

¿UNA CUESTIÓN PENDIENTE?

JORDI SANS I PINYOL

Ingeniero industrial, inspector del Cuerpo de Bomberos de la Generalitat, profesor asociado de la UPC. Área de Investigación, Conocimientos y Relaciones Exteriores del Instituto de Seguridad Pública de Cataluña

POUYA AGHAEBRAHIMI SAMANI

Máster en ingeniería de producción de la Universidad Chalmers de Tecnología (Suecia)

En este artículo se exponen algunas cuestiones generales sobre la ordenación del territorio con relación a los riesgos. Se presenta también una recopilación de casos graves y recientes nos ayuda a recordar qué ha pasado y, por tanto, puede volver a pasar.

La Unión Europea hace tiempo que gestiona esta materia. Es interesante, pues, ver cómo gestionan la cuestión los diferentes Estados miembros. Se revisan de forma sintética algunos de los modelos existentes hoy en día. Las conclusiones finales nos llevan a pensar que la temática aún no está solucionada y que las amenazas terroristas pueden incrementar la capacidad potencial de hacer daño que aportan los riesgos tecnológicos.

Finalmente se propone elaborar un índice que tenga en cuenta no solo el daño ocasionado por los accidentes, sino también los daños intencionados, para poder cuantificar la vulnerabilidad, por ejemplo, de las infraestructuras críticas.

This article focus on general matters about the Land Used Planning related to risks. This article also introduces a compilation of major and recent cases helps us to remember what has happened, and therefore what can happen again.

The European Union has been dealing with this matter for many years. It is therefore interesting to see how the different member states handle this matter. The article reviews briefly some of the existing methodologies.

The final conclusions lead us to believe the issue is not yet solved and that terrorist threats can be powered up by the damage capacity of natural and technological risks.

Finally it proposes to create an index taking into account not only the damage caused by accidents, but also by intended attacks in order to quantify the vulnerability of, for example, critical infrastructures.

1. INTRODUCCIÓN

La consideración del vector riesgo como un elemento más a tener en cuenta en la planificación del uso del territorio es un tema iniciado jurídicamente, pero aún no implementado de una forma estable y sostenible en el mundo real. Los intereses económicos en juego a nivel local superan los intentos de la UE y de los Estados miembros de condicionar los usos del territorio al valor de los riesgos existentes, y como consecuencia también la eficacia de los mecanismos jurídicos y administrativos que se han puesto en marcha para alcanzar estos objetivos.

El riesgo, entendido como parámetro global, es un factor más a tener en cuenta en el diseño de las ciudades, así como de las zonas rurales.

Para planificar a largo plazo el territorio en función de los diversos riesgos presentes existe una visión social, antropológica, geográfica y probabilística del tema. También un discurso coste / beneficio nada obvio, donde el beneficiario debe ser siempre el interés general de nuestra sociedad.

Los riesgos que consideramos, básicamente a la hora de planificar, son los clásicos: tecnológicos y naturales; es decir, los causados por la acción de la humanidad y los inherentes a la naturaleza. Añadimos también, implícitamente, el riesgo de atentado terrorista que puede usar las sustancias peligrosas (*hazmat*)¹ presentes en las llamadas infraestructuras críticas, otras industrias, almacenes y transporte, como un elemento multiplicador de los resultados que persiguen.

De esta manera, se unen los conceptos de *safety* y *security*.² Si bien en la metodología de *safety* el máximo accidente posible (creíble) queda definido por el valor de la probabilidad de ocurrencia, a la hora de afrontar un escenario de *security* como, por ejemplo, un atentado terrorista, los parámetros varían y se tiene en cuenta no solo lo probable sino también lo posible. En estos casos, la metodología de cálculo es la misma, solo hay que añadir sucesos iniciadores adicionales. O, en otras palabras, en un estudio de *security* se considerarán lógicamente los escenarios de *safety*, además de otros, probablemente peores.

Para contextualizar los riesgos y los efectos de su materialización, se presenta una recopilación de los accidentes recientes más importantes como recordatorio de lo que ya ha pasado, pero que puede volver a suceder.

Los efectos de un accidente de gran magnitud provocan una respuesta pública, tanto de protesta social por la envergadura de los efectos sobre la población, como de respuesta de las autoridades públicas para tomar medidas de prevención, regulación e inspección para evitar otra catástrofe. De esta manera, a continuación, se presenta una síntesis del enfoque que se hace de la gestión de los riesgos en las instituciones de la UE.

La gestión de los riesgos tecnológicos es en Europa una de las más desarrolladas, sobre todo desde la óptica del accidente grave, con metodologías determinísticas, probabilísticas o una mezcla de ambas.

Básicamente, se pretende evaluar el riesgo a partir de la probabilidad de ocurrencia de un accidente, del que se pueden calcular numéricamente las consecuencias (magnitudes físicas y químicas), que son las solicitaciones que reciben los elementos vulnerables. El resultado de estos cálculos son los daños que podemos esperar.

A continuación, teniendo en cuenta que no hay una política europea común en esta materia, se mostrará de qué manera países como Francia, Alemania, Italia, los Países Bajos y el Reino Unido adaptan las directivas europeas y cómo abordan la gestión y la prevención los riesgos en sus territorios respectivos.

1. Abreviatura del término inglés *hazardous materials* (materiales peligrosos).

2. En inglés, la *safety* se refiere a la seguridad física ante peligros, riesgos o accidentes; la *security* hace referencia a la seguridad ante actos ilícitos.

Finalmente, se ofrece una visión general de la cuestión en la Unión Europea y unas conclusiones.

2. MUESTRA DE CASOS

Históricamente se han producido varios accidentes industriales. Estos accidentes varían desde simples incidentes debido a la negligencia de un trabajador, hasta accidentes como el de Bhopal, que tuvo consecuencias trágicas. En este artículo, se tratarán cuatro accidentes industriales:

- 1) Bhopal, India
- 2) Buncefield, Reino Unido
- 3) Enschede, Países Bajos
- 4) Toulouse AZF, Francia

2.1 BHOPAL

A las 12:45 PM del 3 de diciembre de 1984, en la fábrica de pesticidas Union Carbide India Limited (UCIL) en Bhopal, India, se produjo la fuga de 41 toneladas de isocianato de metilo (MIC), un gas mortal, provocando lo que se considera como el peor accidente industrial de la historia. Ninguno de los seis sistemas de seguridad diseñados para contener la fuga estaba en funcionamiento, esto permitió que el gas se extendiera por toda la ciudad de Bhopal. Medio millón de personas estuvieron expuestas al gas aquella noche y se cree que de 8.000 a 10.000 personas murieron durante las primeras 72 horas. Se calcula que unas 25.000 personas murieron como consecuencia de la exposición al MIC. Hoy en día, más de 120.000 personas siguen sufriendo enfermedades causadas directamente por la exposición al MIC o por la contaminación causada por la industria UCIL. Aunque la producción de plaguicidas en la planta se detuvo después de la catástrofe en 1984, la industria no se desmanteló nunca y la zona no se ha descontaminado debidamente.³

En la empresa UCIL, el MIC se almacenaba en depósitos de acero para la fabricación de los plaguicidas carbamatos. El desastre fue causado por la entrada de agua en el tanque N ° 610, que contenía MIC. La reacción exotérmica entre el agua y el MIC transformó el líquido en vapor, generando calor y presión suficientes para resquebrajar el dispositivo de ventilación. El vapor de MIC se dispersó por la atmósfera, y, debido a que es un gas más denso que el aire, descendió en las zonas con una cota de altura más baja, y en las más densamente pobladas. Las personas se despertaron debido a una sensación de asfixia e irritación ocular. Desgraciadamente, la mayor parte de las imágenes de este desastre son demasia-

3. Para más información, consultar: Sambhavna Clínica Fiduciari, 2009; Willey *et al.*, 2005; Bisarya y Puri, 2005; o visitar <<http://bhopal.org>>.

do desagradables como para adjuntar la foto. La imagen 1 muestra algunas de las víctimas que perdieron la vista debido a la tragedia de Bhopal.



Imagen 1. Víctimas que perdieron la vista en el accidente de la fábrica de Union Carbide (*The Boston Globe*, 2009).

En la planta de Bhopal UCC ya se habían producido numerosos accidentes antes de la tragedia de 1984. Fueron señales de alerta que se ignoraron. Durante los cuatro años anteriores a 1984 se produjeron al menos seis accidentes graves, incluyendo uno en 1982 que tuvo como consecuencia la muerte de un trabajador. El resto del personal no ignoró los hechos, y se publicaron una serie de artículos en la prensa local advirtiendo de la catástrofe inminente. Sin embargo, ni la dirección ni las autoridades civiles tomaron medidas para analizar la situación y para evitar futuros accidentes.

El legado de Bhopal dejó huella no sólo en el marco político, sino también en aspectos como las prácticas recomendadas y directrices de operación desarrolladas por las asociaciones industriales y las organizaciones profesionales. Posteriormente al accidente de Bhopal, se iniciaron una serie de actuaciones legislativas y de reglamentación para implementar un sistema nacional que prevenga este tipo de incidentes. El primer paso fue la Ley de Protección Ambiental de 1986, con el objetivo de proteger el medio ambiente mediante la prevención de accidentes graves. La Ley permite actuar activamente en caso de que una instalación sea responsable de cualquier violación de la ley. En 1980, el programa, conocido como

Responsible Care, se expandió por todo el mundo y se desarrolló en Canadá por la Canadian Chemical Producers Association (CCPA). Los Estados Unidos lo introdujeron mediante la American Chemistry Council (ACC) ocho años después de que el incidente de Bhopal despertara la conciencia pública sobre el posible impacto de la industria química en el medio ambiente y en las comunidades vecinas (Sam Brollen *et al.*, 2005).

2.2 BUNCEFIELD

El domingo 11 de diciembre de 2005, alrededor de las 06.00 horas, se produjeron una serie de explosiones en la zona de almacenamiento de petróleo de Buncefield en Hemel Hempstead, Hertfordshire, Reino Unido. Una de las explosiones iniciales fue de proporciones masivas y provocó un gran incendio que quemó más de veinte tanques de almacenamiento de combustible. Debido al accidente, resultaron heridas cuarenta y tres personas, ninguna de gravedad. No hubo víctimas mortales. Se produjeron daños importantes en las instalaciones comerciales y residenciales de los alrededores y gran parte de la zona de los alrededores de los depósitos se tuvo que evacuar mediante los servicios de emergencia. Cerca de dos mil personas fueron evacuadas. Los daños totales se cuantificaron en 1,5 billones de dólares.

El fuego ardió durante varios días, destruyendo la mayor parte de las instalaciones y emitiendo grandes nubes de humo negro en la atmósfera, los gases se dispersaron hacia el sur de Inglaterra y otras zonas. Para controlar el fuego, se



Imagen 2. Instalación de Buncefield el día en que se inició el incendio.



Imagen 3. Zona afectada de Buncefield.

utilizaron grandes cantidades de espuma y agua, aun a riesgo de contaminar los cursos de agua subterráneos y el suelo. Los servicios de emergencia (principalmente el Servicio de Incendios y Salvamento y la Policía) lideraron la respuesta inicial al incidente y las consecuencias posteriores. El incidente también ocasionó daños a viviendas cercanas, algunas casas sufrieron daños estructurales significativos y varias familias tuvieron que alojarse en otros lugares de forma temporal mientras se reparaban sus casas. Al menos trescientas casas sufrieron daños menores (Buncefield Major..., 2008).

Una explosión se puede producir cuando una nube de gas se enciende dentro de un volumen reducido, como un edificio. A medida que la llama se propaga a través de la nube de gas, se producen reacciones exotérmicas que crean residuos derivados de la combustión. El confinamiento impide la expansión de estos residuos de la combustión y, en consecuencia, la presión aumenta. En general, esto continúa hasta que la estructura cede, en algunos casos de forma catastrófica. Este mecanismo no explica el tipo de explosión que se produjo en Buncefield ya que la nube de gas inflamable no estaba confinado. Se sabe que se produjeron dos «explosiones confinadas», pero estos sucesos por sí solos no justifican las dimensiones de la explosión masiva.

Hay dos formas conocidas de provocar una explosión con una nube de gas relativamente dispersa. Una de ellas es la deflagración. Es decir, cuando la llama se acelera a gran velocidad, lo que requiere un mecanismo para generar la aceleración de la llama. Se ha demostrado en experimentos a gran escala que es posible mediante las turbulencias generadas por la propagación de la llama a través de las tuberías típicas de una planta de proceso. En el caso de Buncefield, esta

congestión de tuberías no estaba presente de forma bastante significativa y menos aun en las zonas donde la explosión provocó altas presiones. Es posible que los árboles y las malas hierbas presentes a lo largo de ambos lados de la instalación de Buncefield actuaran como aceleradores de las llamas de una manera similar a las zonas de las plantas de proceso congestionadas por tuberías. La segunda forma es una detonación que, por sus características, puede ser mucho más destructiva. Puede surgir de la fusión de una fuerte onda expansiva y una reacción química de alta velocidad. Estos dos fenómenos unidos pueden provocar una propagación más rápida que la velocidad del sonido y producir sobrepresiones en la parte delantera superiores a los 10 bares. También puede surgir de las altas temperaturas y la presión generadas por una deflagración muy rápida u onda expansiva combinada con una mezcla muy reactiva que se propaga de forma muy focalizada. Una posibilidad que se consideró es que la detonación se iniciara debido a la ventilación provocada por una de las explosiones confinadas. Pero en Buncefield tampoco había pruebas claras de que se produjeran detonaciones localizadas (Johnson, 2010).

2.3 ENSCHEDE

El sábado 13 de mayo de 2000, por la tarde, se produjo un accidente grave en una fábrica de fuegos artificiales en la ciudad holandesa de Enschede (150.000 habitantes) provocando la destrucción de todo un barrio. El incidente generalmente se conoce como el desastre de la fábrica SE-Fireworks en Enschede, debido al nombre de la empresa de fuegos artificiales: SE-Fireworks. Cambió la vida de más de dos mil personas que vivían en la zona del desastre, que ocupa aproximadamente dos kilómetros cuadrados de la ciudad.

El incidente comenzó con un pequeño incendio dentro de las instalaciones de la SE-Fireworks Company, que dio lugar a una serie de explosiones que provocaron una explosión de gran potencia. Las primeras explosiones de los fuegos artificiales atrajeron a un número elevado de público en las calles de la ciudad. Esta fue, más tarde, la causa de algunas muertes adicionales debidas a la curiosidad de la población, pero al mismo tiempo, salvó la vida de las personas que de otra manera hubieran muerto bajo los edificios derrumbados por la explosión final. En total murieron 22 personas, más de 960 resultaron heridas y más de 600 casas, 40 tiendas y 60 fábricas de pequeño tamaño se derrumbaron, quemaron o simplemente desplazaron por la gran explosión. El coste de los daños se estima que fue superior a medio billón de euros.

Poco después del desastre, el gobierno nacional, junto con el de la provincia de Overijssel y el municipio de Enschede, se comprometieron a iniciar una investigación independiente. El informe final de esta comisión se publicó en febrero de 2001 y concluyó que la empresa, el gobierno local de Enschede y el gobierno nacional fueron todos responsables y que los dispositivos de protección contra el accidente no funcionaron. La imagen 4 muestra el desastre y sus efectos.

La comisión se dio cuenta de que la empresa almacenaba más material pirotécnico del que tenía autorizado. Por otro lado, la mayor parte del material era



Imagen 4. Vista de la catástrofe de Enschede.

de una clase muy superior a la que permitían las normas ambientales vigentes. La comisión también criticó la administración municipal encargada de la ordenación del territorio por su gestión inadecuada y por la ausencia de seguimiento con los proyectos nuevos propuestos. La empresa había hecho ampliaciones sin licencia de obras. El plan sobre el uso del territorio de 1986 y el de 1996 en Enschede Norte no permitían a la compañía expandirse.

El desastre de Enschede estimuló el debate público sobre la prevención de desastres y la necesidad de aplicar de forma efectiva normas sobre incendios y seguridad. Muchos municipios y provincias comenzaron a registrar las instalaciones que contenían sustancias peligrosas y anunciaron iniciativas para intensificar las inspecciones de las industrias peligrosas. Se detectó la necesidad de establecer planes municipales de control de desastres y se iniciaron investigaciones sobre el emplazamiento de almacenes que contenían material pirotécnico y otras sustancias potencialmente peligrosas cerca de las zonas urbanas. También se hizo una revisión de las funciones y responsabilidades de las diferentes autoridades y organismos de asesoramiento competentes en la materia de la concesión de licencias ambientales.

Los gobiernos locales, tras la catástrofe de Enschede, anunciaron que las compañías, especialmente las que tienen instalaciones industriales o manipulan sustancias peligrosas, estarían sometidas a un control más estricto y a una legislación más severa. El gobierno nacional, por otra parte, también creó un nuevo decre-

to para regular aspectos sobre la importación, almacenamiento, producción y comercialización de material pirotécnico. Este decreto también estipulaba que la distancia entre las zonas residenciales y recreativas y los almacenes de pirotecnia debía ser como mínimo de 800 metros. Esta zona de seguridad debía proporcionar una protección considerable. En julio de 2002 se tomó la decisión de concentrar el almacenamiento del material pirotécnico en sólo dos zonas: una al norte y otra al sur del país (Voogd, 2004).

2.4 EXPLOSIÓN DE AZF EN TOULOUSE

A las 10:15 am del 21 de septiembre de 2001, se produjo una enorme explosión en la fábrica de fertilizantes de la empresa Grande Paroisse, situada a unos 3 km de la ciudad de Toulouse, en Francia. La explosión se midió en la escala de Richter con 3,4 grados y dejó un cráter de 65 m x 54 m x 8 m. Murieron 31 personas (21 personas dentro de la fábrica y 10 personas en el exterior) y causó 3.000 heridos. La explosión destruyó las tiendas, las ventanas de los coches, y arrancó las puertas de las bisagras en el centro de la ciudad. Más de 500 casas quedaron inhabitables. Los daños generales se estimaron en tres billones de dólares.

Se han llevado a cabo diversas investigaciones por parte de las diferentes autoridades. Sin embargo, todavía hay controversia entre la justicia, la empresa y los medios de comunicación sobre las causas directas de la explosión. Las investigaciones sobre la explosión de Toulouse pusieron de manifiesto que su origen no



Imagen 5. Vista de la planta química AZF después de la explosión (Taveau, 2010).



Imagen 6. Estado de la empresa AZF y la ciudad vecina de Toulouse.

fue ni el fuego ni una primera explosión seguida de la gran explosión final. Los estudios se centraron en revisar el nivel de contaminación en la descomposición del nitrato de amonio y, en particular, la incompatibilidad química. Se pueden producir reacciones peligrosas en nitrato de amonio y productos como: compuestos halogenados (especialmente si contienen cloro); combustibles o materiales orgánicos y metales especialmente en contacto con nitrato de amonio fundido. (Dechy *et al.*, 2004).

Este accidente destapó algunas deficiencias en la ordenación del territorio (la proximidad de las viviendas y la falta de comunicación con los habitantes) y en el control de los riesgos (escenario de accidente no tenido en cuenta en el informe de seguridad, gestión ineficaz los subcontratistas). A raíz de este desastre, los documentos sobre planificación del uso del suelo y análisis de riesgos en los informes de seguridad se revisaron por completo. Antes de 2003, sólo los escenarios más graves se estudiaban sin hacer evaluación cuantificada de la probabilidad. El 30 de julio de 2003 se aprobó una nueva ley (Parlamento francés, 2003), solicitando que se investigaran todos los escenarios posibles, y que se evaluara la probabilidad de los fenómenos peligrosos resultantes, para poder demostrar un nivel aceptable de seguridad. Así pues, en la actualidad cualquier accidente se analiza desde una perspectiva global, de acuerdo con su gravedad y su probabilidad (Taveau, 2010).

Después del 21 de septiembre, 1570 bomberos y militares y 950 policías participaron en la respuesta a la emergencia y llevaron a cabo la vigilancia de las viviendas. El problema fue que llegaron sin ningún plan y que el contacto por las líneas de teléfono terrestres no era posible ya que se había destruido parcial-

mente el sistema, y la red de telefonía móvil estaba saturada. En este tipo de situaciones, la experiencia de los incendios forestales debería haber ayudado a organizar la llegada de pequeños grupos de vehículos. El plan de emergencia interior y exterior no estaba preparado para este escenario y su gravedad. La formación previa ayudó a los bomberos entre otros a tener un comportamiento adecuado. Sin embargo, los bomberos que llegaron primero no estaban protegidos con el equipo adecuado contra la nube tóxica ni con dispositivos para detectar gases tóxicos.

La tendencia de los accidentes graves, según los datos registrados en el MARS (Major Accident Reporting System) en la Unión Europea, nos dice que se producen aproximadamente de treinta a cuarenta accidentes graves al año en toda la UE. Así pues, una conclusión es que controlar los peligros de accidentes graves mediante la reducción del riesgo a la industria no es suficiente para promover un desarrollo sostenible de la industria y las zonas urbanas sin planificación territorial en las próximas décadas. Otra conclusión es que las Directivas Seveso I y II tienen sus límites y que fue una sorpresa impactante para una parte de la opinión pública, ya que tenían la creencia de vivir rodeados de un «riesgo cero». Dos semanas después de la catástrofe de Toulouse, se hicieron varias declaraciones en el Parlamento Europeo. Pidieron, en el contexto del desarrollo sostenible (seguridad, empleo y medio ambiente), una nueva gestión del riesgo.

Los productos basados en nitrato de amonio se clasificaron en Europa, de acuerdo con la Directiva Seveso II (96/82/CE), en dos categorías diferentes en función del riesgo de explosión que presentara (fertilizantes y calificaciones técnicas). La actualización de la Directiva Seveso II se modificó creando dos categorías nuevas: materiales «no especificados» (nitrato de amonio sin clasificar), teniendo en cuenta la lección aprendida en la explosión de Toulouse, y fertilizantes con base nitrato de amonio, debido a otros accidentes dentro de la UE provocados por la descomposición autoalimentada.

El accidente también demostró que la población no estaba informada de forma eficiente y las encuestas sobre la opinión pública en Toulouse confirman esa falta de transparencia en el accidente (Dechy *et al.*, 2004).

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN EN LA UE

En el entorno europeo, cualquier intento de establecer directrices sobre la planificación del uso del suelo siempre debe tener en cuenta la legislación nacional significativamente diferente que hay entre los diferentes Estados miembros y las prácticas que se utilizan (Christou *et al.*, 1999).

En los últimos diez años, a causa de la independencia de los Estados miembros en relación con la aplicación del artículo 12 de la Directiva Seveso, la mayor parte de los Estados miembros han desarrollado su propio método y procedimiento sin hacer ninguna referencia a principios básicos comunes. La cuestión del «riesgo en la ordenación del territorio» tiene, por tanto, un carácter estrictamente nacional (Prou *et al.*, 2008).

3.1 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PELIGRO O RIESGO Y LA SELECCIÓN DE LOS ESCENARIOS

Como ya hemos mencionado, cada país tiene sus propias guías sobre LUP en las proximidades a instalaciones industriales peligrosas. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado diferentes métodos y umbrales de tolerancia en los países europeos, cumpliendo con los requisitos Seveso II sobre LUP. En general, se aplican dos metodologías de evaluación de riesgos en la ordenación del territorio: una basada en las consecuencias y la otra basada en el riesgo. Se han desarrollado otros métodos, pero son una mezcla o un derivado de estos dos métodos principales (Sèus *et al.*, 2010).

En términos generales, el enfoque «basado en las consecuencias» se centra en la evaluación de las consecuencias de una serie de escenarios posibles, el enfoque «basado en el riesgo» se centra en la evaluación tanto de las consecuencias como de la probabilidad de ocurrencia de los escenarios posibles. Para una instalación determinada, el enfoque «basado en las consecuencias» mostrará el área afectada según si los daños son letales o graves como resultado del escenario evaluado, mientras que el enfoque «basado en el riesgo» mostrará una zona donde hay una probabilidad determinada de un nivel específico de daño según un gran número de escenarios de accidente posibles (Christou *et al.*, 1999).

También hay otro método común que puede ser considerado como una subcategoría del método orientado hacia las consecuencias [15] o diferenciado como un tercer enfoque, que consiste en la determinación de distancias de seguridad «genéricas» en función del tipo de actividad que se lleva a cabo, en lugar de un análisis detallado de la instalación en cuestión. Estas distancias de seguridad, en general, provienen de la opinión de expertos y se basan principalmente en razones históricas, la experiencia sobre el funcionamiento de instalaciones similares, o el impacto ambiental de la planta (Christou *et al.*, 1999).

3.1.1 Enfoque cuantitativo basado en el riesgo (orientado al riesgo)

Se han utilizado varios nombres para caracterizar el método de evaluación del riesgo implícito en este enfoque, como Probabilistic Risk Assessment (PRA), Probabilistic Safety Analysis (PSA), y Quantified Risk Assessment (QRA). El propósito aquí no es sólo evaluar la gravedad de los accidentes potenciales, sino también estimar la probabilidad de ocurrencia. En general, los métodos utilizan herramientas sofisticadas y, por tanto, más lentas y caras de usar. La crítica también ha comentado las incertidumbres que llevan asociadas, como las relacionadas con las frecuencias de ocurrencia que se asignan a algunos acontecimientos iniciadores.

En el enfoque orientado hacia el riesgo se suelen calcular dos elementos:

- a) El riesgo individual, que se define como la probabilidad de morir a causa de un accidente en la instalación y que una persona se encuentre en una zona concreta.

- b) El riesgo social (*societal risk*), definido para diferentes grupos de personas como la probabilidad de ocurrencia de un accidente que provoque una cantidad de muertos mayor o igual que una cifra concreta.

El riesgo individual suele representarse con las curvas de riesgo, mientras que las curvas de frecuencia/número de muertes (FN) son una representación del riesgo social (Christou *et al.*, 1999).

En algunas clasificaciones, también hay otro método que se llama método semi-cuantitativo, que divide los elementos principales (probabilidad de ocurrencia y consecuencias) en dos opciones diferentes de descripción, cualitativos o cuantitativos (Prou *et al.*, 2008).

3.1.2 Enfoque basado en los efectos u orientado a las consecuencias

El enfoque basado en las consecuencias (a veces se utiliza el término «enfoque determinista») evalúa las consecuencias de los accidentes posibles. Este método sólo evalúa el alcance del accidente, y no la probabilidad de su ocurrencia. La crítica del método radica en la dificultad que hay para escoger los accidentes más básicos.

Como ya hemos dicho, también hay un enfoque, que establece unas distancias de seguridad «genéricas», que se puede considerar como una sub-categoría del método orientado hacia las consecuencias, basado en el principio de que los usos del territorio no son «compatibles» entre sí y se deben separar mediante distancias de seguridad. El tamaño de la zona de separación depende sólo del tipo de actividad industrial o de la cantidad y tipo de sustancias peligrosas presentes. Para dar apoyo a la aplicación de la metodología, se han elaborado una serie de tablas que clasifican las industrias en categorías (Christou *et al.*, 1999).

3.1.3 Selección de escenarios y accidentes graves

En los principios de orientación sobre planificación territorial, «el escenario» que se utiliza para el análisis sobre riesgos se define como:

- a) *acontecimiento importante* que mayoritariamente es una fuga o derrame de un producto;
- b) *fenómeno peligroso*, como puede ser un incendio, una explosión o una nube tóxica. (Prou *et al.*, 2008).

Los accidentes graves están asociados a la presencia de incendios, explosiones o emisiones atmosféricas de materiales peligrosos. Un accidente también puede incluir más de uno de estos fenómenos: una explosión puede transformarse en un incendio, un incendio puede causar la explosión de un depósito, y una explosión puede provocar una nube tóxica. El 47% de los accidentes graves en las plantas de proceso y en el transporte de materiales peligrosos se deben a incendios, el 40% debido a explosiones y el 13% debido a nubes de gas.

Los accidentes con incendio se pueden clasificar según las siguientes categorías:

- a) incendio de piscina,
- b) incendio de depósito,
- c) dardo de fuego,
- d) combustión espontánea,
- e) bola de fuego.

Las explosiones se asocian a los accidentes graves que incluyen fenómenos mecánicos y se producen cuando hay un rápido aumento del volumen debido a la expansión de un gas o de vapor, la vaporización súbita de un líquido (explosiones físicas), o una reacción química rápida (a menudo de combustión). Las explosiones pueden ser clasificadas en las siguientes categorías:

- 1) explosión de nube de vapor,
- 2) explosión de depósito y BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosiones*), y
- 3) explosión de polvo.

La liberación de un material tóxico puede producir una nube tóxica. Dependiendo de la densidad de la nube (más pesada que el aire o con una densidad igual o inferior a la del aire) y de las condiciones meteorológicas, la nube se dispersa rápidamente hacia la atmósfera o se desplaza cerca del suelo a la misma velocidad que el viento.

Los accidentes graves que pueden ocurrir en instalaciones industriales o durante el transporte de materiales peligrosos suelen estar relacionados con una fuga o un derrame del producto. El motivo de la fuga o derrame puede ser un impacto, por defecto de una pieza o de un equipo (un tubo o tanque), debido los efectos de la corrosión, un error humano durante una operación de carga o descarga, o por otros factores. El derrame o fuga puede ser también una consecuencia del accidente en sí, por ejemplo, en el caso de la explosión de un tanque a presión (Casal, 2008).

3.2 PANORAMA ACTUAL EN LA UE

La Directiva Seveso, que ya se aplica en muchos Estados miembros europeos, obliga a un número importante de industrias de proceso (incluyendo refinerías, instalaciones de producción de sustancias químicas y depósitos de gas licuado de petróleo) a que realicen estudios de seguridad, y también obliga a las autoridades competentes a que hagan planes de emergencia y creen políticas de uso del territorio en base a los resultados de estos estudios, para proteger a la población y el medio ambiente. Por razones históricas, geográficas, económicas, sociales y políticas, hay grandes diferencias en la forma en que los diferentes países regulan la ubicación de instalaciones peligrosas y controlan el desarrollo de las zonas urbanas en las proximidades de las instalaciones industriales existentes. Se han desarrollado

diferentes métodos y umbrales de tolerancia en los países europeos, cumpliendo con los requisitos de la normativa Seveso II en relación con el LUP. En este apartado, se explican brevemente las estrategias utilizadas en los siguientes países: Francia, Alemania, Italia, Países Bajos y Reino Unido (Papazoglou *et al.*, 1998).

3.2.1 Francia

Francia tiene doscientos años de historia sobre normas de prevención de riesgos relacionadas con las instalaciones peligrosas (Prou *et al.*, 2008). Durante los últimos quince años, en Francia, han tenido en cuenta clásicamente tres aspectos para prevenir los accidentes industriales: reducir el riesgo en su origen; limitar los efectos en caso de accidente (mitigación), y proteger el exterior de sus consecuencias (en la actualidad, reducir la vulnerabilidad). Hoy en día se distinguen dos eras en la gestión de los riesgos en Francia: el antes y el después de la explosión de AZF en Toulouse.⁴

El Ministerio francés de Medio Ambiente elaboró guías para aplicar la nueva metodología del análisis de riesgos, que se describen en un documento llamado «Principios generales para la elaboración de informes de seguridad». Tras una descripción del entorno de la instalación, y de una descripción de los procesos y los equipos, los informes de seguridad deben seguir esta pauta:

- identificar los peligros,
- clasificar los peligros principales,
- reducir los riesgos principales,
- aprender de los accidentes,
- efectuar el análisis preliminar de los riesgos,
- analizar detalladamente el riesgo,
- evaluar la intensidad de los fenómenos peligrosos,
- evaluar la probabilidad de fenómenos peligrosos,
- determinar las consecuencias potenciales para las personas,
- clasificar los escenarios según la clasificación nacional.

A continuación se da el significado de algunos términos utilizados por el Ministerio francés de medio ambiente en las guías:

- gravedad: es la combinación de dos parámetros: la intensidad de los efectos, y el número de personas presentes en cada una de las zonas de peligro exterior de la instalación;
- probabilidad: la frecuencia con que un accidente puede ocurrir durante la vida de una instalación, pudiéndose evaluar cuantitativa y cualitativamente;
- diagrama dual: Combinación, por un lado, de un árbol de errores, y por el otro de un árbol de acontecimientos;

4. Véase el artículo de Merad y Dechy más adelante, en este mismo *dossier*.

- aceptabilidad del riesgo: definición de una matriz nacional de aceptabilidad del riesgo para las instalaciones de alto riesgo;
- PRPT (*Technological Risk Prevention Plans*): el objetivo del PRPT es proteger a la población a través de la reducción del riesgo en el origen o adoptando medidas como son de protección, sobre construcción, sobre la ordenación del territorio, restringiendo el uso del territorio, etc.

Hoy en día el ministerio francés de medio ambiente, en general, utiliza métodos orientados hacia el riesgo tanto de evaluación probabilística cuantitativa como de evaluación probabilística semi-cuantitativa. Parece ser que todavía hay mucho trabajo para armonizar los métodos probabilísticos de evaluación, principalmente debido a la falta de datos precisos (Taveau, 2010).

Hasta hace poco, Francia ha sido considerada como un ejemplo típico de la metodología basada en las consecuencias. Sin embargo, la legislación francesa en cuanto a la regulación sobre la ordenación del territorio se revisó por completo después del accidente de Toulouse. En general, Francia adoptó un enfoque híbrido que combina una metodología basada en las consecuencias para determinar las zonas que corresponden a los umbrales de daños elevados, y un enfoque basado en los riesgos para determinar los escenarios de accidente (Sèus *et al.*, 2010).

3.2.2 Alemania

Alemania es un país federal compuesto por dieciséis Estados. La ordenación del territorio está regulada por los estatutos a nivel federal y estatal. La ley federal determina las normas para la concesión de licencias para instalaciones y actividades potencialmente contaminantes o peligrosas.

En 2005 se publicó la guía SFK/TAA-GS-1, que da recomendaciones sobre el ámbito del LUP, en particular sobre las distancias de separación entre los establecimientos dentro del Decreto alemán de accidentes graves y las zonas que requieren protección.

La evaluación probabilística del riesgo que se lleva a cabo en los Países Bajos y el Reino Unido no tiene un uso equivalente en Alemania, ya que el método utilizado generalmente está basado en las consecuencias. En casos excepcionales, se aplican diferentes herramientas. Por ejemplo, la evaluación probabilística. El método utilizado normalmente (consecuencias) hace referencia a escenarios preseleccionados que sean «graves y creíbles» o «escenarios representativos».

3.2.3 Italia

En Italia, la ordenación sobre el uso del territorio (LUP) se basa en cuatro etapas diferentes reguladas por la Ley Nacional Urbana, que establece principios de guía y especifica las diferentes funciones de las autoridades regionales, provinciales y municipales. Debido a la estructura de tres niveles que utiliza el gobierno italiano (regiones, provincias y municipios), el procedimiento para la concesión de licencias lo llevan a cabo las autoridades regionales (responsables de los estable-

cimientos de nivel inferior) y el Comité Técnico Regional (responsable de los establecimientos de nivel superior) (Prou *et al.*, 2008).

Italia ha adoptado un criterio híbrido que tiene en cuenta la frecuencia, como un factor de mitigación dentro de las zonas de daño; estas zonas se identifican gracias a una metodología basada en las consecuencias. Los valores sobre la frecuencia de cada escenario se consideran como factores atenuantes de las restricciones del LUP y no se utilizan para analizar el riesgo individual ni el riesgo social. (Sèus *et al.*, 2010).

3.2.4 Países Bajos

La Directiva Seveso II se aplica a la legislación holandesa mediante el Dutch Major Hazard Decree (BRZO) y el Dutch Public Safety Decree (BEVI). El BRZO se centra en la gestión de las instalaciones peligrosas. En cambio el BEVI regula los usos del suelo alrededor de las instalaciones peligrosas, es decir, la regulación de la seguridad externa (Prou *et al.*, 2008).

En los Países Bajos, para permitir la construcción de una instalación nueva se requiere un Análisis Cuantitativo del Riesgo (AQR) completo, así como si se quieren hacer modificaciones en una instalación ya existente. El papel de coordinar los asuntos de seguridad externos lo tiene asignado el VROM (Spatial Planning, Housing & Environment Ministry), que decidió establecer el External Safety Directorate como un organismo de aplicación específica.

En cuanto a la metodología de evaluación de riesgos, el enfoque neerlandés se basa en tres principios rectores:

- la cuantificación del riesgo a través de un enfoque analítico basado en las probabilidades.
- la evaluación del riesgo individual y la definición de los umbrales de aceptabilidad.
- la evaluación del riesgo social.

El último paso implica calcular y representar un diagrama con curvas de nivel sobre la localización de los riesgos y un diagrama del riesgo social «societal risk». [15]

Además, alrededor del emplazamiento de una instalación se pueden implementar distancias de seguridad. Estas distancias de seguridad la mayor parte de las veces se basan en un estudio de los riesgos genéricos según el tipo de instalación, en combinación con los criterios de aceptabilidad del riesgo. Para los establecimientos químicos de grandes dimensiones, este enfoque no funciona, ya que la complejidad de la industria no permite determinar una distancia de seguridad genérica. En estos casos, los parámetros de riesgo para poder instalar la industria se calculan de forma específica. A continuación, el riesgo cuantificado constituye la base para autorizar la construcción de la instalación y para regular el territorio alrededor de la planta industrial.

La política holandesa sobre seguridad externa se basa en una metodología de gestión de los riesgos que implica la evaluación cuantitativa de los riesgos y la eva-

luación con criterios cuantitativos de la tolerabilidad. La experiencia armonizadora de las políticas que se llevan a cabo en las diferentes actividades que intervienen sobre sustancias peligrosas es muy positiva desde el punto de vista de la eficiencia y la transparencia. Para facilitar la aplicación de las políticas de seguridad basadas en el riesgo en las instalaciones de tamaño medio como, por ejemplo, una estación de servicio / gasolinera o una unidad de refrigeración de amoníaco, se pueden implementar las medidas de seguridad estándares de las tablas de distancias de seguridad. También se están aplicando con gran eficacia instrumentos similares desarrollados por la gestión del riesgo derivado del transporte de sustancias peligrosas (Bottelberghs, 2000).

El *Purple Book* describe el método que se debe llevar a cabo para calcular el AQR en cumplimiento de la normativa de los Países Bajos y describe de forma general los diferentes puntos de partida junto con datos generales. La guía cuenta con un método para seleccionar las instalaciones que deben incluirse en el AQR, una serie de escenarios predeterminados sobre derrames o fugas, un conjunto de valores que se utilizarán por defecto y que se utilizan en el cálculo de la dispersión y los efectos de un gas, y contiene una guía sobre cómo presentar los resultados (Uijt de Haag *et al.*, 2001).

3.2.5 Reino Unido

En el Reino Unido, el Health and Safety Executive (HSE) asesora a las autoridades locales de planificación sobre el emplazamiento de las instalaciones que comportan riesgos importantes incluyendo infraestructuras como los oleoductos, también controla las viviendas y otras edificaciones cercanas. El HSE se basa en un análisis cuantificado del riesgo (AQR) para establecer una distancia de consulta alrededor de cada instalación con peligros graves y aconseja sobre los posibles riesgos sobre las personas dentro de la zona, de manera que estos riesgos se pueden tener en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre planificación (Brazier i Greenwood, 1998).

Desde 1972, en el Reino Unido se ha legislado en materia de planificación local para obligar a las autoridades competentes en este ámbito a obtener asesoramiento por parte de la HSE sobre las implicaciones en seguridad asociadas a la construcción en zonas con un riesgo químico elevado.

El HSE asesora a las autoridades competentes en materia de planificación sobre las solicitudes para construir alrededor de zonas con un riesgo de accidente elevado o por las que pasan suministros de agua, gas... El HSE también aconseja a las autoridades sobre las solicitudes para utilizar nuevas sustancias peligrosas, para poder construir nuevas plantas peligrosas, para permitir la modificación de una instalación de riesgo o para trazar nuevas rutas de suministros peligrosos.

El método que se utilizaba ha sido sustituido por un nuevo sistema conocido como PADHI (Planning Advice for Developments near Hazardous Instalation), este sistema se ha suministrado ahora a las autoridades competentes como un programa informático proporciona asesoramiento. El nuevo sistema no evalúa la situa-

ción real que conlleva un cambio gradual en el riesgo y la distancia, pero es una manera pragmática de generar un asesoramiento oportuno (tiene la intención de dictar resoluciones en líneas generales similares a las del sistema anterior, que sean coherentes en el Reino Unido y que permitan un uso más eficaz de los recursos del HSE. Así pues, el nuevo método puede ser visto como un desarrollo del sistema anterior, más que un reemplazo.

El asesoramiento del HSE se basa en una evaluación de los riesgos residuales hacia las personas emplazadas alrededor de la instalación de alto riesgo. El riesgo residual es el riesgo sobrante después de que el empresario haya cumplido con todos los requisitos de la ley (teniendo en cuenta que la ley no requiere que el riesgo sea cero). El concepto de riesgo residual también reconoce que un descenso de la vigilancia en una instalación que normalmente cumple con la ley puede conllevar un accidente. A efectos de dar asesoramiento en materia de planificación de uso del suelo, el HSE define una distancia de consulta, dentro de la cual se diferencian generalmente tres zonas (interna, media y externa) que enmarcan todas las áreas de peligro.⁵

Las evaluaciones sobre LUP alrededor de las plantas son llevadas a cabo mediante el análisis de riesgos elaborado por el HSE. Se utilizan diferentes métodos, dependiendo de la situación específica y las sustancias. En general, los consejos relacionados con las emisiones tóxicas se basan en unos análisis del riesgo, mientras que en el caso de la radiación térmica y las explosiones del enfoque utilizado se basa en las consecuencias. En el primer caso, las distancias de seguridad se instauran contra la probabilidad de recibir al menos una dosis peligrosa. En el segundo, las distancias de seguridad se instauran según los niveles de radiación térmica que se emitirían en caso de accidente. Los criterios utilizados para determinar la probabilidad de sufrir estos efectos están orientados tanto hacia el individuo como hacia el riesgo social.

3.2.6 Visión general de la situación en la UE

El cuadro 1 muestra una visión breve de las acciones sobre LUP que se llevaron a cabo en la Unión Europea en 1999, y en el cuadro 2 las acciones sobre LUP en 2010. La comparación de estas dos tablas aclara los cambios y la evolución en la última década en la Unión Europea. La tabla 3 también muestra la comparación de los reglamentos sobre LUP en los diferentes países europeos, incluyendo Cataluña.⁶

5. Véase el artículo de Tom Maddison en este mismo *dossier*.

6. Para más información sobre el tema, consultar el libro publicado recientemente por el Instituto de Seguridad Pública de Cataluña (coord. Jordi Sans): *La investigació d'incendis i explosions* (octubre de 2010).

Cuadro 1. Breve descripción de las prácticas sobre ordenación del territorio utilizadas en la Unión Europea en 1999

Pais	Distancias de seguridad genéricas	Metodología basada en las consecuencias	Metodología basada en el riesgo	Regulación sobre LUP	Se están desarrollando métodos de gestión
Austria					X
Bélgica		X (Wallon)	X (Flemish)		X
Dinamarca					X
Finlandia		X			
Francia		X		X	
Alemania	X	X		X	
Grecia					X
Irlanda					X
Italia					X
Luxemburgo		X		X	
Holanda			X	X	
Portugal					X
España		X			X
Suecia	X	X			X
Reino Unido			X	X	

Cuadro 2. Panorama de las prácticas de ordenación del territorio utilizadas en la Unión Europea en 2010

País:	Metodología basada en el riesgo	Metodología basada en las consecuencias
Austria		X
Bélgica		X
Finlandia		X
Francia	X	X
Alemania		X
Italia	X	X
Luxemburgo		X
Holanda	X	
España		X
Suecia		X
Reino Unido	X	

Cuadro 3. Comparativa sobre la planificación urbanística alrededor de los establecimientos con riesgo de accidente grave en los diferentes países europeos (Tost, 2010)

Pais	Metodología	Hipótesis de accidentes	Valores umbral de referencia	Criterios de aceptación	Elementos vulnerables	Tratamiento de situaciones existentes no aceptables/ términos revisitos	Tratamiento Establecido Ag Nivel Bajo
Francia	Mixta (determinística/probabilística)	Extracto de las del <i>Étude de Surêté</i> ¹	Dosis letales (5% y 1%), Efectos irreversibles (SEI) y preempción ²	Zonas de expropiación forzosa, derecho de abandono y preempción ²	NO	Si. Se estima en una generación (30 años) el término necesario para «regularizar» las situaciones existentes no adecuadas	NO
Reino Unido	QRA	Extracto de las del <i>Safety Report</i> ¹	Dosis letales	Riesgo individual: 10 ⁷ y 10 ⁵ y 3 10 ⁷ al año	SI	NO	NO
Holanda	QRA	<i>Purple Book</i> ³	Dosis letales	Riesgo individual: 10 ⁷ y 10 ⁵ al año	SI	SI. Se dispone de tres años (hasta septiembre de 2004) para reducir el riesgo de los elementos vulnerables existentes por debajo de 10 ⁷ /año y hasta 2010 para reducirlo por debajo de 10 ⁵ /año	SI (idem nivel alto)
Italia	Aproximación QRA	Las del <i>Safety Report</i> ¹	Diferentes niveles de daños	Matriz compatibilidad frecuencia de los accidentes, nivel de daños y elementos vulnerables	SI	NO	NO
Austria	Determinística	Relación de hipótesis tipo	Daños no letales	NO	NO	NO	NO
Bélgica	QRA	Las del <i>Étude de Surêté</i> ¹	Daños no letales	Caso a caso en el estudio de impacto ambiental	NO	NO	NO
Alemania	Mixta (determinística/distancias fijas)	Rotura de líneas diferentes diámetros	Dosis no letales	Zonificación. Distancias fijas análisis caso por caso	SI	NO	SI (idem nivel alto)
Cataluña	QRA + Franja de seguridad	<i>Purple Book</i> ³	Dosis letales	Riesgo individual: 10 ⁷ y 10 ⁵ / año ⁵	SI	SI ⁷ Previsto un periodo transitorio de adaptación al umbral de riesgo aceptable hasta 2010	SI (idem nivel alto)

1. Documento equivalente al Análisis de Riesgos según RD 1196/2003 de 19 de septiembre.
 2. La Ley de 30 de julio de 2003 define los PPR (Planes de Prevención de Riesgos Tecnológicos) para gestionar, una vez reducido el riesgo en origen, las situaciones existentes no deseables y evitar desarrollos futuros no adecuados. Los PPR para establecimientos AG de nivel alto delimitan tres zonas en los alrededores de los establecimientos y en el interior del ámbito PEE: a) un sector donde el Estado puede declarar de utilidad pública la expropiación; b) un sector donde se puede instaurar el derecho de abandono a los propietarios (los municipios han de comprar sus terrenos si los propietarios desean alejarse del riesgo); y c) un sector donde el municipio tiene el derecho de preempción (preferencia en la compra de terrenos).
 3. Committee for the prevention of disasters. *Guidelines for quantitative risk assessment*. CPR 18 E *Purple Book*. Primera Edición. 1999.
 4. La directiva Seveso II entró en vigor en Bélgica en junio de 2001 mediante un acuerdo de cooperación entre el Estado federal y las regiones. Se han hecho adaptaciones en el decreto relativo a permisos medioambientales para incorporar los requerimientos de esta directiva. Asigna a las regiones (Bruselas capital, Valonia y Flandes) la competencia para la planificación del territorio (artículo 12). Los datos indicados corresponden a la región de Bruselas donde el COBAT (*Code Bruxellois pour l'Aménagement du Territoire*) fue aprobado el 9 de abril de 2004 después de una modificación que incluye, entre otros, los artículos 12 de la directiva Seveso II.
 5. Este umbral está previsto en el proceso de regularización de los establecimientos AG existentes.
 6. Está en proyecto una instrucción de requerimiento del QRA en todos los establecimientos de Cataluña.
 7. El QRA, para establecimientos nuevos y cambios sustanciales en los existentes, es actualmente requerido en virtud del artículo 12 del decreto 174/2001 de 26 de junio que desarrolla el RD de trasposición de la directiva. Está en proyecto una instrucción que da carácter preceptivo a la presentación de este análisis para establecimientos de nivel bajo.

4. CONCLUSIONES

La gestión del territorio que incorpore los criterios de riesgo es aún una cuestión pendiente.

A pesar de la gran cantidad de estudios y metodologías científico-técnicas de ingeniería de la seguridad que nos dan instrumentos para saber qué puede pasar y con qué probabilidad, a pesar de las múltiples herramientas jurídicas disponibles a nivel europeo, estatal, regional y también local, a pesar de los accidentes que nos recuerdan que el problema sigue, la solución real viable no se acaba de concretar.

Posiblemente falta integrar en un solo modelo la gestión de la prevención y las consecuencias, que son las mismas independientemente de que la causa sea un acto ilícito (*security*) o accidental (*safety*), para avanzar hacia una seguridad integral, con la participación del sector privado bajo el liderazgo del sector público. Lo podríamos llamar sistema S2P2, es decir *Safety & Security / Private & Public*.

En Europa la variación de soluciones aplicadas es alta, y en este caso la creatividad local puede acabar siendo una herramienta de política industrial y de seguridad pública, y por tanto económica, positiva o negativa. Controlada o no. Depende.

Hay que estudiarlo. Es importante. A pesar de que algunos gobiernos quizás no se den cuenta.

5. BIBLIOGRAFIA

REINO UNIDO. SAMBHAVNA CLÍNICA FIDUCIARI. *El recurs de cassació Bhopal mèdica. Anàlisi de contaminants químics en les aigües subterrànies de les comunitats que envolten el lloc UCIL planta de Bhopal*. 2009.

WILLEY, R., CROWL, D., LEPKOWSKI, W. La tragèdia de Bhopal: la seva influència en el procés i seguretat de la comunitat tal com es practica als Estats Units. Diari de prevenció de pèrdues en les indústries de procés. Vol.18, 2005, pp.365-374.

BISARYA, R., PURI, S. La tragèdia de Bhopal de gas: una perspectiva. Diari de prevenció de pèrdues en les indústries de procés. Vol. 18, 2005, pp. 209-212.

REINO UNIDO. THE BHOPAL MEDICAL APPEAL. <http://bhopal.org/index.php?id=22&L=nkqibdjuigpqzcl> [2010.08.15].

THE BOSTON GLOBE. Boston, MA, Estados Unidos, 2009. http://www.boston.com/bigpicture/2009/11/25th_anniversary_of_the_bhopal.html [, 2010.08.15].

GARCIA, J. La tragèdia de Bhopal de gas: podria haver succeït en un país desenvolupat? Diari de prevenció de pèrdues en les indústries de procés. Vol. 15, 2002, pp. 1-4.

SAM BROLLEN, M., OEST, H., KRISHNA, K., ALDEEB, A., KEREN, N., SARAF, S., LIU, Y., GENTILE, M. El llegat de Bhopal: L'impacte en els últims 20 anys i la futura orientació. Diari de prevenció de pèrdues en les indústries de procés. Vol. 18, 2005, pp. 218-224.

REINO UNIDO. BUNCEFIELD MAJOR INCIDENT INVESTIGATION BOARD. *The Buncefield Incident 11 December 2005*. The final report, vol. 2, 2008.

- JOHNSON, M. *El potencial de las explosiones de nubes. Lecciones del accidente de Buncefield*. Diario de prevención de pérdidas en las industrias de proceso, 2010, p.1-7.
- PAÍSES BAJOS. Enschede: Stedenbouw & Architectuur. Enschede, Países Bajos, 2010. [Http: // www.enschede-stad.nl/ ~ Fotos/Luchtfotos/14.jpg, 2010.08.15].
- VOOGD, H. Prevenció de Desastres en l'entorn urbà. Revista Europea d'Ordenació del Territori. Vol.12, 2004.
- TAVEAU, J. L'avaluació de riscos i els reglaments d'ordenació del territori a França després del desastre del AZF. Diari de prevenció de pèrdues en les indústries de procés. 2010, pp. 1-11.
- DECHY, N., BORDEUS, T., AYRAULT, N., KORDEK, M., LE COZE, J. Les primeres lliçons de la catàstrofe de nitrat d'amoni Toulouse, 21 de setembre de 2001, la planta AZF, França. Diari de materials perillosos. Vol. 111, 2004, pp. 131-138.
- CHRISTOU, M., AMENDOLA, A., SMED, M. El control dels riscos d'accident greu: el problema de la planificació d'ús del sòl. Diari de materials perillosos. Vol. 65, 1999, pp. 151-178.
- PROU, C., STRUCKL, M., CHRISTOU, M. Introducció de plans de treball per a la planificació de l'ús del sòl en els Estats membres seleccionats. CCI informes científics i tècnics. EUR 23519 EN, 2008.
- SÈUS, I., PROGIOU, A., SYMEONIDIS, P., ZIOMAS, I. Ordenació del territori a prop de les principals instal·lacions de risc d'accident a Grècia. Diari de materials perillosos. Vol. 179, 2010, pp. 901-910.
- CASAL, J. *Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants*. (Industrial Safety Series, 8). Amsterdam: Elsevier, 2008.
- PAPAZOGLOU, I., NIVOLIANITOU, Z., BONANO, TERRA G. planificació de l'ús de polítiques que es deriven de la aplicació de la Directiva SEVESO II a la UE. Diari de materials perillosos. Vol. 61, 1998, pp. 345-353.
- PROU, C., NEUVEL, J., ZLATANOVA, S., ALE, B. Risc mapes informar l'ordenació del territori els processos d'una enquesta sobre els Països Baixos i Regne Unit els esdeveniments recents. Diari de materials perillosos. Vol. 145, 2007, pp. 241-249.
- BOTTELBERGHS, P.H. Anàlisi de riscos i l'evolució política de seguretat en els Països Baixos. Diari de materials perillosos. Vol. 71, 2000, pp. 59-84.
- UIJT DE HAAG, P., ALE, B., POST, J. «The Purple Book: Guideline for Quantitative Risk Assessment in the Netherlands». En: *Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*. Amsterdam: Elsevier, 2001.
- BRAZIER, A.M., GREENWOOD, R.L. Sistemes d'informació geogràfica: un enfocament coherent de les decisions de planificació de l'ús del sòl al voltant de les instal·lacions perilloses. Diari de materials perillosos. Vol. 61, 1998, pp. 355-361.
- TOST, S. «Panorama de la seguretat industrial a Catalunya. El cas de la planificació del territori al voltant d'establiments amb risc d'accident greu. *Revista Catalana de Seguretat Pública*. Vol. 19, 2010, pp. 103-131.