectives on risk and the unforeseen. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 137, pp. 1-5.
- » KIRSCH, Philipp, HARRIS, Jill, SPROTT, Darren & CALDERÓN, Ángela. (2014) RISKGATE y operaciones en minas de carbón en Australia. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, vol. 60 nº 235, pp. 290-303.
- » MEYER, Michael D. (2010) Transportation system as a security challenge. *Handbook of Science and Technology for Homeland Security*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- » PASQUINI, Alberto, POZZI, Simone & SAVE, Luca. (2011) A critical view of severity classification in risk assessment methods. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 96 nº 1, pp. 53-63.
- » RENN, Ortwin. (1998) The role of risk perception for risk management. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 59 nº 1, pp. 49-62.
- » SALDAÑA, Miguel Ángel M., DEL CAMPO, Miguel Ángel M., HERRERO, Susana G. & ARNÁIZ, Juan Manuel V. (2001) Investigación Conjunta de Accidentes, Incidentes y Riesgos. En *IV Congreso de Ingeniería de Organización: Sevilla, 13-14 de Septiembre de 2001*.
- » SOARES, Carlos Guedes & TEIXEIRA, A. P. (2001) Risk assessment in maritime transportation. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 74 nº 3, pp. 299-309.
- » SOLER FLORES, Francisco. (2014) Estimación de sucesos poco probables

mediante redes bayesianas.

- » STÖSSEL, Remo & MEIER, Anna. (2015) Framing Effects and Risk Perception: Testing Graphical Representations of Risk for the KIID. Available at SSRN 2606615.
- » TALEB, Nassim Nicholas. (2010) *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable Fragility*. Random House.
- » YANG, Zaili, NG, Adolf K. Y. & WANG, Jin. (2013) Prioritising security vulnerabilities in ports. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, vol. 5 nº 6, pp. 622-636.

Daniel Sáenz-Löbsack / d.saenzl@alumnos.upm.es

Emprendedor y ejecutivo internacional con más de 20 años de experiencia profesional, gran parte de ellos como gerente general (CEO) y líder de negocios industriales en diversos países de Europa (España, Francia, Alemania), Asia (Malasia y Bangladesh) y Sudamérica (Perú y Bolivia). Master en Administración de Negocios (MBA) por la escuela de negocios de INSEAD (Fontainebleau, Francia). Ingeniero Técnico Industrial Superior por el ICAI, Universidad Pontificia de Comillas (Madrid, España).

Alberto Camarero-Orive / alberto.camarerao@upm.es

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Civil, Transporte y Territorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor del Programa de Doctorado “Ingeniería e Infraestructura de los transportes”. Licenciado en Economía y en Administración y Dirección de Empresas (Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de la Universidad Carlos III de Madrid).

Nicoletta González-Cancelas / nicoleta.gcancelas@upm.es

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Ayudante Doctor del Departamento de Ingeniería Civil, Transporte y Territorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Es especialista en Logística y transporte. Pertenece al Grupo de Investigación reconocido de la Universidad Politécnica de Madrid Grupo de Investigación Logística y Explotación del Transporte y Gestión Operativa Let&Go.