



**Seguridad para un crecimiento
sostenible en Europa**

**Plataforma Tecnológica Española
de Seguridad Industrial
(PESI)**

**Agenda Estratégica
de Investigación**

Versión V0
Junio 2006



Título:

AGENDA DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA – Versión V0 (29-06-06)

Contactos:

Presidencia: Antonio Moreno - GRUPO IBERDROLA (antonio.moreno@iberdrola.es)
Secretaria y contactos ETPIS/NTPIS: Eusebio Gainza - FUNDACIÓN LEIA (eusebiog@leia.es)
Finanzas: Rosa Nomen - IQS-URL (s2snet@iqs.edu; rnomen@sec.url.es)

GT1: Rafael García - REPSOL YPF (rgarciacruz@repsolypf.com)
GT2/GT3: Luciano Azpiazu - GRUPO IBERDROLA (luciano.azpiazu@iberdrola.es)
GT4: Carlos García – IBV (carlos.garcia@ibv.upv.es)
GT5: Jesús M^a López de Ipiña - FUNDACIÓN LEIA (jesusli@leia.es)
GT6: Eusebio Gainza - FUNDACIÓN LEIA (eusebiog@leia.es)
HUB: Rosa Nomen - IQS-URL (s2snet@iqs.edu; rnomen@sec.url.es)



0	PREÁMBULO	6
1	GT1.- METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO	7
1.1	OBJETIVOS.....	7
1.2	IDENTIFICACIÓN Y COMPRENSIÓN DE PELIGROS PARA DESARROLLAR SOLUCIONES DE SEGURIDAD, EQUIPOS Y TECNOLOGÍAS.....	11
1.2.1	<i>Ingeniería de seguridad contra incendios</i>	11
1.2.2	<i>Simulación y análisis de eventos peligrosos: dinámica de su evolución y evaluación de las áreas de impacto</i>	13
1.2.3	<i>Flujo multifásico en dispositivos de seguridad de presión</i>	13
1.2.4	<i>Caracterización de atmósferas explosivas de gases, vapores y polvos</i>	13
1.2.5	<i>Dispersión de materiales peligrosos en el entorno industrial</i>	15
1.2.6	<i>Sistema Armonizado Global (GHS) en el tratamiento de propiedades, clasificación y umbrales toxicológicos de sustancias. Desarrollo de técnicas de ensayo alternativas para REACH 15</i>	
1.2.7	<i>Contaminantes físicos y químicos. Desarrollo de mecanismos de actuación ante agentes contaminantes (ruido, vibraciones, radiaciones, ag. químicos etc.)</i>	16
1.2.8	<i>Riesgo nuclear</i>	17
1.3	DESARROLLO VALIDACIÓN Y ARMONIZACIÓN DE MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA EVALUACIÓN DEL RIESGO.....	18
1.3.1	<i>Métodos y pautas para la selección de tipos de consecuencias en el marco de la metodología del Análisis del Riesgo Químico</i>	18
1.3.2	<i>Evaluación de la eficacia de contramedidas</i>	18
1.3.3	<i>Evaluación y gestión de los riesgos que surgen de agentes perjudiciales en entornos de trabajo y vida</i>	19
1.3.4	<i>Pautas y métodos para la evaluación del riesgo en el transporte de materias peligrosas</i> 20	
1.3.5	<i>Integración de métodos de otras áreas</i>	20
1.3.6	<i>Demostración de que el riesgo es tan bajo como sea razonablemente practicable (ALARP)</i>	21
1.3.7	<i>Evaluación del riesgo por funcionamientos defectuosos</i>	22
1.3.8	<i>Evaluación del riesgo en la seguridad de maquinaria industrial</i>	22
1.3.9	<i>Evaluación del riesgo de explosión en equipos para atmósfera explosiva: metodologías para la verificación de la conformidad</i>	23
1.3.10	<i>Métodos para la evaluación del riesgo de explosión en instalaciones ATEX</i>	23
1.3.11	<i>Desarrollo de métodos simplificados de evaluación de riesgos para la seguridad y la salud dirigidas a las PYMES</i>	23
1.4	DESARROLLO VALIDACIÓN Y ARMONIZACIÓN DE MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA GESTIÓN Y EL CONTROL DEL RIESGO.....	24
1.4.1	<i>Lenguaje común de control</i>	24
1.4.2	<i>Percepción del Riesgo</i>	25
1.4.3	<i>Gestión del riesgo, basada en el conocimiento y en la integración</i>	26
1.4.4	<i>Desarrollo de modelos más efectivos para la planificación y gestión de respuestas ante emergencias</i>	27
1.4.5	<i>Refuerzo del Sistema de Gestión de la Seguridad</i>	29
1.4.6	<i>Los criterios de análisis y las herramientas de apoyo a la decisión</i>	31
1.5	INCERTIDUMBRE Y FIABILIDAD EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN INSTALACIONES COMPLEJAS ...	33
1.5.1	<i>Métodos sistémicos para estudiar la complejidad en sistemas industriales</i>	33
1.5.2	<i>Incetidumbres en la evaluación y gestión del riesgo. Cuantificación de la Incertidumbre</i> 33	
1.5.3	<i>Fiabilidad y seguridad de los sistemas en red (comunicación, energía, transporte)</i>	34
1.5.4	<i>Métodos para la evaluación dinámica de la fiabilidad</i>	36



Plataforma Tecnológica Española de Seguridad Industrial (PESI)

1.5.5	<i>Medida del riesgo y medida del riesgo dinámico.....</i>	36
1.5.6	<i>Métodos probabilísticos avanzados para análisis de riesgo en sistemas complejos.....</i>	38
1.5.7	<i>Estandarización de los conceptos del diseño de fiabilidad de bases de datos.....</i>	38
1.6	OTROS TEMAS PARA SER INVESTIGADOS.....	39
1.6.1	<i>Mejora y validación de los análisis del efecto dominó en la ocurrencia de accidentes múltiples.....</i>	39
1.6.2	<i>Optimización de la planificación del territorio y su control.....</i>	39
1.6.3	<i>Medidas Constructivas para reducir la vulnerabilidad.....</i>	39
1.6.4	<i>Desarrollo de la Doctrina de Tolerancia para Criterios Sociales de Riesgo</i>	39
1.7	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA 2007 EN EL ÁREA DE METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO.....	41
2	GT2.- TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA PREVENCIÓN, REDUCCIÓN Y CONTROL DEL RIESGO	42
2.1	INFORMACIÓN GENERAL Y OBJETIVOS	42
2.2	TECNOLOGÍAS PARA UN DISEÑO INTRÍNECAMENTE MÁS SEGURO Y PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO EN EL ORIGEN.....	44
2.2.1	<i>Métodos nuevos y efectivos para reducir los riesgos relativos al ruido y la vibración</i>	46
2.2.2	<i>Métodos nuevos y efectivos para reducir los riesgos relacionados con los peligros electromagnéticos y las radiaciones ópticas (láser o no).....</i>	47
2.3	TECNOLOGÍAS Y MÉTODOS PARA UN DISEÑO INTRÍNECAMENTE MÁS SEGURO DE LAS PLANTAS E INSTALACIONES INDUSTRIALES PARA REDUCIR LOS PRINCIPALES PELIGROS DE ACCIDENTE.	48
2.4	TECNOLOGÍAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO MEDIANTE SISTEMAS Y DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.....	50
2.5	NUEVOS MATERIALES, TECNOLOGÍAS Y MÉTODOS DE PRUEBA PARA EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)	57
2.6	SEGURIDAD ESTRUCTURAL	61
2.6.1	<i>Escenario y objetivos.....</i>	61
2.7	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA 2007 EN EL ÁREA DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA PREVENCIÓN, REDUCCIÓN Y CONTROL DEL RIESGO.....	72
3	GT3.- SEGURIDAD ESTRUCTURAL.....	74
4	GT4.- FACTORES HUMANOS Y ORGANIZACIONALES.....	75
4.1	AGENDA ESTRATÉGICA DEL ÁREA DE FACTORES HUMANOS ORGANIZACIONALES	75
4.1.1	<i>Factores Humanos y Organizacionales de la Seguridad Organizacional y de la Dirección</i> <i>75</i>	
4.1.2	<i>Diseño Centrado en el Usuario;.....</i>	84
4.1.3	<i>Integración de Análisis de Riesgos y Métodos y Técnicas de Gestión</i>	88
4.1.4	<i>Rendimiento Humano y Utilidad de la Tecnología;</i>	91
4.1.5	<i>Factores Humanos en la Gestión de Crisis y Emergencias.</i>	97
4.1.6	<i>Seguridad y Calidad: ¿Se pueden integrar, encajan realmente?.....</i>	98
4.1.7	<i>Formas organizacionales y Prácticas Gerenciales para prevenir accidentes y gestionar los riesgos en las PYMEs</i>	98
4.1.8	<i>Áreas de factores humanos y organizacionales en desarrollo.....</i>	99
4.2	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA 2007 EN EL ÁREA FACTORES HUMANOS ORGANIZACIONALES	99
5	GT5.- RIESGOS EMERGENTES Y NANOSEGURIDAD	100
5.1	OBJETIVOS DEL GT	100
5.1.1	<i>Riesgos emergentes.....</i>	100
5.1.2	<i>Nanoseguridad.....</i>	102
5.2	AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGACIÓN.....	103
5.2.1	<i>Riesgos relacionados con las nuevas tecnologías, materiales y sustancias.</i>	103
5.2.2	<i>Riesgos relacionados con las nuevas formas de organización del trabajo y características de la población laboral.</i>	108



5.2.3	<i>Nuevos conocimientos sobre el riesgo</i>	111
5.2.4	<i>Incremento en la percepción social del riesgo</i>	112
5.2.5	<i>Interacción entre riesgos naturales y riesgos tecnológicos</i>	113
5.2.6	<i>Riesgos y normalización</i>	113
5.2.7	<i>Nanoseguridad</i>	115
5.3	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA 2007 EN EL ÁREA DE RIESGOS EMERGENTES Y NANOSEGURIDAD.....	117
6	GT6.- TECNOLOGÍAS PARA LA SEGURIDAD PATRIMONIAL EN LA EMPRESA	119
6.1	SEGURIDAD PATRIMONIAL.....	119
6.2	AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGACIÓN	119
6.2.1	<i>Identificación de personas, explosivos u objetos</i>	119
6.2.2	<i>Vigilancia y seguimiento y protección de personas o bienes</i>	120
6.2.3	<i>Protección civil, incluyendo evacuación, operaciones de búsqueda y rescate, de control y solución</i>	121
6.2.4	<i>Metodologías integradas de gestión de riesgos</i>	121
6.3	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA 2007 EN EL ÁREA DE SECURITY.....	122
7	“HUB INNOVACIÓN EN EDUCACIÓN Y FORMACIÓN”	123
7.1	AGENDA DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA EN EDUCACIÓN Y FORMACIÓN (SRA)	123
7.1.1	<i>Actividades de soporte</i>	126
7.1.2	<i>Herramientas para educación y formación</i>	129
7.1.3	<i>Técnicas para educación y formación</i>	133
7.2	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA 2007 EN EL HUB DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN	136



0 PREÁMBULO

El presente documento constituye la versión V0 (29-06-06) de la Agenda de Investigación Estratégica de la Plataforma Tecnológica Española de Seguridad Industrial (PESI).

Se trata de un primer borrador de trabajo, sujeto a revisión continua hasta su aprobación en la Asamblea General que celebrará la PESI en noviembre de 2006.

Una nueva versión de trabajo de la Agenda (V1) será desarrollada para el 15/10/2006.

El proceso de revisión del documento está abierto a cualquier parte interesada de la PESI que quiera contribuir a ello.

Los temas e ideas propuestos durante la revisión del documento se discutirán dentro de cada GT/HUB y se priorizarán de una forma transparente.

La PESI invita a cualquier parte interesada en el campo de la Seguridad Industrial a incorporarse a este proceso de revisión, al objeto de desarrollar una Agenda de Investigación Estratégica consistente y representativa de las necesidades y prioridades tecnológicas españolas en este ámbito.



1 GT1.- METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO

1.1 Objetivos

- Integrar la gestión en la estructura y sistemas generales de la empresa, incluyendo la cadena de subcontratación.
- Adaptar la gestión del riesgo a las PYMES.
- Elaborar directrices o guías para armonizar las prácticas de evaluación de riesgos
- Evaluar y estimular la mejora en la evaluación y gestión del riesgo
 - Evaluar el estado del arte e identificar las áreas donde la investigación puede mejorar las metodologías
 - Contribuir a la implantación y aplicación de estándares armonizados en los regímenes regulatorios de seguridad europeos
 - Contribuir a formas innovadoras y efectivas de gestionar los riesgos
 - Acercar la evaluación de riesgos a las PYMES

Los riesgos no solamente están en el área de la industria. Hoy en día la perspectiva global del riesgo puede ejemplificarse por:

- Seguridad: afecta a todos los aspectos de la vida
- Tecnología: impregna todas las áreas de la vida humana, social y de los negocios
- Medioambiente: actividades humanas afectadas frente a efectos en el Medioambiente (ej. cambio climático)
- Negocios: “tolerancia cero”

Gestionar este ambiente de riesgo mas complejo y al mismo tiempo cumplir las cada vez mayores expectativas de múltiples partes interesadas, requerirá una búsqueda continua de una mas eficiente gestión del riesgo y una continua búsqueda de nuevas formas de pensamiento.

Antes la gestión del riesgo era reactiva ante accidentes y fallos ocurridos, haciendo frente a los problemas de riesgo de una forma fragmentada. Hoy en día la gestión del riesgo se ha hecho mas proactiva y total, incluyendo aspectos económicos, tecnológicos, de seguridad, salud, ambiente, reputación social y gestión ética del riesgo. Es necesario un enfoque de la gestión del riesgo integrado y estructurado para asegurar la confianza de las partes interesadas, así como para mejorar el resultado de los sistemas considerados. Serán necesarias creatividad y nuevas ideas para estudiar los riesgos a afrontar con el fin de obtener un desarrollo sostenible para el futuro.



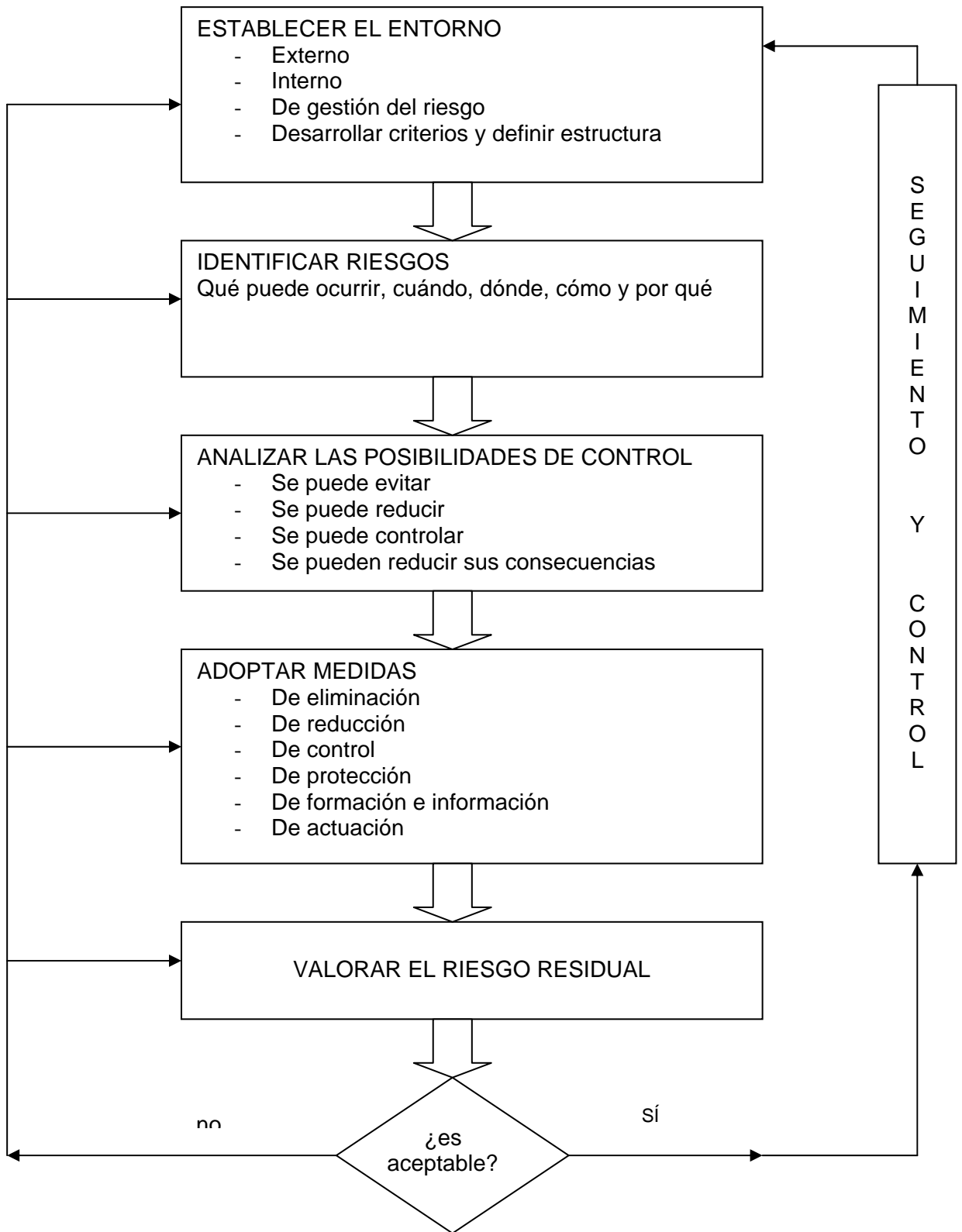
Asimismo, siguiendo en la línea de integración de todas las facetas, la gestión del riesgo ha de estar encardinada con la gestión global de la empresa como negocio y como centro de producción de bienes y servicios. También se contempla la integración en todo el ciclo de vida de los productos, desde su concepción y diseño, hasta su eliminación.

Es de la mayor importancia estratégica, por lo tanto, que la seguridad de una actividad industrial esté asegurada y es de igual importancia, que el público tenga una percepción racional de los riesgos planteados por dicha actividad para el medio ambiente y para la sociedad en general.

El ser consciente de este hecho, junto con el conocimiento de que las consecuencias de los accidentes sobrepasan los límites nacionales, ha dado lugar a varias iniciativas reguladoras y a la formación de organizaciones con propósitos de mantener y continuamente mejorar la cultura de seguridad industrial y mejorar las técnicas de seguridad. Además el ser consciente del hecho de que un accidente mayor en un sector de la industria no da ventajas en el mercado a un competidor, sino que conduce a una pérdida general de confianza del público en la industria, esto ha dado lugar últimamente a una saludable apertura e intercambio de información respecto a las cuestiones de seguridad entre los mayores actores industriales. La sociedad también está buscando asegurar que los riesgos industriales están claramente identificados y evaluados, tanto los de naturaleza permanente como los graves, de forma que puedan ser adoptadas las medidas necesarias para reducir dichos riesgos a un nivel aceptable.

Muchas de las más estimadas evaluaciones y metodologías de gestión de riesgos han sido creadas o desarrolladas en Europa. Son ejemplos de esto HAZOP, QRA en la Industria Química, el método OCRA de ergonomía, el PQ XXX danés de evaluación del riesgo psicosocial o similares.

El diagrama de flujo típico para metodologías de análisis de riesgo se muestra en la Figura.





Como anexo se propone una alternativa para reflexión. Se basa en actuar a priori antes de hacer una evaluación detallada. En sectores profesionales de la prevención de riesgos laborales se tiende a cambiar el orden, pasando a destinar recursos a la mejora de las condiciones de trabajo antes que a la detallada evaluación de los riesgos. La evaluación se hace después para conocer el riesgo residual.

Sin embargo, históricamente ha habido poca coordinación formal y los recursos financieros establecidos han sido un tanto fragmentarios. Los regímenes de Seguridad han sido creados en gran medida como respuesta a accidentes.

Hoy la tendencia esta cambiando desde un enfoque del accidente respecto a la seguridad en factores ambientales a un enfoque integrado que incluye Coste, Planes, Funcionalidad y Calidad. La gestión de la seguridad está cambiando cada vez más de ser reactiva y preceptiva a ser proactiva y con definición de metas. Esto nos insta a desarrollar nuevos medios de colaboración, regulaciones aún mejores, y el acceso a tecnologías nuevas basadas en la investigación.

Se han identificado las siguientes necesidades preliminares en la investigación para metodologías nuevas y más rentables para la evaluación y gestión del riesgo:

- enfoque a las actividades pre y co-normativas
- énfasis sobre la complejidad del sistema y el nivel de la seguridad de sistema (variabilidad de los datos e integración de las actividades)
- evaluación de la percepción del riesgo (los criterios de la seguridad) y los beneficios
- gestión del riesgo para obtener rentabilidad y ser entendido por los operadores
- Mejora de la identificación del riesgo (que es un tipo de combinación de “la imaginación” y el conocimiento sistemático).

En este contexto será importante considerar los enfoques específicos para las PYMEs teniendo en cuenta la combinación de la producción eficiente y la seguridad funcional así como los procedimientos prácticos de trabajo. Este enfoque preparará para una participación más profunda (inclusive la integración de los lazos de retroalimentación) de estas compañías (especialmente las pertenecientes al sector de la construcción) en la gestión rentable y eficiente del riesgo.

A continuación se da una descripción más detallada de los temas siguientes:

1. Identificación y comprensión de peligros para desarrollar soluciones de seguridad, equipos y tecnologías
2. Desarrollo, validación y armonización de métodos y herramientas para mejorar la evaluación del riesgo
3. Desarrollo, validación y armonización de métodos y herramientas para mejorar la gestión del riesgo
4. Incertidumbre y fiabilidad en la evaluación de riesgos en instalaciones complejas
5. Otros temas para ser investigados



1.2 Identificación y comprensión de peligros para desarrollar soluciones de seguridad, equipos y tecnologías

La identificación de peligros es esencial (es de hecho la fase inicial de cada análisis de riesgos). Los elementos importantes para apoyar esta identificación son la imaginación y el conocimiento. Tan completa como sea la fase de identificación de peligros determina lo completa que será la evaluación de los riesgos.

Investigación a largo plazo (5 años)

En esta área debe realizarse un enfoque sistemático para tratar de desarrollar los métodos y herramientas para apoyar y combinar estas dos “filosofías”, asegurando una categorización y definición estandarizadas de peligros.

Este tema debe incluir el desarrollo de métodos y herramientas para entender mejor el riesgo relacionado con el entorno industrial y de vida, las tecnologías y los métodos para identificar y controlar los riesgos en un medio global de trabajo cambiante, considerando:

- Desarrollo y la validación de sistemas de control, rentables y eficientes
- Desarrollo y la validación de indicadores y herramientas para controlar el entorno de trabajo y de vida.
- Sistemas Inteligentes para la detección y control de los parámetros relacionados con la seguridad del ámbito laboral.
- Desarrollo y la validación de métodos para la identificación de nuevos riesgos en entorno de trabajo y de vida.
- Desarrollo y validación de herramientas informáticas para modelización y simulación de peligros en sistemas industriales incluyendo asuntos de rentabilidad
- Modelización y simulación por ordenador de eventos en áreas urbanas (propagación de epidemias, fallos en instalaciones industriales y en redes eléctricas) incluyendo temas de validación y rentabilidad.

1.2.1 Ingeniería de seguridad contra incendios

La inmensa mayoría de regulaciones de seguridad de incendios son preceptivas en esencia, dependiendo de requisitos fijados en reglamentos. No obstante, la Ingeniería de Seguridad de Incendios (FSE) es una disciplina que se está utilizando cada vez más en el mundo en apoyo de las reglamentaciones sobre seguridad de incendios, basadas en el funcionamiento. El resultado es que actualmente varios enfoques de ingeniería se introducen en el diseño preceptivo y la FSE está siendo una manera de suplementar el diseño preceptivo al aplicarse un análisis basado en el funcionamiento a aspectos específicos de diseño de un proyecto para alcanzar los objetivos de funcionamiento. La FSE se apoya en una metodología basada en el funcionamiento operacional para que los ingenieros evalúen el nivel de la seguridad de incendios de construcciones nuevas o existentes.



La seguridad de incendios se consigue mediante un enfoque ingenieril basado en la cuantificación del comportamiento del fuego y de las personas y en el conocimiento de las consecuencias de tal comportamiento en relación a:

- la seguridad de la vida
- la conservación de la propiedad
- la continuidad de operaciones de negocio
- la protección del entorno
- aspectos relacionados con el costo

Investigación a largo plazo (5 años)

El objetivo es establecer un método general para la aplicación de los principios de la Ingeniería de la Seguridad de Incendios en el caso de entornos industriales y edificios de almacenamiento que está basado en una estimación científica del fenómeno del fuego, de los efectos del mismo, y de la reacción y el comportamiento de personas, para:

- cuantifique los peligros y riesgos del fuego y sus efectos,
- evalúe analíticamente las medidas protectoras y preventivas óptimas (inclusive el uso de diferentes retardantes de llama) necesarias para limitar, dentro de niveles prescritos, la consecuencia del fuego en la estructura y la vida humana.

Para alcanzar este objetivo se tienen que desarrollar varios aspectos tales como:

- la metodología general de FSE en el entorno industrial,
- el conocimiento en la ignición y el crecimiento del fuego,
- el conocimiento en la propagación,
- el comportamiento de las estructuras,
- el comportamiento humano
- la protección del medio
- el papel de diferentes sustancias químicas como retardantes de llama

Debe hacerse un énfasis particular en el caso de fuegos en espacios muy cerrados y ventilación en espacios confinados.

- Comportamiento de fuegos en túneles e impacto de rociadores de niebla y agua
- Propagación del fuego en el almacenamiento de la materia sólida en anaqueles, la influencia de rociadores de agua y el papel de retardantes de llama.

1.2.2 Simulación y análisis de eventos peligrosos: dinámica de su evolución y evaluación de las áreas de impacto

Es de importancia fundamental hacer un profundo análisis de fenómenos peligrosos, tal como las explosiones y los fuegos, para conseguir una ingeniería industrial más segura en todas sus fases, desde el diseño básico, hasta la disposición de la planta y el diseño de los sistemas de protección. A este respecto, es manifiesta la necesidad de un conocimiento más detallado de la dinámica de fenómenos peligrosos (por ejemplo el inicio de BLEVEs), y de las subsiguientes áreas de impacto (con la referencia concreta a fuegos, tal como los fuegos en cubeto y fuegos de fugas a presión). Esto sería de gran ayuda en la prevención de su ocurrencia y en la mitigación de sus consecuencias.

Investigación a medio plazo (3 años)

La simulación numérica puede ser de gran ayuda, al proporcionar una comprensión más teórica de estos fenómenos, y superar las dificultades que se encuentran al construir instalaciones experimentales.

1.2.3 Flujo multifásico en dispositivos de seguridad de presión

Los dispositivos de alivio de presión (válvulas y discos de rotura) representan uno de los tipos más importantes de sistemas de seguridad utilizados para hacer frente a situaciones de emergencia. Su apropiado dimensionamiento es de una importancia fundamental para la integridad del equipo y para proteger a la población e instalaciones circundantes de las posibles consecuencias peligrosas de un accidente. Los métodos de dimensionamiento y las ecuaciones para flujo de una sola la fase (gas o líquido) están bien establecidos desde hace muchos años, mientras que, para el flujo de dos fases, incluso si se han propuesto métodos diferentes de cálculo, ninguno de ellos actualmente es considerado suficientemente seguro ser adoptado con un nivel bueno de confianza.

1.2.4 Caracterización de atmósferas explosivas de gases, vapores y polvos

El desarrollo del conocimiento científico acerca de los procesos con riesgo es necesario para ayudar a su formalización e inclusión en la etapa de QRA (Análisis Cuantitativo del Riesgo) pero también, y aún más en la etapa del diseño de los procesos “seguros”.

Para este fin, parecen requerirse varias etapas con respecto a los fenómenos explosivos.

El primer paso para realizar la evaluación del riesgo de explosión, conforme a la Directiva 1999/92/CE-ATEX 137 (R.D. 681/2003, B.O.E. 18 de junio) sobre atmósferas explosivas es conocer las características de las materias primas y productos manipulados.

Con frecuencia se recurre a las hojas de datos de seguridad de las diversas sustancias, pero desgraciadamente los datos aprovechables son escasos o nulos desde el punto de vista de las atmósferas explosivas.

Para muchas sustancias y mezclas de sustancias en forma de gases o vapores siguen sin conocerse algunas de sus características fundamentales (intervalo de explosividad,



temperatura de ignición, punto de destello, intersticio experimental máximo de seguridad) que resultan imprescindibles para la evaluación del riesgo de explosión.

En el caso de instalaciones donde se procesan sustancias sólidas pulverulentas, granuladas o en forma de fibras, deben determinarse las características relacionadas con su *facilidad para inflamarse* (sensibilidad a la ignición o inflamabilidad) frente a distintos tipos de fuentes de ignición (focos térmicos, descargas electrostáticas), así como las *consecuencias de la explosión* (severidad de la explosión o explosividad). De esta forma se obtienen los parámetros básicos para el diseño de medidas de prevención y protección.

En caso de considerar procesos de autooxidación y autocalentamiento, se debe analizar también la *susceptibilidad térmica* de los productos para conocer su comportamiento térmico y la presencia de reacciones exotérmicas y determinar su tendencia a la autocombustión. Aquí la ausencia de datos es alarmante.

Para conocer las condiciones de riesgo en almacenamientos prolongados se debe analizar la *estabilidad térmica* de las sustancias mediante técnicas de calentamiento isotérmico, aplicando modelos de escalación de tiempos, temperaturas y volúmenes con riesgo de autocombustión.

Propiedades explosivas: sólo están disponibles datos estándar que no siempre cubren todos los mecanismos y muy a menudo necesitan ser extrapolados a condiciones muy diferentes de las del laboratorio. Los experimentos han demostrado la dificultad para hacer esto y la necesidad de desarrollar herramientas de extrapolación específica relacionadas con termoquímica, pérdidas del calor, etc...

Aspectos de la ignición: Mucho se ha hecho hasta ahora pero hay todavía grandes diferencias entre la fuente práctica y la cuantificación de su eficiencia. Por ejemplo la susceptibilidad de la ignición por chispa se hace en un tubo con una chispa eléctrica puntual que es diferente en todos aspectos de las descargas electrostáticas. Está todavía muy lejana una evaluación exacta pero se puede conseguir por una parte gracias a un análisis físico de las fuentes de ignición y por otra parte a un estudio de fuentes prácticas.

Desarrollo de la explosión: varias cuestiones difíciles permanecen aún abiertas tales, como la interacción de la llama con su entorno – incluyendo la forma de confinamiento y los obstáculos – con vistas a refinar las herramientas prácticas de predicción, como el método de multi energía u otros más sofisticados. Tenemos que ser conscientes que los aspectos de la combustión en dos fases todavía son escasamente conocidos, así como en híbridos (air+vapour+particles) o en nubes de gotas (como en BLEVEs) y los modelos son todavía en gran parte desconocidos.

Consecuencias de la explosión: interrupción o parada de los equipos, impactos por efecto de proyecciones, ondas de choque y bolas de fuego. El comportamiento de estructuras contra efectos de explosión se trata con en otro apartado. La onda de choque es una parte muy importante en los peligros mayores.

Desgraciadamente, los métodos actuales para calcular los efectos de la explosión se basan generalmente en una analogía con el explosivo (TNT) o en simulaciones numéricas en situaciones idealizadas. Varias aplicaciones a explosiones reales (como en AZF, Toulouse, 2001) han mostrado que la onda de choque teórica deducida de tales métodos puede ser muy imprecisa.

Los modelos asumen una desaparición repentina de las paredes, simplifican la difracción por obstáculos e ignoran cualquier incidencia de las condiciones atmosféricas. Estos puntos



necesitan ser aún más investigados. En forma coherente, el impulso transmitido a los proyectiles necesita, para ser estimado, prever las trayectorias y las condiciones de impacto.

El último punto concierne los flujos del calor. Hay flujos instantáneos en la explosión pero los picos de flujo pueden ser muy superiores a estos para fuegos (3 veces a 10) ya que si la llama es suficientemente grande puede dar lugar a un peligro. Esto es particularmente cierto para BLEVEs o explosiones de grandes bolsas libres de gas. Parece que este campo ha sido muy poco estudiado.

1.2.5 Dispersión de materiales peligrosos en el entorno industrial

En el campo de la evaluación del riesgo los modelos de pluma integral y los modelos de dispersión de gases pesados son los más amplia y frecuentemente utilizados. Para calcular la carga tóxica con la distancia, estos modelos simulan mecanismos de dispersión pasiva investigados hace 25 años. Estos primeros modelos gaussianos de generación se basaron en datos experimentales de medidas de concentración a favor del viento a distancias de menos de 1 km.

Ahora la investigación en dispersión atmosférica ha progresado substancialmente, haciendo obsoletos los modelos citados.

Investigación a medio plazo (3 años)

Los modelos de la próxima generación se han desarrollado para tener en cuenta la turbulencia atmosférica de una forma mejor. Estos modelos se han probado ampliamente y han sido validados en el campo de la calidad del aire, pero se tienen que realizar aplicaciones y validaciones para casos de accidentes tóxicos.

Además la mayoría de las medidas en los datos experimentales están en la zona del porcentaje (> 1000 ppm) y muy pocos conjuntos de datos se podrían encontrar en la zona baja de ppm (la zona de algún umbral tóxico).

Es necesario adaptar y validar el nuevo modelo de enfoque de la meteorología y turbulencia para mejorar el cálculo de la concentración tóxica con la distancia.

También es necesario investigar sobre fugas líquidas, derrames con formación de charcos, evaporación, dispersión, etc. de sustancias licuadas con dos fases como LNG, LPG. Aspectos específicos son fugas sobre agua y el cambio de dispersión "gas denso" a dispersión "neutra".

1.2.6 Sistema Armonizado Global (GHS) en el tratamiento de propiedades, clasificación y umbrales toxicológicos de sustancias. Desarrollo de técnicas de ensayo alternativas para REACH

Los cambios en la normativa de clasificación, envasado y etiquetado de sustancias (GHS), así como en la seguridad de producto (REACH), ponen de manifiesto la necesidad de investigaciones que apoyen con la información complementaria que para su puesta en práctica es necesaria.

Al tratar la clasificación de las sustancias, respecto a sus propiedades, la determinación de umbrales de toxicología, etc., hay que tener en cuenta la próxima implantación del Sistema Armonizado Global (GHS) con impactos potenciales en Seveso II y en la normativa OSH (SST).



Como consecuencia de la aplicación de esta normativa, la mayoría de las sustancias serán objeto de la aplicación de nuevos requisitos en materia de:

- Accidentes mayores
- Condiciones de uso seguro más exigentes que las actuales y mejor determinadas
- Normativa de seguridad y salud (SST)
- Autorizaciones especiales para su uso
- Restricciones en su comercialización y uso

Como resultado, aún se requiere un intenso trabajo en cálculo y evaluación de los modelos propuestos y en la definición de un procedimiento más exacto para un diseño más seguro de estos importantes sistemas de protección.

1.2.7 Contaminantes físicos y químicos. Desarrollo de mecanismos de actuación ante agentes contaminantes (ruido, vibraciones, radiaciones, ag. químicos etc.)

Se propone incluir las siguientes líneas de investigación:

- Profundización en los mecanismos de actuación sobre el organismo de los agentes físicos contaminantes tradicionales: ruidos, vibraciones, ambiente térmico, radiación así como sus interacciones entre ellos y con otros agentes.
- Estudio de los mecanismos de actuación de tóxicos en el organismo (vías de entrada, distribución, interacciones, metabolización, eliminación, determinación en fluidos biológicos, etc.)

En lo que respecta a REACH, será necesario crear métodos para la sustitución de los que requieren ensayos con animales, o simplemente métodos alternativos a los propuestos en la normativa, pero de más bajo coste. Asimismo, se abre toda una línea de determinación de propiedades de sustancias y de mezclas, y de ensayos de todo tipo, necesarios para poder tipificar los agentes químicos que se ponga en el mercado.

1.2.7.1 Escenarios de exposición

La aparición de REACH pone en escena un aspecto, que si bien no es nuevo, en cambio su tratamiento de forma generalizada y sistematizada sí lo es; se trata del escenario de exposición. Hasta la fecha, los escenarios de exposición conciernen única y exclusivamente al empresario que lleva a cabo la evaluación del riesgo que se produce en sus instalaciones, generalmente bajo la normativa de seguridad y salud. Sin embargo, al aparecer en REACH, el escenario de exposición ha de ser determinado por el fabricante, importador o suministrador, quien elabora sus productos para ser usados en unas condiciones acotadas y determinadas. Todo uso fuera de estas condiciones no queda cubierto por el fabricante, y por tanto es ilegal, salvo que el usuario decida llevar a cabo la evaluación y registro de dicho escenario para sí mismo y por su cuenta, es decir a su cargo.



La primera conclusión es que va a ser necesario identificar escenarios de exposición existentes e investigar con respecto a nuevos escenarios de exposición o escenarios que puedan haber sido olvidados.

Investigación a corto plazo

- Desarrollo de procedimientos y métodos para evaluar los riesgos emergentes en el diseño y desarrollo de nuevas tecnologías, procesos, productos y servicios.
- Necesidades de ayuda en Guías que complementen los desarrollados por medio de los proyectos RIP (REACH Implementation Project)
- Creación de herramientas de formación y de divulgación de las nuevas disposiciones sobre seguridad de productos químicos.
- Nuevos métodos de ensayo que mejoren los actuales y minimicen los costes y los ensayos con animales.
- Obtención de parámetros de las sustancias y sus mezclas, dirigidos a la elaboración del informe de seguridad química y las evaluaciones de riesgo.

1.2.7.2 Identificación de escenarios de exposición

Evaluación del impacto de aplicación de la normativa GHS, y recomendación de plazos de entrada en vigor. En el momento actual, la Comisión Europea no tiene establecidos los plazos de entrada en vigor del GHS para las distintas sustancias y preparados. Se ha barajado la hipótesis de coordinarlo con la aplicación de REACH a las distintas sustancias y preparados. Podría ser de interés en el caso de que la Comisión no elaborase previamente un plan de puesta en práctica.

Otro tema a tener en cuenta es el análisis del impacto a nivel de sectores de actividad empresarial que agrupen a usuarios.

1.2.8 Riesgo nuclear

- Evaluación del riesgo derivado del tratamiento de residuos nucleares procedentes de centrales en fase de desmantelamiento.
- Desarrollar metodologías para la identificación y caracterización de los riesgos asociados a las operaciones del proceso de tratamiento.



1.3 Desarrollo validación y armonización de métodos y herramientas para mejorar la evaluación del riesgo

1.3.1 Métodos y pautas para la selección de tipos de consecuencias en el marco de la metodología del Análisis del Riesgo Químico

Una etapa fundamental en un procedimiento completo de Evaluación del Riesgo es la identificación de todos los posibles accidentes que pueden tener lugar en una instalación industrial. Con este objetivo, se han propuesto con el paso de los años diferentes metodologías (Hazop, FMEA, etc.) que actualmente tienen un buen nivel de fiabilidad y son ampliamente adoptadas en muchas aplicaciones. Sin embargo, cada accidente puede ocasionar muchas y diferentes situaciones finales (llamadas consecuencias), dependiendo de muchos parámetros que afectan a su evolución (estado del tiempo, condiciones de liberación, etc.). Para cuantificar el riesgo asociado a una instalación dada/equipo/o parte de equipo, todas las consecuencias identificadas se tienen que evaluar en términos de áreas de impacto y frecuencia de ocurrencia. Esto consume mucho tiempo, y no siempre lleva a una más exacta cuantificación del riesgo. Como resultado, se requiere una fase de selección de consecuencias.

Investigación a medio plazo (3 años)

Hasta ahora, no se ha propuesto ninguna metodología específica y la selección es principalmente a discreción del analista. Basado en esto, es claro que se necesitan urgentemente metodologías más efectivas y ampliamente reconocidas para la selección de consecuencias.

1.3.2 Evaluación de la eficacia de contramedidas

Hay un gran número de modelos teóricos que describen los aspectos de la seguridad. Las entrevistas y las discusiones realizadas en el marco de estudios acerca de Barreras de Seguridad y Funciones de Seguridad pusieron de manifiesto una necesidad adicional de mejorar y rentabilizar la modelización de los aspectos de la seguridad.

Esto se debe transformar en herramientas adecuadas. Una conclusión preliminar es que tal desarrollo requeriría un esfuerzo combinado de las personas en aspectos diferentes tal como los factores humanos, en el análisis probabilístico, y en un sistema general de enfoque a la seguridad.

Investigación a corto plazo

La investigación debe enfocarse en primer lugar al desarrollo de herramientas capaces de:

- Proporcionar una vista general de los sistemas complejos con los que las personas que gestionan el riesgo tienen que tratar;
- Simular las contramedidas definidas para evaluar su impacto (inclusive la realidad virtual, modelos de planta de tres dimensiones etc.);



- Apoyar el proceso de decisión (enfocado a la conexión entre la fase de la evaluación del riesgo y la gestión del mismo).

La investigación debe proporcionar también los métodos de valorar la eficacia de las contramedidas humanas y organizacionales.

Investigación a medio plazo (3 años)

La investigación debe apoyar vías fáciles que puedan establecer un escenario verdadero, flexible, fiable y reproducible, capaz de probar la eficacia de contramedidas para experimentos en condiciones reales de uso para evaluar su riesgo y su mitigación.

Esto se tiene que hacer por medio de un enfoque avanzado, y dentro de esta área de investigación deben definirse métodos efectivos para proponer posibles escenarios a pequeña escala, cuando no es posible evaluar la mitigación del riesgo, por ejemplo, por medio de ensayos a escala natural de fuego ó toxicológicos.

1.3.3 Evaluación y gestión de los riesgos que surgen de agentes perjudiciales en entornos de trabajo y vida.

Esta es un área no desarrollada completamente, donde las consecuencias pueden ser muy importantes para todos los ciudadanos sean o no europeos.

Las metodologías actuales de hecho no han producido información suficiente acerca de los efectos de la mayoría de los agentes perjudiciales existentes en la salud humana y en el ambiente. La identificación y evaluación de riesgos (cubriendo el peligro de una sustancia así como su exposición a humanos y al ambiente) ha resultado lenta, como también lo ha sido la introducción subsiguiente de medidas de gestión del riesgo. El sistema actual ha impedido la investigación e innovación, causando a la industria química de la UE en estos aspectos un retraso respecto a sus homólogos en EEUU y Japón.

Investigación a medio plazo (3 años)

- Nuevos métodos para la evaluación de la exposición a sustancias químicas (por ejemplo, a la contaminación orgánica persistente)
- Modelos y métodos para la evaluación de la exposición a sustancias peligrosas en los entornos de vida y trabajo, inclusive la evaluación de efectos complejos en la exposición a agentes químicos
- Exposición Dérmica de los profesionales de la industria, la agricultura y aquellos relacionados con actividades de cuidado de la salud.

Investigación a largo plazo (5 años)

- Desarrollo y validación de métodos para la evaluación y gestión de riesgos en sectores específicos (por ejemplo, evaluación y gestión de riesgos en la construcción, en la educación, en la salud y la asistencia social)
- Diseño de nuevos sistemas para la puesta en común de datos.

1.3.4 Pautas y métodos para la evaluación del riesgo en el transporte de materias peligrosas

La evaluación de riesgos en el transporte de materias peligrosas se derivan de las bien conocidas técnicas de Análisis Cuantitativo del Riesgo (QRA). Sin embargo, en el caso del transporte, se requiere una cantidad mayor de información (estado del tiempo, modalidades de liberación, frecuencia de accidentes, información territorial, distribución de la población, etc.) para llevar a cabo los cálculos ya que la fuente de riesgo se mueve en un ambiente continuamente cambiante. Esto impide una difusión más amplia de esta técnica, independientemente de la apreciación de que el riesgo asociado puede ser comparable con el de instalaciones fijas y que grandes grupos de población pueden estar afectados por el peligro correspondiente.

Investigación a medio plazo (3 años)

En base a esto, se requieren nuevos esfuerzos para la definición de pautas y metodologías específicas y, sobre todo, la disponibilidad de herramientas efectivas dedicadas a la cuantificación y evaluación del riesgo asociado a actividades de transporte de sustancias peligrosas (tóxicas, inflamables, inestables/reactivas). Además, tales herramientas deben ser también suficientemente sencillas, para que personal no experto pueda ser capaz de utilizarlas en su actividad diaria.

1.3.5 Integración de métodos de otras áreas

Las metodologías para la evaluación y gestión del riesgo tienen que ser integradas con investigaciones desarrolladas en otras áreas, no siendo este un área aislada sino totalmente relacionada con otras.

Se trata de promover la aplicación de metodologías utilizadas en otras disciplinas ajenas a la Seguridad pero que en su filosofía de aplicación pueden resultar muy útiles en la gestión del riesgo y su tratamiento.

Investigación a corto plazo

Debe enfocarse particularmente a factores humanos.

El error humano, de hecho, provoca una tasa alarmante de fallos a través de un amplio espectro de industrias en el mundo. Algunas industrias han procurado cuantificar el número de errores finalmente atribuibles a fallos humanos. En muchas industrias, tal como la aviación, la química, la marítima, y en campos relacionados, entre un 80% y 90% de accidentes parecen ser el resultado de fallos humanos.

Las altas tasas de fallo y el hecho de que los resultados del error humano pueden tener como consecuencia la pérdida de vidas y un alto coste. Esto implica que la necesidad de analizar y evaluar la seguridad ante el error humano es crucial.

Las metodologías para analizar el error humano tienen que desarrollarse más, ser mejoradas y tienen que ser validadas.



1.3.6 Demostración de que el riesgo es tan bajo como sea razonablemente practicable (ALARP)

El propósito central de un informe de seguridad (también denominado caso de seguridad o documento de aseguramiento de la seguridad) es el examen de la adecuación de las medidas existentes de seguridad para evitar, prevenir, controlar y mitigar los accidentes mayores. Tal examen trae consigo la consideración de las medidas adicionales potenciales de seguridad que pueden ser puestas en operación. Esta consideración debe ser consecuente con el principio de precaución adoptado por los países de UE y el principio de ALARP, que requiere que los riesgos sean tan bajos como sea razonablemente posible.

La revisión reciente de los informes de seguridad en el contexto de Seveso 2 llevada a cabo por el Centro europeo de la Seguridad del Proceso (EPSC) ha identificado variaciones significativas entre países diferentes de UE. Por ejemplo, el esfuerzo requerido para elaborar el informe de seguridad varía de 7,5 meses-hombre a 50 meses-hombre, con la variación inevitable en la calidad. Por otro lado, está la experiencia del Reino Unido en la aplicación de los puntos del régimen del caso/informe de la seguridad y en la que se concluye:

1. El caso/informe de la seguridad no se utiliza en el día a día del negocio; en muchos casos se archiva para ser “desempolvado” solamente como evidencia.
2. La aceptación del caso/informe de la seguridad (o la re-aceptación) es el objetivo clave, y, la mejora continua en la salud y la seguridad, llegan a ser un asunto secundario.
3. Poca evidencia puede encontrarse en las consideraciones a tener en cuenta en los informes de seguridad en relación a los Factores Humanos (HF), por ejemplo, la aplicación de las normas de seguridad para el usuario final o la participación de facultativo de HF en la adquisición y el diseño. No se encuentra ninguna evidencia de la inclusión del HF en el proceso organizacional, por ejemplo, la inclusión de información sobre la estructura de empleados para la evaluación del desarrollo práctico de la aplicación de medidas de seguridad, la fiabilidad y la seguridad.
4. La demostración de la garantía de la seguridad en muchos casos parece perdida en estimaciones numéricas del riesgo y es considerada como un componente adicional al proceso numérico en vez de ser aplicada desde la descripción de la instalación, a las buenas prácticas, hasta la identificación del peligro y la demostración de las barreras suficientes de seguridad, etc. El análisis cuantitativo del riesgo es a veces mal considerado en este proceso.

Investigación a medio plazo (3 años)

Desarrollo de un modelo para la preparación del informe/caso de seguridad que sea válida en la UE y que coordine también los esfuerzos requeridos. Los objetivos principales de tal modelo son:

- Implantar el enfoque basado en “lo más que se puede hacer para mejorar la seguridad”, en vez de enfocarse en el juego de números;



- Facilitar una total participación y comprensión del análisis del riesgo por todas las partes interesadas (administración, trabajadores, contratistas, etc.) para evitar la autosuficiencia;
- Contribuir a una alta implicación de los trabajadores en la gestión del peligro;
- Constituir la base para la completa demostración de la fiabilidad de la seguridad y la inclusión de factores humanos, organizacionales y de gestión.
- Definir y determinar claramente la responsabilidad de los agentes involucrados;
- Formar parte del Sistema de Gestión de la Seguridad (SGS) y facilitar el uso de día a día del SGS;
- Mejorar la calidad de la demostración de la fiabilidad de la seguridad y hacer más eficiente la preparación del informe/caso de seguridad.

Investigación a largo plazo (5 años)

- Aplicar el modelo a varias compañías líderes para recoger la mejor práctica para la gestión de la seguridad.
- Aplicar el modelo a varias industrias y países diferentes a través de UE.
- Organizar y llevar a cabo talleres a través de la UE para facilitar la aplicación y el uso en el nuevo enfoque a la fiabilidad de la seguridad.

1.3.7 Evaluación del riesgo por funcionamientos defectuosos

La evaluación de riesgos debe incluir también los defectos por funcionamientos defectuosos en sistemas industriales. Los funcionamientos defectuosos provocan la pérdida de productividad y situaciones también muy peligrosas durante el fallo y durante la ejecución de las actividades de corrección. Los diseñadores y los fabricantes normalmente no “creen” que los funcionamientos defectuosos van a ocurrir y, por lo tanto, no hacen nada para diseñar alguna “protección” para estos hechos.

1.3.8 Evaluación del riesgo en la seguridad de maquinaria industrial

La evaluación del riesgo es un procedimiento bastante nuevo para calcular el nivel de seguridad de las máquinas industriales. Incluye el lugar de trabajo para el operario y otro personal y la seguridad de sistemas de control y partes operativas que controlan las partes móviles de maquinaria. Muchos fabricantes de máquinas son PYME's y muchos de ellos tienen un nivel bajo del conocimiento y recursos escasos para llevar a cabo la evaluación del riesgo considerada como tal. Puede ser importante aplicar métodos de evaluación de riesgo experimentados en otros campos en materia de seguridad de maquinaria industrial.

1.3.9 Evaluación del riesgo de explosión en equipos para atmósfera explosiva: metodologías para la verificación de la conformidad.

Muchas instalaciones con presencia de atmósferas explosivas emplean aparatos, equipos de proceso y sistemas de protección contra explosión que fueron instalados y puestos en funcionamiento antes de la entrada de las nuevas directivas sobre atmósferas explosivas. Esto es particularmente generalizado en el empleo de equipos no eléctricos, donde no existían modos de protección. Para realizar la evaluación del riesgo de explosión es fundamental analizar la posibilidad de presencia de fuentes de ignición en los propios equipos y valorar la probabilidad de activación de dichas fuentes. Es necesario sistematizar un procedimiento de análisis meticuloso de las diferentes fuentes de ignición posibles y a las situaciones bajo las que pueden activarse en los diversos tipos de equipos de proceso, estableciendo frecuencias o niveles de probabilidad.

Investigación a medio plazo (3 años)

Determinación de procedimientos para el análisis de fuentes de ignición en condiciones de funcionamiento normal y bajo condiciones de fallo. Análisis de equipos de proceso y sistemas de protección para determinar frecuencias de fallo y definición de niveles de integración de la seguridad.

1.3.10 Métodos para la evaluación del riesgo de explosión en instalaciones ATEX

Para la evaluación del riesgo de explosión en instalaciones donde se procesan sustancias inflamables es necesario establecer metodologías adecuadas para valorar la probabilidad de formación de las atmósferas explosivas así como la activación de fuentes de ignición debidas a los propios equipos o a operaciones realizadas en las instalaciones. El desarrollo de métodos específicos para la estimación del riesgo en cuanto a su frecuencia de activación y en las consecuencias previsibles de la explosión, junto con la consideración de la posible propagación de la explosión y sus efectos esperables permitirá llegar a la valoración del riesgo y determinar su aceptabilidad, así como definir las medidas adecuadas para prevenir las situaciones de riesgo y reducir o eliminar los efectos de la explosión.

Investigación a medio plazo (3 años)

Análisis de la aplicabilidad de metodologías de análisis cuantitativo o semicuantitativo para determinar la probabilidad de formación de atmósfera explosiva y su iniciación. Estudio de metodologías adecuadas al análisis de consecuencias en el caso de explosión con particular atención a la probabilidad de propagación de la explosión.

1.3.11 Desarrollo de métodos simplificados de evaluación de riesgos para la seguridad y la salud dirigidas a las PYMES

Se propone crear un nuevo punto que se oriente a la creación de métodos de evaluación de riesgos de cara a las PYME, que reúnan las siguientes características:

- No requerir conocimientos técnicos para su aplicación, ni experiencia previa. Tan sólo el conocimiento del proceso a evaluar



- Orientar al empresario hacia las soluciones más adecuadas para su actividad
- Proporcionar una priorización de riesgos y medidas, de forma que se facilite la planificación de las mejoras necesarias.
- Identificación clara de las situaciones que requieran conocimiento experto para su valoración y establecimiento de la actuación adecuada.
- Integrables entre sí, de forma que se obtengan conclusiones que puedan ser comparadas con las obtenidas para otros factores de riesgo. Por ejemplo, que todas las evaluaciones permitan entrar sus conclusiones en el sistema binario, de forma que se puedan comparar todas las situaciones de riesgo, independientemente de que éstos estén relacionados con la seguridad, la higiene industrial, la ergonomía o la psicología.

Esta línea de actuación es importante de cara a obtener el máximo rendimiento al gasto que las empresas hacen en seguridad y salud laborales, dirigiéndolo prioritariamente a inversiones en mejora de las condiciones de trabajo, y por tanto a la reducción de la siniestralidad laboral.

1.4 Desarrollo validación y armonización de métodos y herramientas para mejorar la gestión y el control del riesgo

1.4.1 Lenguaje común de control

Uno de los factores claves es el conflicto acerca de transparencia y la participación de los diferentes actores sociales en la toma de decisiones.

Cualquier nuevo enfoque sobre la gestión del riesgo no debe, por lo tanto, estar basado en la creencia de que una descripción de la situación del riesgo vía modelos y métodos científico/técnicos solamente, permitirá construir la confianza en ciertas tecnologías y su aceptación.

Un enfoque participativo en la gestión del riesgo implicaría a todas las partes interesadas en las primeras fases del proceso de caracterizar y valorar los riesgos antes de presentar una solución completa, y así integraría verdaderamente la fase de la evaluación del riesgo con la de gestión del riesgo. El éxito de tal enfoque depende principalmente de su habilidad en responder a las necesidades de todas las partes interesadas.

Los enfoques participativos sobre la gestión de riesgos no disminuyen el papel de las evaluaciones científicas sino que apuntan a obtener valores de la comunidad implicada y así evitar los hechos que no aporten valor. Desde esta perspectiva, los actuales conflictos y controversias que rodean los riesgos tecnológicos no serían en lo sucesivo debidos a irracionalidad ni ignorancia públicas sino que en vez de eso, quizás sean vistos como un efecto colateral de una sociedad democrática participativa, amplificados por recientes cambios, tecnológicos y sociales.



Investigación a medio plazo (3 años)

Esta área de investigación debe enfocarse en la creación de grandes bases de datos, en la implementación de herramientas para compartir los datos, y en la recogida de información.

1.4.2 Percepción del Riesgo

La experiencia de las últimas décadas recientes ha demostrado que una estrategia de comunicación de riesgos necesita enfocarse a entender cómo el público percibe el riesgo, cómo los medios trasladan la información recibida de científicos o responsables de formular la política pública, y cómo representantes del público y el sector privado pueden relacionar mejor la información del riesgo sobre una gran variedad de disciplinas. El desarrollo industrial intensivo, especialmente de la industria química, a menudo ha requerido la comunicación del riesgo tecnológico. En sociedades democráticas, los procesos decisorios han implicado cada vez más el público como legítima parte interesada, a menudo creando un 'riesgo' de que la comunicación sea manejada por no-expertos. Además, la implementación del principio del derecho a conocer ahora consagrado en muchas leyes y reglamentos nacionales e internacionales ha significado que muchos procedimientos de evaluación ahora incluyen la participación pública. Esta evolución creó la necesidad de un enfoque sistemático para la comunicación del riesgo en la implementación pública de la política.

La gestión del riesgo tiene que ser mejor entendida por los operadores. En contraste con la evaluación del riesgo, de hecho, la gestión del riesgo se basa en gran parte en la política (la respuesta a percepciones) antes que en la ciencia (la respuesta a hechos), y los conflictos y las controversias que rodean al riesgo a menudo vienen de ignorar la distinción fundamental entre hechos y valores. Esto es especialmente verdad a nivel de las reglamentaciones inter/nacionales (no tanto en las de compañía) donde afecta el proceso de fijación del objetivo de riesgo (y no tanto la implantación de medidas para la reducción y el control del riesgo).

La gestión del riesgo difiere apreciablemente entre industrias y países, principalmente como resultado de percepciones diferentes, actitudes y valores hacia riesgos específicos en contextos sociales diferentes, que, a su vez, determinan el alcance y la definición de los pasos del proceso en la fase previa a la evaluación del riesgo, teniendo como resultado las diferencias ya mencionadas en metodologías de evaluación de riesgo.

Tal y como demuestra la investigación sobre la percepción del riesgo, además de los meros criterios de riesgo basados en hechos, es decir la probabilidad de la ocurrencia y la extensión del daño, otros criterios basados en el valor se aplican en la caracterización de los riesgos y para recoger las múltiples dimensiones del riesgo.

Demasiadas veces, la evaluación del riesgo se ha considerado poco satisfactoria por la comunidad afectada, que atribuye valores diferentes a dimensiones no asumidas en el análisis basado en hechos. Las características del riesgo basadas en hechos de una tecnología en cuestión no se pueden considerar aisladas de las circunstancias humanas, materiales y de gestión de su aplicación.



Investigación a corto plazo

De las combinaciones de más hechos, y de más criterios basados en valor, se pueden deducir las diferentes clases del riesgo, para las cuales tienen que ser desarrolladas entonces estrategias específicas de la gestión del riesgo.

La toma de decisiones basada en el riesgo es, así, una actividad científica y social y, como tal, se ve afectada por la producción del conocimiento y una comprensión compartida de la realidad.

Los operadores deben ser capaces de utilizar estas herramientas y asumir su propiedad y comprensión. Hay una gran necesidad de herramientas de uso sencillo y modelos que sean disponibles para los usuarios (tal como los simuladores).

1.4.3 Gestión del riesgo, basada en el conocimiento y en la integración

Garantizar la seguridad requiere que sea establecido un sistema de gestión de la seguridad. El propósito del sistema de la gestión de la seguridad es facilitar la gestión de una planta industrial, para asegurar que los riesgos evaluados permanezcan bajo los niveles de tolerancia/aceptación, para apuntar a mejoras de seguridad, etc. Sin embargo, en la práctica se han identificado las necesidades siguientes:

- Que la Cantidad de información transferida sobre la identificación de peligros y el análisis de riesgos del sistema de gestión de la seguridad sea suficiente. El análisis de riesgos sea suficientemente entendido por los trabajadores y que sea utilizado en el día a día del negocio.
- El Sistema de gestión de la Seguridad debe dejar de ser un ejercicio sobre el papel y llenarse de procedimientos documentados, que puedan llevar a: el autocontrol, las buenas prácticas y la confianza debido a la ausencia de accidentes, etc.
- La gestión del peligro en la mayoría de los casos trata con fallos del proceso y poco con los fallos de la gestión y de la organización de la planta (fallos humanos). El análisis de factores de gestión y organizacionales raramente se incorporan en el sistema de gestión de la seguridad. El sistema de gestión de la seguridad debe garantizar que sus operaciones son seguras. Demostrar esto al legislador es solamente un asunto secundario.

Investigación a corto plazo

Hay necesidad de simplificar y vigorizar el sistema de gestión de la seguridad. El esfuerzo debe enfocarse a vincular el análisis del riesgo a las tareas diarias del personal, incorporando los fallos humanos, organizacionales y de gestión en este sistema, y simplificando el sistema de gestión de la seguridad para que se pueda enfocar mejor en la demostración de que el riesgo es tan bajo como razonablemente sea practicable y que se ha incorporado en el diseño y en la operación de la instalación la suficiente seguridad.

La gestión del riesgo debe incorporar todas las facetas del mismo, y encardinarse en los procesos de gestión existentes en la organización, implicando además a todos sus integrantes. En resumen, la gestión de la seguridad debe:

- Integrar la previsión, la prevención y el control de todos los riesgos



- Incorporar estos mecanismos a la práctica diaria de la organización
- Implicar a Dirección, mandos, técnicos y trabajadores

1.4.4 Desarrollo de modelos más efectivos para la planificación y gestión de respuestas ante emergencias

La mejor manera de gestionar una emergencia es que no se produzcan, lo que requiere en primer lugar de una detección temprana. Para tener un sistema eficiente de la gestión de la Seguridad es necesario controlar la situación continuamente para medir las posibles desviaciones y analizar los escenarios posibles para determinar bajo qué condiciones puede tener lugar una emergencia real.

Cuando se detecta alguna situación de desviación anómala, se deben aplicar las acciones de protección requeridas. Se trata de evitar la emergencia y de estar preparado en caso de que la emergencia real suceda.

La gestión de la emergencia implica diferentes fases y cada una tiene sus propias necesidades especiales y requisitos:

- El análisis del riesgo (Previsión) posibilita el pronóstico (predicción),
- Prevención, que son las acciones previas para evitar la emergencia,
- Identificación de la emergencia, la gestión de la emergencia y su terminación y evaluación.

1.4.4.1 Previsión, Prevención y Gestión de la Seguridad Industrial

La Sala de Gestión de la Seguridad es un mecanismo de visión integradora de la realidad compleja y del conocimiento de las situaciones de los escenarios industriales.

En grandes complejos industriales existe y se usan Salas de Control, sin embargo, en polígonos industriales multiempresa existen carencias importantes y desconocimiento de las múltiples cadenas de riesgo existentes, motivadas estas por las actividades que se realizan dentro de cada polígono industrial.

Investigación a Corto Plazo

- Proponer un buen método de identificación y catalogación de los peligros y vulnerabilidades existentes en las actividades industriales y especialmente en parques empresariales (multiempresa), y en edificios singulares con actividades económicas. Ya que, aunque las empresas puedan conocer los riesgos de su propia actividad, desconocen los riesgos de las actividades de las empresas vecinas y las de su entorno inmediato, y las cadenas de riesgo que pueden surgir en dicho entorno.
- Diseñar las buenas prácticas para entornos industriales multiempresa
- Definir los buenos modelos de Organización y de Sala de Control para la gestión de la seguridad en entornos multiempresa.



1.4.4.2 Análisis y percepción del riesgo en emplazamientos peligrosos (atmósferas explosivas, espacios confinados).

Los trabajos y actividades de personas en emplazamientos tales como espacios confinados, atmósferas explosivas, etc. llevan generalmente asociadas situaciones de peligro que es preciso identificar y evaluar para evitar los riesgos derivados.

Desconocimiento, falta de planificación, utilización de equipos inadecuados, incompatibilidad de trabajos, falta de coordinación, mala preparación de las instalaciones previa al acceso, confianza ... son elementos que influyen en la mayoría de los accidentes ocurridos en estos emplazamientos.

Investigación a medio plazo (3 años)

Desarrollar modelos de planificación de actividades en emplazamientos peligrosos encaminados a detectar y analizar: riesgos debidos al tipo de emplazamiento; riesgos debidos a los posibles productos que puedan presentarse en el mismo; posibles riesgos generados por equipos de trabajo (focos de ignición, emisores de gases); posibles riesgos generados por los trabajos; posibles incompatibilidades de actividades en un mismo emplazamiento; posibles riesgos debidos a factores externos (factores climáticos) características especiales de los equipos de trabajo necesarios; equipos de detección y vigilancia necesarios; equipos de protección adecuados;

Implementar métodos de formación, información y concienciación para los trabajadores implicados, basados en los análisis anteriores.

Investigación a largo plazo (5 años)

Se propone el desarrollo de métodos sistemáticos para la identificación de los peligros en función de los diferentes tipos de emplazamientos, su localización, las actividades a realizar.

Se propone el desarrollo de métodos de actuación para el desarrollo de actividades en emplazamientos peligrosos, basados en el análisis previo de riesgos.

1.4.4.3 La evacuación en la Emergencia y evacuación en espacios confinados y/o de difícil acceso

La evacuación de emergencia de instalaciones peligrosas (plataformas cercanas a la costa, grandes refinerías, etc.) ha sido modelizada en el análisis del riesgo utilizando los datos de ejercicios de respuesta de emergencia, los factores humanos, los programas de tipo red, etc.

Lo que no se incluye en todos modelos existentes es la toma de decisiones autónoma por el personal. La denominada "modelización basada en el agente" (Agent Based Modelling) que esta ganando popularidad, presenta mejoras en esta área. En este enfoque cada agente valora individualmente la situación y toma decisiones por reglas fijas. Los agentes pueden ejecutar diversos comportamientos apropiados para el sistema que ellos representan. Aún un modelo sencillo basado en los agentes puede presentar pautas de conducta complejas y proporcionar información valiosa acerca de la dinámica del sistema de respecto a la realidad que trata de emular.



Investigación a medio plazo (3 años)

Desarrollar un modelo de la evacuación en la emergencia o situaciones caóticas, basado en agentes, con desarrollo de escenarios dinámicos (por ejemplo: salidas intransitables después de cierto tiempo, etc), y vincular el comportamiento y la toma de decisiones individuales al comportamiento observado en personas reales durante emergencias.

Investigación a largo plazo (5 años)

Mejorar el comportamiento individual en la toma de decisiones por inclusión de factores humanos y organizacionales y probar el modelo previamente desarrollado. Aplicar el modelo a escenarios de evacuación de la vida real. Enfocar esta etapa a la captación de los fenómenos que surjan durante la evacuación de emergencia.

Los trabajos y actividades de personas en espacios confinados llevan generalmente asociadas situaciones de peligro que es preciso identificar y evaluar para evitar los riesgos derivados.

Se propone el desarrollo de métodos sistemáticos para la identificación de los peligros en función de los diferentes tipos de espacios confinados y los trabajos y/o actividades realizados en los mismos.

1.4.5 Refuerzo del Sistema de Gestión de la Seguridad

La gestión de la prevención del riesgo es la piedra angular sobre la cual se apoyan los resultados en la reducción de siniestros de todo tipo. Es necesario que se base en la aplicación de un sistema para que sea eficaz, y que este sistema se integre en la organización, cultura y actuación de la empresa en todo momento. También debe evolucionar al mismo ritmo que lo hacen la organización y la sociedad en la que ésta desarrolla su actividad.

Por todo ello, es necesaria una constante labor investigadora que permita identificar las lagunas existentes y las actuaciones que han producido logros en las organizaciones, al mismo tiempo que es necesario adelantar los cambios en el entorno que van a precisar de cambios en la gestión.

En la agenda de investigación propuesta por la Agencia de Bilbao para la Seguridad y Salud en el Trabajo se recogen una serie de líneas de investigación que son necesarias para avanzar en la adecuada gestión del riesgo. Estas líneas se desglosan a continuación, juntamente con otras desarrolladas en esta agenda:

La dimensión económica de la seguridad y salud. Comprende temas tales como

- El coste de la no-calidad, entendiendo como tales los costes relacionados con las condiciones de trabajo (incluidos los accidentes la salud, el absentismo) y con la imagen de la empresa.
- Impacto de la calidad del trabajo y del empleo en el comportamiento económico total



- Desarrollo de la gestión de las herramientas que forman parte de la dimensión de la Seguridad y Salud

Gestión de nuevos riesgos. Este apartado se ha ampliado un poco más allá de lo propuesto por la Agencia:

- Análisis de la situación de los trabajadores de mayor edad: Análisis de las relaciones entre edad y trabajo. Identificación de las políticas destinadas a prevención de la exclusión en el trabajo a causa de la edad
- Análisis de los trabajadores inmigrantes. Impacto de la cultura en la percepción y tratamiento del riesgo. Gestión de la inserción de trabajadores inmigrantes en las políticas de prevención

Prevención orientada a sistemas de seguros. Este apartado se orienta a analizar cómo se introduce la prevención en el sistema de seguro y cómo contribuye este sistema a mejorar la prevención del riesgo.

- Revisión de los sistemas de seguros laborales existentes que han intentado o empezado acciones de prevención
- Análisis de las condiciones para el éxito de estos esquemas

Esperanza de vida y trabajo (investigación longitudinal)

- Desarrollo de una amplia encuesta longitudinal europea sobre salud en el trabajo
- Análisis de los registros de defunciones y otros datos estadísticos relevantes
- Estimación de la parte específica del trabajo relacionada con enfermedades y muertes

Gestión de la prevención en las PYMEs. Este apartado está orientado al desarrollo de sistemas de gestión simplificados aplicables a las empresas de menor tamaño y a la empresa familiar, que constituyen la mayor parte del tejido empresarial europeo y español.

- Sistemas de apoyo institucional a las PYMEs en el desarrollo de políticas de seguridad y salud
- Desarrollo de herramientas de gestión de la seguridad y salud adaptadas a las particularidades de las PYMEs
- Estudios de formas de aproximación de los recursos existentes en Seguridad y Salud a las PYMEs
- Diseño e implementación de campañas formativas, informativas sectoriales, dirigidas a PYMEs

Análisis de los factores del entorno sobre las contingencias profesionales. A menudo se cita la influencia que las condiciones socio-laborales tienen sobre las contingencias profesionales, pero no se dispone de modelos de predicción de cómo determinados cambios en el marco socio-económico pueden repercutir en los niveles de siniestralidad de las empresas. Este apartado se dirige al desarrollo de investigaciones que permitan despejar los procesos que se desencadenan en el entorno laboral y social y que, si bien no son causantes de siniestros, sin embargo sí son factores condicionantes de las consecuencias de los mismos o de la percepción del riesgo y de sus consecuencias.



1.4.6 Los criterios de análisis y las herramientas de apoyo a la decisión

1.4.6.1 Las decisiones de Multi-Atributo y los criterios de la aceptación del riesgo

Los enfoques respecto a la seguridad difieren considerablemente a través de la UE. Mientras por un lado se reconoce que “el riesgo de cero” es inalcanzable y que el objetivo verdadero siempre debe ser identificar, controlar y reducir el riesgo, en otros lados, como un contraste, existe todavía la creencia de que la aplicación de las buenas prácticas incorporadas en el diseño y en otros estándares elimina el riesgo. Entre los dos extremos hay diversas alternativas, la más simple es que cuanto mas bajo sea el riesgo más bajo es el umbral prescrito, esto es aceptable y el regulador puede aceptar los desarrollos hasta este límite prescrito. Esta situación se refleja obviamente en los criterios de la aceptación del riesgo, en las implicaciones de rentabilidad, y en la legislación de la seguridad.

Una tentativa se ha hecho en el Proyecto de Saferelnet para revisar los criterios diferentes a través de la UE y tratar de aminorar las diferencias entre la variedad de enfoques de seguridad para desarrollar los criterios de la aceptación del riesgo con potencial para convergir a un planteamiento unificado. El segundo objetivo ha sido desarrollar los criterios de riesgo sociales completamente coherentes con los criterios de riesgo individuales legalmente aplicados.

Investigación a corto plazo

Es obvio que se ha conseguido algún progreso y es posible idear el marco que sería aceptable para el establecimiento de objetivos y de un enfoque preceptivo a la seguridad, pero debe trabajarse más para completar este marco unificador.

Además, al vincular los criterios sociales del riesgo a criterios individuales de riesgo, surge un aspecto interesante respecto al número de personas expuestas (en el sentido de Seveso) a quienes se aplican los criterios. Esto mostró que para tener criterios sociales coherentes del riesgo, se necesitara especificar el número de personas a las que se les aplican. Sin embargo, se necesita más investigación para incluir la densidad de personas que viven en la vecindad del sitio de mayor de peligro, en los criterios sociales del riesgo. Es decir, resolver el problema desde el punto de vista filosófico y teniendo en cuenta los impactos micro o macroeconómicos.

En un contexto industrial, hay una necesidad creciente de métodos de toma de decisiones para aplicaciones industriales, cuando objetivos mayores y opuestos tales como la seguridad y los costos están en juego. ¿Cuál es el mejor balance del riesgo-coste de acuerdo con las partes interesadas? (Por ejemplo, cual es la mejor política de la mantenimiento con respecto a la seguridad y costes?)

Este asunto se puede estudiar por métodos de toma de decisiones de multicriterios o por el análisis de coste beneficio, la aplicación del principio de precaución, y el proceso decisorio dinámico.

Actualmente, la toma de decisiones está afectada por la optimización bajo limitaciones especificadas, por ejemplo, minimizar el coste de la instalación y el mantenimiento de un sistema bajo criterios dados de aceptación con respecto a la fiabilidad de una función de la seguridad.



Limitaciones semejantes se utilizan al evaluar el riesgo, donde se imponen los criterios de la aceptación del riesgo. Recientes Investigaciones plantean que aunque tales criterios de aceptación puedan ser una vía sencilla que lleva a la asignación razonable de recursos, puede no ser óptimo. En esta actividad la validez de criterios de aceptación se investigará para encontrar si hay los casos donde el uso de criterios de aceptación de riesgo es óptimo para la salud, la seguridad, el ambiente, y el beneficio económico. Un enfoque alternativo sería optimizar por varias dimensiones diferentes: fiabilidad, economía, facilidad de uso (de un sistema nuevo), preferencias de trabajadores implicados, etc. Esto es conocido como la teoría de la decisión del multiatributo.

Investigación a medio plazo

Desarrollar los nuevos enfoques a decisiones de multiatributo y criterios de aceptación de riesgo relacionados con sistemas complejos.

1.4.6.2 El análisis de costo-beneficio

La Plataforma Tecnología de Seguridad Industrial debe incluir también un área específica de mejora del análisis costo-beneficio cualitativo y cuantitativo que puede ser un impulso fuerte para la industria y puede contribuir a una difusión más amplia de una cultura en la seguridad y de percepción del riesgo, incluso cuando el beneficio sea algo que no sea fácilmente cuantificado.

El riesgo implica pérdidas y ganancias que deben ser contrapesadas y equilibradas. Este enfoque lleva a la aplicación de soluciones basadas en la realización antes que en los requisitos preceptivos. El análisis costo-beneficio no está para poner valor a la vida humana, sino para la priorización por coste de las medidas de mitigación del riesgo.

Investigación a medio plazo (3 años)

La investigación en la Plataforma Tecnológica debe por lo tanto enfocar al desarrollo y la validación de métodos y herramientas para:

- Análisis coste-beneficio a nivel compañía, nacional, europeo e internacional
- Evaluación del impacto económico de soluciones nuevas, organizativas y técnicas en el área de OSH
- Análisis socioeconómico ligado con los datos micro y macroeconómicos (evaluar los aspectos económicos generales de la mejora de la seguridad).

Investigación a largo plazo (5 años)

Esta área de investigación debe llevar al diseño, al desarrollo, y a la validación de herramientas nuevas y comprensibles para apoyar las decisiones de gestión (inclusive sistemas de información de OSH asistidos por ordenador que apoyan las decisiones de gestión, el desarrollo de juegos de gestión que soportan las decisiones con respecto a la seguridad y la salud en compañías, etc...)



1.5 Incertidumbre y fiabilidad en la evaluación de riesgos en instalaciones complejas

1.5.1 Métodos sistémicos para estudiar la complejidad en sistemas industriales

Investigación a corto plazo (2 años)

Desarrollar técnicas globales de administración del riesgo a fin de crear elementos comunes en la gestión del riesgo para la salud y la seguridad, el ambiente y la responsabilidad social corporativa, así como entender la interacción entre ellos y su impacto en la escala micro y macroeconómica.

Investigación a medio plazo (3 años)

Desarrollar métodos innovadores de evaluación del peligro para personas expuestas a peligros biológicos, por ejemplo en industrias biotecnológicas, de alimentación, farmacéuticas y hospitales. Desarrollar técnicas específicas para la evaluación del peligro en el sector, que se incorporen a los procesos de operación y de servicio de atención al cliente.

Introducir herramientas formales de evaluación para aparatos domésticos, aplicables a procesos de fabricación y diseño de estos aparatos.

Introducir métodos formales de evaluación del riesgo para aquellos artículos producidos en serie; por ejemplo, herramientas manuales, vehículos, herramientas eléctricas y neumáticas etc.

1.5.2 Incertidumbres en la evaluación y gestión del riesgo. Cuantificación de la Incertidumbre

Las metodologías utilizadas actualmente para la evaluación y gestión del riesgo en la práctica industrial han sido desarrolladas hace tiempo y son mejorados continuamente. Un asunto crucial que todavía no puede considerarse satisfactoriamente resuelto es la consistencia de la evaluación con respecto a una cuantificación adecuada de las incertidumbres asociadas y la definición de criterios apropiados de aceptabilidad que justifiquen tales incertidumbres. Este aspecto es de importancia fundamental para la validez y la fiabilidad de los resultados del análisis del riesgo y, consecuentemente, para la consistencia de las decisiones de gestión y regulación que se basan en tales resultados. Dependiendo del problema examinado, la incertidumbre puede surgir de varias fuentes:

- Conocimiento insuficiente de la físico-ingeniería de los sistemas, los procesos y los parámetros relacionados;
- Cantidad insuficiente y calidad inadecuada de los datos disponibles, obtenidos de la experiencia operativa previa en plantas semejantes;
- Insuficiencia de la metodología, los modelos y códigos numéricos relacionados.

Todo ello implica la necesidad de completar las evaluaciones del riesgo con una estimación cuidadosa de las incertidumbres, a fin de obtener resultados objetivos que sean utilizados como base para el diseño, las decisiones de gestión y la planificación. En particular, la



necesidad surge de una manera sistemática para el análisis de las incertidumbres en la evaluación y la aceptación del riesgo: esto debe conseguirse empezando por una comprensión de la precisión de las técnicas tradicionales y puede llevar a nuevos enfoques para una evaluación más consistente del riesgo asociado al diseño, la construcción y la operación de plantas industriales. Desde el punto de vista metodológico, todo esto lleva a la necesidad de mejorar las técnicas del análisis y la simulación para proporcionar un conjunto de métodos caracterizados por diferentes niveles de precisión en orden a satisfacer mejor las necesidades del usuario.

En la actualidad, existen métodos para representar, agregar, y propagar los diferentes tipos de incertidumbre por modelos de fiabilidad y son discutidos principalmente en el ámbito de la comunidad científica. Algunos de ellos se aplican ocasionalmente y ninguno ha llegado a ser ampliamente accesible y practicable. La complejidad de los métodos existentes no permite adoptarlos y utilizarlos de una manera que sea proporcionada con la rentabilidad. Las contradicciones y heterogeneidad de los enfoques a la seguridad existentes en las industrias y países europeos agravan el problema de una “fácil” cuantificación de incertidumbre. Esta área de investigación apuntará hacia un conjunto de herramientas prácticas para la cuantificación estructurada de la incertidumbre, que sean consistentes y acordes con las necesidades de los diferentes sectores industriales y el tamaño de las industrias.

Según lo expuesto anteriormente, la investigación se debe enfocar hacia:

Investigación a medio plazo (3 años)

- Adopción y desarrollo de herramientas para la propagación de la incertidumbre a través de modelos de evaluación de fiabilidad
- Adopción y desarrollo de herramientas para la propagación de la incertidumbre a través de modelos de evaluación de consecuencias
- Adopción y ajuste de los métodos existentes sobre cuantificación de la incertidumbre
- Desarrollo de procedimientos especiales y estructurados para la cuantificación de la incertidumbre.
- Validación de los estudios de caso industriales

1.5.3 Fiabilidad y seguridad de los sistemas en red (comunicación, energía, transporte)

1.5.3.1 Análisis de seguridad y fiabilidad de redes

En los últimos años, el análisis de la seguridad y fiabilidad de redes ha recibido una atención considerable con la comprobación del diseño y la evaluación del funcionamiento de muchos sistemas reales en red del mundo, tales como sistemas informáticos y de comunicación, sistemas de transmisión y distribución de energía, sistemas de transporte ferroviario, sistemas de distribución de petróleo y gas, etc.

La evaluación de la fiabilidad de un sistema en red implica asegurar la interconexión de un conjunto de fuentes a un conjunto de objetivos en la red. Esto puede hacerse conociendo las interrupciones ó caídas del sistema. Estos enfoques conllevan problemas difíciles que requieren métodos complicados para su solución. Además, el problema llega a ser cada vez



más crítico y complejo por el hecho de que las redes se amplían y mejoran de forma dinámica en respuesta a las necesidades de los consumidores.

En la práctica, los diseños de la red deben cumplir múltiples objetivos. Además de la alta fiabilidad del sistema hay otros objetivos críticos, como los costes bajos de la implantación, los riesgos bajos de daños asociados a fallos de sistema, etc. Estos objetivos suelen contraponerse (por ejemplo, el coste bajo frente a la fiabilidad alta,) por lo que el diseño definitivo es siempre una solución de compromiso.

Según lo anteriormente mencionado, la investigación se debe enfocar hacia:

Investigación a corto plazo (2 años)

- Adopción y posterior desarrollo de herramientas para la seguridad de la red y la evaluación de la fiabilidad
- Estudio de métodos avanzados de optimización para el diseño de la fiabilidad de la red
- Validación de estudios de caso industriales

1.5.3.2 Modelización por fiabilidad y elasticidad y evaluación de sistemas dinámicos complejos

La mayoría de los métodos existentes para modelización de sistemas no tienen alcance cuando la complejidad del sistema aumenta. Algunos métodos sólo pueden utilizarse en sistemas constantes (árboles de fallos, fiabilidad de diagramas de bloques), y la mayoría de los métodos para sistemas dinámicos sólo pueden utilizarse en sistemas relativamente pequeños (los métodos de Markov, redes de Petri).

Investigación a corto plazo (2 años)

Desarrollar nuevos enfoques para la modelización de la fiabilidad y elasticidad y la evaluación de sistemas dinámicos y complejos.

Se pondrá especial énfasis en los sistemas instrumentados de seguridad (SIS) es decir, los sistemas que comprenden sensores, respuestas lógicas y unidades de accionamiento como válvulas de corte, frenos, y motores. Los SIS son cada vez más utilizados para una gran variedad de funciones y son cada vez más complejos. Las aplicaciones comprenden: sistemas automáticos de control de tren, sistemas de corte de emergencia en la industria del proceso, sistemas de control de aviación, y los sistemas usados en cirugía. Fallos de los sistemas instrumentados de seguridad han causado varios accidentes graves. Hay varios desafíos significativos dentro de esta área que necesitan más investigación. Entre estos desafíos podrían citarse: los efectos de pruebas de diagnóstico complejas, pruebas parciales de golpe, fallos por causas comunes en el hardware y el software, fallos inducidos por pruebas, pruebas no perfeccionadas, factores humanos en las pruebas, capacidad de discernir las desviaciones y restaurar las funciones, propiedades de la elasticidad, etc. Si es posible entender completamente y modelizar estos problemas, se conseguirá un gran avance para el diseño y funcionamiento de los sistemas instrumentados de seguridad (SIS), lo que repercutirá en la prevención de los accidentes graves.



1.5.4 Métodos para la evaluación dinámica de la fiabilidad

Los métodos dinámicos de la fiabilidad tienen en cuenta de una manera integrada las interacciones mutuas entre los componentes de hardware de una planta y la evolución física de sus variables de proceso, incluyendo la influencia del operario. Estos métodos se basan en un marco matemático poderoso capaz de integrar las interacciones entre los componentes y el ambiente en el que estos funcionan. Estos métodos realizan una modelación más práctica del sistema y de ahí mejora la calidad y la fiabilidad de los estudios de evaluación de riesgo.

En los últimos diez años se han formulado diversos métodos para fijar la solución al problema dinámico de la fiabilidad. Algunos han demostrado ser especialmente eficientes para tomar la carga numérica de tal análisis, teniendo en cuenta la flexibilidad en las suposiciones y para un análisis completo de la incertidumbre y la sensibilidad. En sistemas reales, el enfoque dinámico al análisis de la fiabilidad es probable que requiera un incremento significativo en los esfuerzos de cálculo, debido a la necesidad de integrar la evolución dinámica con sus tiempos típicos. El rápido aumento de la capacidad de los ordenadores ha facilitado, y continuará facilitando, esta tarea haciendo posible cada vez más la incorporación de la dinámica en los modelos de seguridad y fiabilidad de los sistemas de ingeniería complejos.

La definición en el tiempo de los procesos dinámicos puede hacer la simulación bastante compleja, teniéndose que recurrir a modelos simplificados de la evolución del proceso. Tales modelos se basan típicamente en los parámetros efectivos agrupados cuyos valores necesitan ser estimados convenientemente en tanto se ajusten mejor a los datos disponibles de la planta. Las aplicaciones de modelos de parámetros reducidos y agrupados ya existen, por ejemplo, en el campo de seguimiento y control de procesos. Una vez que las ecuaciones del modelo reducido se han establecido, se pueden utilizar varios enfoques para la calibración modelo, es decir para la búsqueda de los valores óptimos de parámetros.

De lo expuesto anteriormente, la investigación se debe enfocar hacia:

Investigación a corto plazo (2 años)

- Adopción y ajuste de los métodos dinámicos de fiabilidad existentes
- Comprobación de los métodos dinámicos de fiabilidad en casos industriales
- Estudio de métodos de cálculo avanzados para el desarrollo de modelos dinámicos reducidos
- Estudio de métodos avanzados de optimización para la identificación de los valores de los parámetros en los modelos reducidos

1.5.5 Medida del riesgo y medida del riesgo dinámico

Durante los últimos años, se han realizado grandes esfuerzos para mejorar la seguridad y salud profesional, y la industria pueden estar orgullosa de sus logros. Sin embargo, esta pauta de mejora no se ha manifestado en la gestión de los peligros de accidentes mayores. Muchas organizaciones creyeron que gestionando la seguridad e higiene en el trabajo con eficiencia, gestionaban sus riesgos, y si la salud profesional y la seguridad mejoraban, entonces mejoraría también la prevención de accidentes mayores. Los análisis realizados,



que cubren una gama de accidentes mayores sobre los últimos 20 años han indicado sin embargo, que esto no es así.

Se siente por lo tanto, que el próximo paso en la gestión de los riesgos será desarrollar indicadores guía para peligros de accidentes mayores, semejantes a los indicadores guía utilizados para la seguridad y salud ocupacionales. El uso de indicadores guía para gestionar los aspectos ocupacionales ha demostrado claramente la consecución de mejoras en los últimos 15 años. Además, hay una necesidad de desarrollar una gama de herramientas y métodos que apoyen “las operaciones con riesgo controlado”. La idea sería desarrollar una visión más cercana a la posición real del riesgo de una planta, una actividad, ó un sistema.

Investigación a medio plazo (3 años)

- Avanzar en la evaluación del riesgo incluyendo enfoques de barreras
- Extender las medidas para estudiar la situación en tiempo real
- Desarrollar tácticas operacionales para estudiar deficiencias
- Hacer mejor uso de las fuentes de datos existentes
- Hacer del Informe de Seguridad un documento vivo (“Análisis Cuantitativos de Riesgos vivos”)
- Desarrollar una medida de la seguridad global adecuada a la visión e informe corporativo

1.5.5.1 Control del potencial para accidentes mayores

Los accidentes Mayores son escasos y ocurren generalmente como una gran sorpresa. Esta es la reacción común inmediatamente después del acontecimiento. Sin embargo, después del hecho, esta visión se transforma. La mayoría de los accidentes mayores se caracterizan entonces como “accidentes que se esperaba que ocurrieran”. La meta es descubrir este conocimiento antes de que los accidentes sucedan, y prevenir su ocurrencia. Esto implica una serie de las acciones que pueden verse como una paradoja. Los accidentes mayores son bastante raros, incluso si miramos todos accidentes que ocurren en nuestra sociedad, y si los relacionamos a sectores diferentes de industrias y transporte, los accidentes son tan raros que nos olvidamos de tener miedo de ellos. No sentimos malestar, llegamos a estar satisfechos de nosotros mismos y relajamos nuestra vigilancia. Esta vigilancia es esencial porque sin ella perdemos la visión de un posible accidente mayor.

Investigación a medio plazo (3 años)

Desarrollar modelos y métodos que pueden utilizarse para la vigilancia continua de la predicción del riesgo de accidentes mayores. La vigilancia de la situación de riesgo de accidentes mayores se debe llevar a cabo en una base continua y debe institucionalizarse entre las organizaciones que poseen este riesgo. Es preciso desarrollar métodos eficientes para esta vigilancia



Investigación a largo plazo (5 años)

Desarrollar modelos y métodos que puedan descubrir alertas tempranas de accidentes mayores vistos en una perspectiva social. Aprendemos de todos accidentes mayores, con una perspectiva social y de autoridad y debemos ser capaces de predecirlos mediante alertas e indicaciones tempranas. Semejante a la manera en que la sismología se utiliza para predecir terremotos, necesitamos encontrar esos síntomas comunes (técnicos, humanos, organizacionales, sociales, globales, etc.) que proporcionen las alertas tempranas de accidentes industriales mayores. La visión deberá destapar tales alertas/indicaciones tempranas y prevenir los accidentes futuros.

1.5.6 Métodos probabilísticos avanzados para análisis de riesgo en sistemas complejos.

El análisis de riesgos tradicional y actual o los métodos probabilísticos RAMS tienen que ser mejorados para ser aplicados a los sistemas de complejidad creciente.

Investigación a corto plazo (2 años)

- Desarrollo de métodos de análisis de riesgo que permitan integrar en un modelo de evaluación varias clases de riesgos que estén relacionados con un sistema (ambiental, tecnológico, financiero...), y varios factores del riesgo que puedan estar correlacionados.

Es necesario desarrollar métodos apropiados para modelizar y evaluar las contramedidas técnicas así como las humanas u organizacionales.

- Desarrollo de métodos para evaluación probabilística de sistemas programables. Tales sistemas se integran cada vez más en los sistemas de seguridad industrial y existe una necesidad de desarrollar métodos apropiados para evaluar el impacto de los sistemas programables en la seguridad de un sistema.

1.5.7 Estandarización de los conceptos del diseño de fiabilidad de bases de datos

La armonización de los resultados del análisis de riesgo en Europa y la capacidad de llevar a cabo la cuantificación coherente de la incertidumbre dependen en gran manera de la forma en que se registren los datos de fallo. Cuando cada sector industrial administra su propia colección de datos de fallos, con sus propias metodologías fundamentales y objetivos, y cuando estas bases de datos sirven a tipos diferentes de usuarios (ingenieros de conservación, diseñadores de componentes y analistas de riesgo/fiabilidad), difícilmente puede alcanzarse una armonización en los resultados del análisis de riesgo. Esta área de investigación apuntará a proporcionar una metodología bien definida para conseguir bases de datos fiables y para demostrar su consistencia con las evaluaciones de riesgo y cuantificación de incertidumbre.

Investigación a largo plazo (5 años)

La investigación debe enfocarse hacia el desarrollo de conceptos de diseño estándar para la fiabilidad de las bases de datos de la industria, en relación a:



- Fallos de los componentes que operan continuamente
- Fallos relacionados con la demanda.

1.6 Otros temas para ser investigados

1.6.1 Mejora y validación de los análisis del efecto dominó en la ocurrencia de accidentes múltiples

- La mejora y validación del análisis del efecto dominó en la ocurrencia de Accidentes Encadenados en los que se identifica las causas que los producen, incluyendo el riesgo sistemático, la fiabilidad dinámica, la fiabilidad de estructuras etc.
- Modelización CFD y validación para análisis de accidente. Utilizando generadores de retícula, computación en paralelo, redes distribuidas etc..

1.6.2 Optimización de la planificación del territorio y su control

- La planificación del territorio alrededor de instalaciones peligrosas posibilita el desarrollo sostenible de la industria y de las áreas urbanas, aportando una visión a largo plazo. Las prácticas y los enfoques para abordar ese tipo de instalaciones son diferentes a lo largo de Europa, ya que la forma de entender y de evaluar el riesgo, así como los instrumentos judiciales aplicados por las autoridades definen las zonas y su uso aplicando criterios propios de cada país.
- Se hace necesaria una investigación para entender las razones de las discrepancias entre los países Europeos en los aspectos técnicos y de control, y así proponer un enfoque armonizado que evitará que las distintas regulaciones sea en algunos países demasiado severa y en otros no. Lo que da lugar a un marco injusto para el desarrollo industrial.

1.6.3 Medidas Constructivas para reducir la vulnerabilidad

El Comportamiento de las estructuras en caso de agresión (interna y externa), la evaluación del riesgo, los métodos de la gestión y la asegurabilidad para estructuras (mapa avanzado de riesgos y sistemas de control, mapa de vulnerabilidad ante eventos específicos, sistema de apoyo a la decisión para priorizar y mitigar impactos de riesgo).

Predicción y simulación de estructuras (herramientas de ingeniería para múltiples escenarios de amenaza y opciones de diseño, programas para simulación de siniestros e instrucción, ecuaciones constitutivas avanzadas para materiales de construcción)

1.6.4 Desarrollo de la Doctrina de Tolerancia para Criterios Sociales de Riesgo

El enfoque hacia la seguridad difiere considerablemente en la UE. Mientras que por una parte hay un reconocimiento básico de que el “riesgo de cero” no es accesible y que el objetivo verdadero siempre debe ser prevenir, identificar, controlar y reducir el riesgo. Por la



otra parte y como un contraste agudo, hay todavía una creencia en que la aplicación de las buenas prácticas personificada en el diseño y en otros estándares evita el riesgo.

Entre estos dos extremos hay variaciones, la más sencilla es que se hace aceptable cuanto más bajo es el riesgo respecto a un umbral prescrito, e incluso el regulador puede aceptar desarrollos hasta que se alcance el límite prescrito. Esta situación se refleja en los criterios de la aceptación del riesgo y la legislación de la seguridad.

El Proyecto de Saferelnet es una tentativa para revisar los criterios diferentes a lo largo de la UE, y tener como primer objetivo tratar de aminorar las diferencias entre la variedad de enfoques de seguridad, para desarrollar así los criterios de la aceptación del riesgo con potencial para convergir a un planteamiento unificado. El segundo objetivo de este proyecto ha sido desarrollar los criterios de riesgos sociales completamente coherentes con los criterios de riesgos individuales legalmente aplicados.

La razón principal detrás de esta tarea era el hecho de alcanzar los puntos de aseguramiento para los criterios en el RU (100, 10-4). En los Países Bajos (10, 10-5) y Hong-Kong (10, 10-4) se basaron principalmente en el juicio profesional o decisiones históricas acerca de peligros mayores.

Al vincular los criterios sociales del riesgo a criterios individuales de riesgo, un aspecto interesante es que aumentó el número de personas expuestas (en el sentido de Seveso 2) a quienes se aplica el criterio. Esto demostró, que para tener unos criterios coherentes de riesgos sociales, se necesitaría especificar el número de personas a las que se aplican tales criterios.

Criterios tan “consistentes” son rápidamente aplicables a situaciones donde el personal está expuesto a niveles similares de peligro. La dificultad surge en poblaciones situadas alrededor de industrias o actividades peligrosas. La planificación territorial reconoce tres zonas de peligro (alrededor de la instalación, la zona central y la zona externa) y especifica el tipo y la densidad del uso para los espacios. Sin embargo, se necesita más investigación para incluir la densidad de población que vive en la vecindad del sitio de mayor peligro dentro de los criterios sociales del riesgo, es decir, resolver el problema del punto de vista filosófico.

Investigación a corto plazo

Desarrollar la doctrina de tolerancia al riesgo para los criterios sociales del riesgo. Esta doctrina de tolerabilidad debe tener las características siguientes:

- Ser aplicable a la población que vive tanto en la vecindad como lejos de la fuente de peligro,
- Estar vinculada a los criterios individuales del riesgo legalmente obligatorios.
- Ser flexible en el sentido que los límites superior e inferior deben abarcar la mayoría, si no todas, las actividades industriales, y se debe utilizar para la orientación y necesariamente para controlar el riesgo.
- Tener un factor dinámico para controlar el riesgo, por ejemplo como ALARP (As low as reasonable practise)
- Tener un factor de aceleración (por ejemplo, una clase del principio preventivo) requiriendo la mayor urgencia para reducir un riesgo alto, que para uno relativamente bajo.



Investigación a medio plazo (3 años)

Completar los criterios sociales del riesgo y desarrollar las dos versiones siguientes:

- Cumpliendo un enfoque cuya meta será la seguridad y la reducción del riesgo.
- Enfoque preceptivo a la reducción del riesgo preferida en algunos países de UE y en compañías más pequeñas.

1.7 Prioridades de investigación para 2007 en el área de metodologías y herramientas para la evaluación y gestión del riesgo

GT1	
Desarrollo de métodos y herramientas de formación, divulgación, implementación y análisis de impacto respecto a la nueva normativa REACH y GHS	1.2.6 y 1.2.7
Métodos de evaluación de eficacia de las contramedidas derivadas de la evaluación del riesgo en sistemas complejos	1.3.2
Integración de los factores humanos (error humano), organizacionales, la gestión y la práctica diaria en la evaluación de riesgos	1.3.5 y 1.4.3
Desarrollo de herramientas y modelos sencillos para la toma de decisiones en la gestión de la percepción del riesgo	1.4.2
Proponer métodos de identificación y catalogación de peligros en parques empresariales (multiempresa) y edificios singulares.	1.4.4.1
Desarrollar técnicas globales de gestión del riesgo para la salud, seguridad, el ambiente y la responsabilidad social corporativa, sus interacciones e impacto.	1.5.1
Métodos para evaluar la seguridad y fiabilidad de redes	1.5.3.1
Desarrollar enfoques para modelizar la fiabilidad de los Sistemas Instrumentados de Seguridad. Evaluación dinámica de la fiabilidad	1.5.3.2 y 1.5.4
Métodos de análisis de riesgo que permitan integrar la evaluación de varias clases de riesgo en un sistema (ambiental, tecnológico, financiero etc.	1.5.6
Desarrollar la doctrina de tolerancia al riesgo para los criterios sociales del riesgo	1.6.4



2 GT2.- TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA PREVENCIÓN, REDUCCIÓN Y CONTROL DEL RIESGO

2.1 Información general y objetivos

El riesgo es un aspecto natural de cada tipo de actividad que realiza el ser humano. Los riesgos se relacionan particularmente con distintas actividades industriales que exponen a los trabajadores de las plantas, a la sociedad y al medio ambiente a varios tipos de peligros (físicos, químicos, biológicos y sicosociales).

Normalmente, el nivel de riesgo aumenta cuando se desarrollan e implantan nuevas tecnologías o sistemas. Por tanto, el hecho de que los trabajadores, operarios y directivos deban enfrentarse a sistemas técnicos mucho más complejos, cuyo comportamiento y naturaleza no se conocen completamente, así como la probabilidad y gravedad de sus efectos no deseados, son cuestiones que no se han identificado ni estudiado suficientemente.

Gracias al desarrollo continuo de las tecnologías modernas, es posible diseñar sistemas de producción más efectivos y avanzados, que ofrecen posibilidades funcionales que hasta ahora habían resultado imposibles de conseguir (p. ej., aplicando nanotecnología, miniaturización, sensores inteligentes y tecnología de la información). En especial, el rápido avance de la tecnología de sensores y de la información facilita el desarrollo de nuevos métodos y herramientas para fabricar dispositivos de control. La explotación adecuada de dichos avances para crear sistemas de seguridad puede contribuir en gran medida a limitar los riesgos laborales y los principales accidentes de trabajo, lo que conducirá a una reducción del número de accidentes, enfermedades y daños medioambientales y sociales relacionados con el trabajo.

Para utilizar los avances tecnológicos con eficacia con el fin de aumentar la seguridad industrial, es necesario ampliar y reforzar la investigación de la seguridad que ofrecen las tecnologías y dispositivos que se desarrollan. En particular, es importante que los cada vez más complejos sistemas de información efectúen las funciones previstas y cumplan los aspectos funcionales y de seguridad. Estas nuevas tecnologías no sólo crean opciones más seguras para los sistemas de producción, sino que también beneficiarán al transporte y almacenamiento de materiales peligrosos. Los nuevos materiales, los sensores de nueva creación y/o los sistemas de alerta, por ejemplo, permitirán reducir considerablemente los riesgos asociados al transporte o almacenamiento. Esto beneficia a los trabajadores, pero también ofrece nuevas oportunidades para planificar el uso de los terrenos que rodean a dichas actividades y plantas.

Los principios fundamentales de las buenas prácticas de ingeniería obligan a tener en cuenta los principios de seguridad durante todas las etapas del ciclo de vida de los dispositivos e instalaciones industriales. La metodología básica de la reducción del riesgo abarca, en primer lugar, el diseño de sistemas y dispositivos que utilizan de forma inherente soluciones más seguras; en segundo lugar, la aplicación de medidas técnicas de protección colectiva; y, en tercer lugar, el uso de medidas adicionales de seguridad, como procedimientos organizativos o equipos de protección personal.

Fue la necesidad de utilizar nuevas tecnologías en el área de la seguridad industrial lo que constituyó la base para definir el ámbito de investigación de este grupo de discusión.



Dicha investigación abarca el desarrollo de conocimientos relativos al uso de tecnologías avanzadas, que se dividen en los siguientes campos:

1. Tecnologías para la reducción del riesgo en origen y para un diseño intrínsecamente más seguro;
2. Tecnologías para la reducción del riesgo mediante sistemas y dispositivos de protección colectiva;
3. Nuevos materiales, tecnologías y métodos de pruebas de los equipos de protección personal.

Esta parte del SRA también puede dividirse en dos enfoques de investigación que abordan de manera distinta las medidas preventivas en relación con los riesgos existentes en el lugar de trabajo. El primer enfoque de investigación está formado por el ámbito 1, en el que se abordan asuntos destinados a mejorar la seguridad de las plantas en la etapa de diseño. Los ámbitos 2 y 3 constituyen el segundo tipo de enfoque e incluyen la investigación de distintas medidas aplicables para la reducción de los riesgos existentes en el lugar de trabajo (otros riesgos que no pueden eliminarse o reducirse de manera económica en la etapa de diseño de las tecnologías de fabricación).

Los estudios de investigación propuestos en esta parte de la línea estratégica de investigación de ETPIS (Plataforma Tecnológica Europea en Seguridad Industrial) permitirán lograr los siguientes objetivos:

- Expansión continua del conocimiento científico en relación con las oportunidades que crean las nuevas tecnologías para asegurar un alto nivel de seguridad en la industria. Aquí interviene tanto al uso de tecnologías avanzadas para crear sistemas industriales nuevos y más seguros, como el aumento del nivel de seguridad en sistemas de producción ya existentes;
- Dotar de soluciones a la industria manufacturera europea para ofrecer una mayor seguridad en el trabajo, para la sociedad y el medio ambiente en todas las etapas del ciclo de vida de los equipos e instalaciones industriales;
- Apoyar la consecución de los objetivos sociales y económicos de la Unión Europea, reduciendo significativamente el número de accidentes y enfermedades laborales, así como de los accidentes industriales de mayor importancia. Todo ello permitirá una reducción considerable de los costes por pérdidas que deben soportar la sociedad y las empresas.

Los objetivos de los estudios de investigación propuestos en este capítulo se refieren al cumplimiento de una serie de normativas de la UE relacionadas con la seguridad y la salud ocupacional, la prevención de accidentes graves y la protección del medio ambiente. Las directivas más importantes de la UE que se tienen en cuenta a la hora de definir las prioridades en la investigación son las siguientes:

- Directiva marco (89/391/EEC) sobre la introducción de medidas para promover las mejoras en la seguridad y la salud de los trabajadores en las empresas, junto con una serie de directivas individuales que abordan aspectos relativos de la seguridad y la salud, como por ejemplo: la exposición a carcinógenos en el trabajo (90/394/EEC); valores máximos indicativos de la exposición de los trabajadores a agentes químicos, físicos y biológicos (91/322/EEC); agentes químicos (98/24/EC, 2000/39/EC); trabajo

en atmósferas explosivas (99/92/EC); agentes biológicos (2000/54/EC); vibración (2002/44/EC); ruido (2003/10/EC); campos electromagnéticos (2004/40/EC) y radiación óptica (2006/25/EC).

- Directivas que abordan los requisitos de seguridad y salud para los productos desde nuevos enfoques, como los equipos de protección personal (89/686/EEC); los equipos y sistemas de protección para atmósferas potencialmente explosivas (ATEX, 94/9/EC); maquinaria (98/37/EC), ruidos generados por equipos para su uso en el exterior (2000/14/EC);
- Directivas de protección medioambiental relativas a los requisitos para la prevención y control integrados de la contaminación (IPPC, 96/61/EC) y el control de los principales peligros de accidentes en los que intervienen sustancias peligrosas (Seveso II, 96/82/EC).
- Las prioridades de la investigación propuesta en esta área también guardan coherencia con las conclusiones del estudio sobre riesgos físicos emergentes que publicó en 2005 la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo⁶, así como con las conclusiones del seminario tripartito sobre “Promoción de la investigación en seguridad y salud en el trabajo en la UE” que organizó la Agencia en Bilbao los días 1 y 2 de diciembre de 2005.

2.2 Tecnologías para un diseño intrínsecamente más seguro y para la reducción del riesgo en el origen

En método más efectivo para reducir el riesgo para la salud y el medio ambiente es intentar restringirlos en el origen. Este método se basa en la aplicación de soluciones tecnológicas que no producen fenómenos ni generan sustancias que puedan suponer un peligro para las personas y el medio ambiente. Los peligros relacionados con la aplicación de las nuevas tecnologías, como la nanotecnología, los materiales inteligentes, dispositivos inalámbricos, nuevas sustancias químicas, organismos genéticamente modificados, etc., no están verdaderamente reconocidos por la industria y en la sociedad en su conjunto. Por tanto, la implantación y el uso seguro de estas tecnologías, dispositivos y materiales exigen estudios de investigación que permitan desarrollar dichas tecnologías de una forma más segura y reducir los riesgos en el origen.

La implantación de nuevas tecnologías de producción en la industria no debería provocar la liberación de sustancias químicas peligrosas y aerosoles (polvo y humo) en el medio ambiente. Esto es especialmente importante en el caso de tecnologías que generan nuevas sustancias, cuyos efectos a largo plazo para la salud y el medio ambiente se desconocen, no se han reconocido y no pueden predecirse con fiabilidad. Este enfoque incluye, entre otros elementos, la introducción de nuevos materiales sin componentes peligrosos, el diseño de tecnologías que contengan sustancias conocidas por su peligrosidad en condiciones seguras, y la aplicación de metodología y sistemas con diseño a prueba de averías para evitar emisiones no deseadas de nuevos procesos, sistemas de producción y maquinaria.



Investigación a corto plazo

El conocimiento científico y la comprensión de los peligros que entrañan las nuevas tecnologías y procesos químicos no están avanzando suficientemente. De hecho, la investigación en este terreno debería centrarse en los estudios de la actividad carcinogénica de los agentes químicos, la elaboración de criterios para evaluar los niveles de exposición a las partículas finas (incluidas las nanopartículas) y la creación de criterios para evaluar la exposición simultánea a distintos agentes químicos.

De forma paralela, la investigación debería centrarse en el desarrollo de tecnologías para fabricar nuevos materiales resistentes al fuego, como las espumas de poliuretano. Este enfoque debería guardar coherencia con el Protocolo de Montreal, que inicialmente requiere una retirada gradual pero completa de los CFC y de los agentes soplantes “suaves” CFC.

Cabe señalar que los nuevos productos de poliuretano deberían ofrecer una gran resistencia al fuego.

Investigación a medio plazo

Uno de los aspectos más importantes de la seguridad y la reducción del riesgo en las tecnologías químicas es la evaluación de la exposición a los nuevos agentes químicos y aerosoles. Los estudios de investigación en este terreno deberían incluir el desarrollo y la validación de métodos y reglas para evaluar la exposición a las micropartículas y nanopartículas, así como la creación e implantación efectiva de sistemas de supervisión, prevención y control de la contaminación orgánica persistente (POP), incluida la emisión de PCDD/PCDF. También deberían desarrollarse métodos para identificar los nuevos peligros químicos presentes en los residuos industriales.

Investigación a largo plazo

La investigación a largo plazo en esta área debería dirigirse a la identificación y el control de las emisiones de sustancias tóxicas en los procesos de producción, especialmente teniendo en cuenta la aplicación de nuevos materiales, como los nanomateriales, productos de ingeniería genética, nuevos semiconductores, nuevas aleaciones y compuestos, fertilizantes, medicinas, biocidas, pesticidas y otros productos químicos de nueva creación. También debería ser esencial investigar el mecanismo de los efectos toxicológicos de dichos materiales.

Los estudios sistemáticos a largo plazo deberían conducir al establecimiento de los valores máximos de exposición a los nuevos agentes químicos, y, en particular, de las materias biológicas, agua, suelo y alimentos, así como a la revisión de los niveles actuales. Asimismo, deberían desarrollarse técnicas analíticas innovadoras para evaluar los contaminantes químicos en distintos entornos, y sería necesario hacer un esfuerzo para crear un sistema de información de sustancias químicas y aerosoles peligrosos presentes en la industria europea.

2.2.1 Métodos nuevos y efectivos para reducir los riesgos relativos al ruido y la vibración

Como resultado del rápido desarrollo tecnológico cada vez se detectan más fuentes de ruido y vibraciones, que son los principales peligros físicos presentes tanto en el entorno de trabajo como en las zonas residenciales. Este hecho debería promover la investigación en tecnologías para prevenir y reducir el riesgo relacionado con dichos peligros. Esta tarea requiere el desarrollo de métodos efectivos para reducir el ruido y la vibración en el origen, que estén basados en la predicción de parámetros de vibraciones acústicas de las máquinas en la etapa de diseño (diseñar máquinas silenciosas), y la mejora de las máquinas existentes aplicando ideas nuevas basadas en métodos de reducción automática. Para lograr dichos objetivos, también sería necesario contar con métodos de simulación más precisos, algoritmos de control más efectivos para la reducción automática del ruido y las vibraciones, así como nuevas técnicas y dispositivos de medición.

Investigación a corto plazo

Para cumplir el objetivo de reducir el riesgo en una fuente, los mecanismos del sistema de reducción automática deberían integrarse en las fuentes de ruido/vibración. Esto supone la necesidad de desarrollar materiales inteligentes especiales para este propósito.

La parte principal de cualquier sistema de reducción automática del ruido y/o la vibración es una unidad de control basada en un filtro adaptable y un algoritmo adecuado de adaptación.

El objetivo de la investigación en este terreno será el uso de una red neuronal como filtro adaptable y un algoritmo genérico como algoritmo de adaptación para distintos tipos de filtros. Esto permitirá que se alcance un alto nivel de eficiencia en la reducción automática del ruido y la vibración en el origen, especialmente en el caso de los sistemas de vibración acústica no lineal y en los sistemas con parámetros desconocidos.

El desarrollo de dispositivos inalámbricos y sensores también es necesario para supervisar el ruido y la vibración que se producen en la planta, por ejemplo debido a problemas en el funcionamiento de un sistema de reducción automática implantado en dicha planta.

Investigación a medio plazo

La simulación informática es una herramienta muy conocida que se utiliza en el área científica e industrial para reducir los costes y el tiempo en la etapa de diseño. La investigación en este terreno debería centrarse en el desarrollo de métodos, herramientas de software y un entorno informático para predecir los parámetros de vibración acústica de las máquinas y los procesos industriales en la etapa de diseño. También se puede utilizar la simulación acústica para desarrollar nuevas tecnologías que sustituyan a los procesos que producen altas vibraciones.

Muchos sistemas de reducción automática del ruido que se utilizan en la actualidad están diseñados para aplicarse en la maquinaria y las instalaciones industriales existentes. La mejor manera de reducir los costes de instalación de dichos sistemas es tener en cuenta su uso futuro desde la propia fase de diseño de un proyecto.

Es necesario realizar investigaciones para desarrollar sistemas de control activo del ruido y vibraciones que puedan aplicarse fácilmente en distintas instalaciones.



Investigación a largo plazo

Las normas para diseñar maquinaria silenciosa son muy conocidas. Sin embargo, la tecnología cambia con gran rapidez. El objetivo de la investigación a largo plazo en este terreno será el desarrollo de nuevos procedimientos para diseñar máquinas más silenciosas que las que se utilizan en la actualidad y la reducción sustancial de los niveles generales de ruido y vibraciones.

2.2.2 Métodos nuevos y efectivos para reducir los riesgos relacionados con los peligros electromagnéticos y las radiaciones ópticas (láser o no).

Los cambios tecnológicos en los procesos productivos, el transporte, las telecomunicaciones, los equipos médicos, etc. han producido un aumento sustancial del nivel de radiaciones electromagnéticas, así como de radiaciones láser y de otra índole, que se liberan en el entorno de trabajo y allí donde viven las personas, pudiendo producir efectos perjudiciales. En algunos casos, se generan radiaciones electromagnéticas de morfología compleja (modulación, frecuencia, etc.) y esto supone un nuevo reto para su identificación, medición y reducción adecuadas. Algunas de las radiaciones nuevas que se generan también son más dañinas o afectan al cuerpo humano de distinta forma que las radiaciones de las décadas anteriores. Es necesario promover la investigación en tecnologías para evitar y reducir el riesgo relacionado con dichos peligros, y éstas deberían centrarse en el desarrollo de medidas nuevas y efectivas para reducir los efectos desde el origen.

Investigación a corto plazo

La implantación de las nuevas directivas de la CE en el área de los campos electromagnéticos y la radiación óptica (láser y de otra índole) requiere llevar a cabo las actividades adecuadas en cada uno de los estados miembros. En concreto, es necesario que los países determinen cuáles son los principales tipos de fuentes que emiten dichas radiaciones en los centros de trabajo. Una vez realizada esta labor, se realizarán estudios orientados a la evaluación y la reducción del riesgo. El objetivo de la investigación en este terreno es preparar un inventario de riesgos relacionados con las radiaciones electromagnéticas y ópticas que generan ciertas tecnologías.

Investigación a largo plazo

Las reglas para diseñar maquinaria, dispositivos y equipos más seguros se conocen perfectamente. Sin embargo, las tecnologías que se emplean en su fabricación cambian rápidamente. El objetivo de la investigación a largo plazo en este terreno será el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir los riesgos relacionados con los peligros electromagnéticos y ópticos en la etapa de diseño.



2.3 Tecnologías y métodos para un diseño intrínsecamente más seguro de las plantas e instalaciones industriales para reducir los principales peligros de accidente.

A pesar de los esfuerzos de las empresas, asociaciones industriales, organismos reguladores y legisladores, la tasa de accidentes en la industria europea de procesos ya no registra ninguna reducción sustancial. En los últimos años, la amenaza de terrorismo ha dado mayor relevancia a este problema. Por tanto, la reducción de los principales peligros de accidente es una de las tareas más importantes que se debe abordar.

Teniendo esto en cuenta, se deberá optar principalmente por las tecnologías intrínsecamente preventivas y más seguras de alto rendimiento. Por ello, es necesario que la investigación se centre en tecnologías y métodos para la prevención continua de los riesgos y la reducción de los mismos en las plantas de producción y almacenes dentro del contexto de las directivas europeas para las instalaciones peligrosas -y, en particular, de Seveso II, IPPC y Atex- así como para la protección del medio ambiente.

La implantación de nuevas tecnologías para mejorar el diseño de las plantas industriales con el fin de mejorar su seguridad y funcionamiento para evitar fallos prematuros, y, por tanto, accidentes, es muy importante. Esto tiene que ver con la mejora sustancial del ciclo industrial "diseño-puesta en marcha", teniendo en cuenta los nuevos avances en tecnología de información y control.

La reducción del riesgo en el origen mediante un diseño intrínsecamente más seguro constituye un reto importante para el futuro (5-20 años). Los principales objetivos de este enfoque son mejorar, estructurar y comprender mejor los procesos, reducir el almacenamiento y utilizar nuevas medidas constructivas. A la hora de desarrollar un proceso, es fundamental tener en cuenta los principios de un diseño intrínsecamente más seguro lo antes posible.

A principios de la década de los 80 nació un nuevo concepto revolucionario conocido como intensificación de procesos. Dicho concepto es compatible con la filosofía de desarrollo sostenible, y representa toda una novedad en la ingeniería de procesos químicos. La intensificación de procesos tiene como objetivo lograr una reducción drástica del tamaño de las plantas de productos químicos ("cuanto más pequeñas más seguras"), cuando éstas llegan a un volumen de producción determinado, y aumentar la eficiencia de los procesos (mejor conversión y capacidad de selección) en relación con la seguridad, medio ambiente, espacio, tiempo, energía y materias primas. La oportunidad que ofrece la intensificación de procesos radica principalmente en seis áreas: seguridad, reducción de espacio, costes, condiciones debidamente definidas y controladas, salida al mercado e imagen de la empresa.

Esto supone el uso de nuevos tipos de equipos y materiales, técnicas de procesamiento y métodos de desarrollo. De esta forma, se asegura la amplia cobertura de un programa de investigación durante un período de varios años.

En el caso de los procesos industriales que no puedan intensificarse existen iniciativas industriales en toda la UE encaminadas a descubrir métodos que permitan mitigar los riesgos.

Existen ya equipos que se han diseñado y desarrollado para su comercialización. Algunos se conocen perfectamente, como las salidas de ventilación, mecanismos de supresión,



extintores, válvulas de seguridad, etc., pero otros aún se encuentran en la fase de desarrollo, como los ductos, barreras químicas/térmicas, etc. También se prevé una mayor penetración de la seguridad en el sustrato industrial si dichos dispositivos terminan considerándose como productos industriales sofisticados en un mercado. No obstante, existen algunas fuertes barreras que impiden este desarrollo, entre las que se encuentra la falta de normas de “diseño” que permiten a un proveedor demostrar a un cliente que las características técnicas del dispositivo cumplen los criterios de seguridad del proceso. Si bien se han redactado normas, lo que sin duda constituye un importante avance, éstas no establecen de forma clara cómo debe ser el diseño (esta cuestión se deja más o menos en manos de los “expertos”), o sólo lo hacen en situaciones muy restrictivas.

Para dar fluidez a este mercado es necesario clasificar los distintos tipos de equipos de seguridad y proponer que en primer lugar se basen en la física de los fenómenos concernientes, en segundo lugar en las características del proceso, y, por último en las propiedades del equipamiento de seguridad. En cierta medida, esto puede conducir a una auténtica “ingeniería de la seguridad de los procesos industriales”.

Es necesario un conocimiento profundo de la física de los accidentes, incluidas todas las consecuencias, que justifique en cierta medida los aspectos científicos básicos. Sólo aquellos aspectos que se dominen que se dominen suficientemente bien como para llegar a una estimación acertada de las consecuencias del accidente podrán integrarse en las reglas de diseño que se transmitirán a la industria. Por tanto, el trabajo consistirá principalmente en procesar los conocimientos disponibles que permitan producir dichas herramientas. Asimismo, será absolutamente necesario validar las situaciones realistas con experimentos para definir estrictamente los límites. Será necesario realizar experimentos con los dispositivos para medir los parámetros del sistema para integrar los resultados en la herramienta de diseño.

Investigación a corto plazo

Las fichas de datos de productos químicos disponibles actualmente no facilitan información adecuada sobre la toxicidad de las sustancias peligrosas. Teniendo esto en cuenta, las propiedades y características peligrosas de las sustancias de la “directiva Seveso” deberían investigarse exhaustivamente, analizarse e identificarse totalmente con el fin de crear una base de datos con las sustancias que se utilizan en entornos industriales (presión, toxicidad, temperatura, mezcla, etc.). La investigación también debería centrarse en la identificación y estudio de otras sustancias potencialmente peligrosas que no se mencionan en la directiva Seveso. Estas medidas deberían mejorar la credibilidad de los análisis de riesgo de los principales accidentes, así como la evaluación de tales riesgos y las consecuencias de los accidentes de mayor envergadura.

Una de las prioridades de la investigación en este terreno es el desarrollo de reactores continuos miniaturizados como solución alternativa a los grandes recipientes inseguros. El intercambiador de calor/reactor (compacto, modular, estructurado e intensificado) es un ejemplo interesante, que combina una alta capacidad de intercambio de calor (relación superficie-volumen alta), con flujo tipo pistón del fluido de los procesos. Esto reduce la necesidad de mantener existencias y permite controlar mejor los procesos. Las reacciones exotérmicas se realizan de acuerdo con unas condiciones de operación mejoradas (mezcla mejorada de reactantes, concentraciones mayores, niveles de temperatura y presión superiores, ninguna reacción secundaria provocada por la temperatura), lo que permite una cinética más rápida y menor tiempo de reacción.



En el caso de otros procesos industriales, y en lo que a su concepción general se refiere, a veces es posible elegir situaciones menos peligrosas cambiando el tamaño del ducto, las pérdidas de carga, eligiendo equipos que no formen chispas, disminuir la tribocarga, etc. No obstante, es necesario adaptar los códigos de seguridad de estas medidas para hacerlos mucho más flexibles.

Investigación a medio plazo

La creación de posibilidades y protocolos de actuación de las nuevas sustancias creadas en circunstancias que provoquen peligros de accidentes graves es fundamental para analizar y evaluar el riesgo. Sería necesario investigar estas cuestiones y crear bases de datos que incluyan dichos procesos y sustancias, incluidos los métodos para predecir el impacto de las nuevas sustancias en relación con las distintas sustancias precursoras.

Investigación a largo plazo

La seguridad inherente de las instalaciones y el uso de sustancias químicas seguras (sustitución de sustancias peligrosas por otras más seguras) es la mejor solución para prevenir accidentes graves. Es por ello necesario realizar investigaciones y análisis exhaustivos teniendo en cuenta los avances en el desarrollo de las mejores técnicas disponibles en Europa. La tarea y el propósito general de esta investigación debería ser desarrollar (en colaboración con la industria) tecnologías e instalaciones más seguras, ya sea mejorándolas o creando otras nuevas.

2.4 Tecnologías para la reducción del riesgo mediante sistemas y dispositivos de protección colectiva

Se deberían aplicar sistemas y dispositivos colectivos de protección para evitar la exposición de los trabajadores a peligros y riesgos en los centros de trabajo donde no sea posible reducir los riesgos en el origen por motivos técnicos o económicos. Se puede garantizar la seguridad de los trabajadores separando a los operarios de la fuente del peligro o eliminando o reduciendo los riesgos de aquello que les rodea. En este caso, la seguridad adaptada a la producción es un elemento fundamental para lograr la seguridad funcional en el área de trabajo, y supone una adaptación coordinada entre:

- la cualificación de los operarios y el conocimiento de los riesgos;
- tareas reales;
- situaciones/sucesos potencialmente peligrosos, y
- producción que se debe realizar.

El progreso tecnológico facilita la creación de soluciones más efectivas de seguridad adaptadas a la producción de los sistemas de protección colectivos. De hecho, las nuevas generaciones de materiales facilitan el desarrollo de protectores y barreras con mayor resistencia y mejores propiedades de aprovechamiento. Gracias a la aplicación de dispositivos electrónicos, es posible controlar de manera efectiva las posiciones de las personas y los equipos para evitar situaciones peligrosas, lo que conduce a una estrategia



económica de prevención. Asimismo, las nuevas técnicas de información posibilitan el control de los sistemas de producción y la detección de situaciones peligrosas. La investigación de nuevos métodos y tecnologías para la reducción del riesgo en el trabajo mediante equipos de protección colectiva debería aumentar el nivel de seguridad durante el funcionamiento de los sistemas industriales, mejorar la organización de los procesos de producción y reducir los costes de fabricación.

2.4.1.1 Sistemas de protección y sensores inteligentes para máquinas y procesos de producción y transporte

El desarrollo de sistemas de protección para estos procesos, que se basan en la aplicación de dispositivos de detección de presencia humana, tiene como objetivo eliminar los peligros que pueden afectar a los operarios y a otras personas que se encuentren junto a las fuentes del peligro. El desarrollo tecnológico de los sistemas electrónicos programables facilita la mejora continua de los mismos, tanto de sus parámetros y sus capacidades de crecimiento, como de la complejidad de sus funciones de seguridad. Por tanto, los estudios en este terreno deberían centrarse en el desarrollo de una nueva generación de sensores inteligentes para controlar las condiciones de las máquinas, procesos y estructuras; en la creación de nuevos mecanismos para detectar la presencia de humanos en situaciones de peligro; y en la mejora de sus parámetros, funciones y fiabilidad.

Investigación a corto plazo

El progreso de la tecnología de nuevos materiales más eficientes sienta las bases para desarrollar sensores de mejor calidad, más universales, flexibles y económicos para sistemas y estructuras industriales. A corto plazo se deberían desarrollar nuevos tipos de sensores, incluidos los que se utilizan en la maquinaria y los sistemas de producción, así como tecnologías de sensores inteligentes para su aplicación en sistemas para la seguridad de los transportes y el control del estado estructural (esto último aplicado en los estudios propuestos en la sección de Seguridad estructural). La aplicación de dichos sensores podría facilitar una reducción de los costes y un aumento del rendimiento de las instalaciones industriales y los sistemas de seguridad.

Investigación a medio plazo

La aplicación de tecnologías avanzadas ayudará a desarrollar sistemas más efectivos para detectar situaciones peligrosas en la configuración, operación y mantenimiento de las máquinas. La investigación debería centrarse en el desarrollo más exhaustivo y la aplicación de sistemas de seguridad basados en visión por ordenador y sensores ultrasónicos y de radiación por infrarrojos.

2.4.1.2 Herramientas de software para detectar situaciones peligrosas en sistemas industriales

Uno de los problemas más importantes relacionados con la prevención y reducción de los efectos de los accidentes es la identificación en tiempo real de situaciones peligrosas que se produzcan en los sistemas industriales, lo que facilitaría la aplicación inmediata de medidas correctivas. Esto se aplica tanto a los peligros provocados por las instalaciones de procesos



como a los mecanismos de producción. Las nuevas tecnologías de información facilitan el desarrollo de sistemas más efectivos para detectar y analizar situaciones peligrosas. Aquí entrarían los sistemas avanzados para recopilar y analizar datos sobre situaciones peligrosas detectadas y herramientas de software en tiempo real para el análisis digital de las características del cuerpo humano y la posición del mismo con respecto a los peligros.

Investigación a corto plazo

Para aplicar de manera efectiva los nuevos sensores industriales es necesario desarrollar sistemas avanzados que permitan recopilar y analizar datos sobre la detección de condiciones peligrosas. Esto debería ofrecer una base para crear nuevos sistemas inteligentes de seguridad para líneas y células de producción automatizadas, apoyados por sistemas de visión para controlar de manera simultánea los procesos y las condiciones de seguridad en el lugar de trabajo.

Investigación a medio plazo

Las técnicas de redes neuronales son lo último en tecnología de control. La investigación en este terreno tendrá como objetivo aplicar estas técnicas para controlar la seguridad de los sistemas de producción. Esto debería dar lugar a una mejora de su eficiencia y a una reducción del coste de los sistemas de seguridad industrial.

Investigación a largo plazo

El objetivo a largo plazo es desarrollar sistemas avanzados, inteligentes y distribuidos para analizar, controlar y gestionar los riesgos actuales en las instalaciones industriales, todo ello encaminado a proteger a los trabajadores. Dichos sistemas se basarán en el uso de modelos avanzados de percepción de riesgos para supervisar todos los procesos de las instalaciones industriales.

2.4.1.3 Sistemas y dispositivos que protegen contra el ruido y la vibración

Aunque se han desarrollado distintas soluciones técnicas para la protección colectiva frente al riesgo relacionado con el ruido y la vibración para aplicarlas a la industria, la eficacia de dichas medidas aún no es satisfactoria. Por ejemplo, las fuentes de ruido de baja frecuencia siguen planteando un riesgo significativo en el lugar de trabajo. El tipo de ruido producido por las piezas vibratorias de las máquinas (entre otros elementos) es peligroso, irritante y difícil de mitigar con los métodos tradicionales pasivos. Los avances en la tecnología y el procesamiento de señales facilitan el diseño de sistemas nuevos para reducir el ruido de baja frecuencia que se denominan sistemas de reducción automática del ruido (ANR). En muchos casos, la reducción automática del ruido es la única manera de proteger a las personas y de reducir el riesgo hasta un nivel aceptable.

Investigación a corto plazo

Las cabinas industriales insonorizadas son soluciones ampliamente conocidas de protección colectiva frente al ruido, pero no ofrecen un aislamiento adecuado frente al ruido de baja frecuencia. La insonorización de bajas frecuencias puede mejorarse con sistemas de



reducción automática del ruido. El objetivo de la investigación en este terreno debería ser el desarrollo de sistemas combinados basados en la reducción automática del ruido a bajas frecuencias, y la atenuación pasiva de las barreras de sonido en frecuencias medias y altas para crear zonas silenciosas en los centros de trabajo.

Investigación a medio plazo

El rendimiento de los sistemas de reducción automática del ruido y las vibraciones depende en gran medida de la arquitectura del sistema y de la calidad de su control. La investigación en este terreno debería centrarse en mejorar los sistemas actuales y desarrollar nuevos algoritmos de control y arquitecturas de sistemas para mejorar el rendimiento de los sistemas de reducción automática del ruido, especialmente en el ámbito de 3D. En algunas aplicaciones, también es necesario desarrollar fuentes y detectores de sonido capaces de trabajar en entornos con altas temperaturas, húmedos y con otras condiciones agresivas.

Investigación a largo plazo

Las pantallas acústicas, como las barreras de sonido utilizadas comúnmente en la industria, tienen un rendimiento deficiente en el caso de los ruidos de baja frecuencia. Por tanto, es necesario desarrollar nuevas barreras activas que mejoren los sistemas acústicos actuales mediante el uso de sistemas de reducción automática instalados en los bordes de las pantallas, o desarrollar un plan 3D para crear un sistema de reducción automática del ruido que funcione como barrera.

Existe un problema similar en relación con los materiales y sistemas de absorción pasivos, que normalmente cuentan con parámetros de absorción deficientes a bajas frecuencias.

Incorporar sistemas de reducción automática del ruido a los dispositivos pasivos actuales permitirá desarrollar nuevos paneles inteligentes de insonorización, y aumentará los parámetros de absorción para el ruido de baja frecuencia y la vibración.

2.4.1.4 Dispositivos de protección colectiva frente a peligros electromagnéticos y radiaciones ópticas

En muchos casos no es posible reducir de manera efectiva la radiación electromagnética y óptica (incluidos infrarrojos y ultravioleta) en el origen. En algunas situaciones (p. ej. en el caso de un campo magnético de baja frecuencia), el blindaje en los centros de trabajo o zonas residenciales no resulta efectivo, por lo que es necesario diseñar otras medidas técnicas adecuadas para minimizar los riesgos para las personas, por ejemplo, utilizando equipamiento de protección colectiva en el lugar donde se haya detectado una fuente de radiación concreta.

Investigación a corto plazo

Los riesgos para la salud relativos a la radiación electromagnética y eléctrica dependen de varios factores, incluida la ubicación del centro de trabajo o las zonas residenciales en con respecto a las fuentes y la morfología de la radiación, las condiciones medioambientales (temperatura, humedad, contaminación del aire, etc.), así como el tipo de medidas de protección utilizadas. El objetivo de la investigación en este terreno será recopilar datos y analizar la efectividad de los equipos y los sistemas que se aplican actualmente para



proteger a las personas contra la radiación electromagnética y óptica. Tomando como base el resultado de este estudio, se logrará una mejora de las condiciones de exposición y una reducción de los riesgos para la salud relacionados con la radiación mediante el diseño y la implantación de nuevos sistemas de protección que permitan reducir los niveles de radiación a través del blindaje pasivo o automático, así como proteger contra el acceso accidental a áreas en las que exista el riesgo de una radiación electromagnética u óptica.

Investigación a medio plazo

Otros estudios en este terreno deberían centrarse en el análisis de detectores de radiación, así como en la elaboración de nuevos sistemas de detección diseñados para ajustarse a distintas condiciones de radiación y exposición, y destinados para su uso dentro de sistemas de protección inteligentes. La investigación también debería abarcar el desarrollo y diseño de nuevos materiales y blindajes protectores, cuya estructura depende del tipo de radiación y sus parámetros (es decir, frecuencia, tiempo, intensidad, modulación y polarización).

Investigación a largo plazo

Los estudios a largo plazo en este terreno deberían conducir a la creación de nuevos sistemas inteligentes de protección colectiva frente a la radiación electromagnética y óptica.

Dichos sistemas inteligentes incorporados deberían contener nuevos detectores de radiación integrados con unidades avanzadas de control por ordenador. Dependiendo del régimen de trabajo de la maquinaria o las instalaciones industriales (es decir, fase normal o de emergencia), los sistemas inteligentes tendrán que seleccionar y activar dispositivos adecuados de protección. La supervisión continua del nivel de radiación se basará en una nueva matriz de detección que se adaptará al tipo e intensidad de la radiación en cada momento.

El control de las propiedades de los materiales y sistemas más recientes también debería analizarse desde el punto de vista de su utilidad para una estructura de blindaje automático y pasivo.

Todas estas actividades deberían conducir a un aumento de la eficiencia y la fiabilidad de los dispositivos de protección colectivos, y, por ende, a una mayor reducción del número de usuarios expuestos a la radiación electromagnética y óptica y a un nivel determinado de la misma.

2.4.1.5 Nuevas tecnologías avanzadas para la iluminación de los centros de trabajo.

La iluminación de los centros de trabajo suele considerarse uno de los factores físicos del entorno de trabajo. La iluminación insuficiente constituye uno de los peligros más frecuentes en los centros de trabajo, y es una causa indirecta de muchos accidentes laborales. Los sistemas adecuados de iluminación pueden reducir los accidentes que se producen por una iluminación insuficiente, o ausencia de la misma, en algunas áreas del área de trabajo debido a una restricción inadecuada de los reflejos de las luminarias. Este tipo de riesgo puede reducirse mediante el desarrollo de nuevas tecnologías de luminarias profesionales y la implantación de nuevos sistemas inteligentes de control de iluminación.



Investigación a corto plazo

Una de las principales características de los nuevos sistemas inteligentes de control de iluminación es mantener el nivel adecuado de iluminancia a partir de una combinación de luz solar y artificial. De esta forma se logra el nivel adecuado de iluminancia a partir de la iluminación mixta a lo largo del día, y se reducen los costes de la energía que consumen los sistemas de iluminación. Con el fin de mejorar la eficiencia de dichos sistemas en términos de su influencia en las condiciones de trabajo y la productividad, es importante realizar estudios sobre la mejora de sus características de utilidad, ergonomía y seguridad, así como de su fiabilidad.

La investigación también debería incluir el desarrollo de nuevas fuentes de generación de energía (p. ej., basadas en la tecnología LED), y su implantación a la hora de diseñar las luminarias profesionales que protejan a los usuarios de los reflejos.

Investigación a largo plazo

Será necesario realizar una investigación a largo plazo para lograr una mejora permanente de las características de utilidad, ergonomía y seguridad de los sistemas de iluminación inteligentes con el fin de reducir significativamente tanto el número de estaciones de trabajo insuficientemente iluminadas, como el nivel de riesgo relacionado con la baja visibilidad.

2.4.1.6 Aplicación de tecnologías de la información en los sistemas de seguridad

La aplicación de ordenadores y otros dispositivos programables en la industria ha crecido significativamente en los últimos años, en consonancia con el desarrollo dinámico de las tecnologías de la información. Los sistemas programables cada vez realizan funciones más complejas de control de los procesos de producción, especialmente en el caso de las instalaciones en las que pueden producirse los accidentes más importantes. También se tiende al uso cada vez más frecuente de sistemas integrados en las etapas de control relacionadas con la seguridad (véase Plataforma Tecnológica Investigación y Desarrollo avanzados en sistemas inteligentes integrados: <http://www.cordis.lu/ist/artemis/index.html>). En muchos casos la seguridad depende del funcionamiento correcto de los sistemas electrónicos programables.

Investigación a corto plazo

Los estudios actuales en este terreno deberían centrarse en las máquinas controladas, los sistemas de control distribuido, la aplicación de sistemas de realidad virtual y ampliada en los sistemas de producción, la aplicación de redes neuronales y lógica difusa para el control de los procesos industriales, etc. A menudo, dichos sistemas también cumplen las funciones relacionadas con la seguridad. Por tanto, es necesario realizar más estudios de fiabilidad, seguridad y certidumbre, así como análisis cuantitativos de coste-beneficio de dichas funciones. Dichos estudios deberían conducir al desarrollo de sistemas avanzados de seguridad funcional diseñados de conformidad con la norma genérica IEC 61508 y las normas sectoriales (p. ej. IEC 61511 – la industria de procesos, e IEC 61513 – la industria de la energía nuclear).

También deberían desarrollarse métodos para la evaluación probabilística de la seguridad que ofrecen los sistemas de control industriales (redes neuronales, lógica difusa, máquinas



de control de voz, etc.). Asimismo, deben formularse los principios para alcanzar el nivel necesario de seguridad en la prevención distribuida y el sistema de control. La investigación en este terreno también debería incluir análisis coste-beneficio de la seguridad que ofrecen los sistemas de control industrial y la estimación de los impactos microeconómicos y macroeconómicos sobre la competitividad y la innovación.

Otra área prioritaria que requiere la investigación es la estructura de las futuras arquitecturas de los sistemas que se deberán utilizar para sistemas fiables.

Investigación a medio plazo

Las oportunidades que ofrecen las tecnologías informáticas en la seguridad industrial también pueden servir de apoyo a los diseñadores de la maquinaria y los sistemas industriales. Los métodos de simulación por ordenador y los sistemas de realidad virtual deberían desarrollarse más y utilizarse de manera efectiva para identificar y analizar los peligros y riesgos existentes en los sistemas industriales. Las nuevas herramientas avanzadas de software que se han desarrollado para realizar dichas simulaciones pueden facilitar considerablemente la aplicación de las soluciones más eficientes, económicas y seguras en el diseño de los sistemas de producción para las operaciones de inspección y mantenimiento.

La mayor complejidad de la maquinaria del futuro requerirá que se investigue en las mejoras de:

- sistemas de comunicación activados por tiempo;
- manejo de circuitos integrados complejos (por ejemplo, VHDL);
- métodos de validación para sistemas muy complejos;
- herramientas que apoyan el desarrollo de componentes/sistemas SIL (nivel de integridad de seguridad) de manera eficiente; así como
- la reducción significativa de la etapa de desarrollo mediante la creación de sistemas de seguridad de carácter crítico basados en modelos.

Otras investigaciones que se deben llevar a cabo en el área de la aplicación de las tecnologías de la información en los sistemas de seguridad son las siguientes:

- sensores y accionadores con propiedades mejoradas de autodiagnóstico con el fin de aumentar las funcionalidades de diagnóstico para su aplicación en los sistemas de seguridad;
- herramientas avanzadas de apoyo a las decisiones de los operarios ante situaciones anormales y accidentes potenciales;
- sistemas inteligentes para controlar las instalaciones con atmósferas potencialmente explosivas;
- metodología para la evaluación integrada de vulnerabilidades de la tecnología de la información y gestión de seguridad (incluidas las redes industriales de ordenadores distribuidos y sistemas de seguridad para supervisar, controlar y proteger) en relación con los criterios comunes que establece la norma ISO/IEC 15408.



Investigación a largo plazo

La aplicación de los sistemas económicos basados en la tecnología VR para diseñar maquinaria y procesos industriales seguros debería aumentar la eficiencia del trabajo de diseño. Otra posible aplicación de los escenarios de realidad virtual y amplificada que podría mejorarse es la supervisión y el control de los procesos y la seguridad de la planta basada en los sensores medioambientales.

La investigación a largo plazo de la aplicación de nuevas tecnologías de la información también debería conducir al desarrollo de estrategias de simulación fáciles de utilizar para predecir y controlar los peligros, que pueden reforzar las estrategias de prevención en muchas áreas de la seguridad industrial.

Otro tema de investigación sería el análisis del uso de los sistemas de toma de decisiones con autonomía, lo que supone integrar la inteligencia en el sistema para que la máquina pueda tomar decisiones automáticamente y evitar que se produzca un accidente.

2.5 Nuevos materiales, tecnologías y métodos de prueba para equipos de protección individual (EPI)

Habitualmente, la utilización de equipos de protección individual en el lugar de trabajo y en la vida cotidiana es necesaria cuando no existe otro sistema de eliminación de riesgos o de reducción de los mismos. El suministro de los EPI es responsabilidad del organismo al que pertenece el usuario, que se encargará de diseñar, probar y evaluar estos equipos de forma que se garantice la función protectora prevista durante todo el período de su uso. Para ello, se deberán tener en cuenta las condiciones climáticas del entorno de trabajo que podrán ser adversas, como en el caso de un microclima desfavorable o una atmósfera potencialmente explosiva.

El tipo de peligro, la distinta intensidad del riesgo y las combinaciones nuevas o desconocidas de peligros asociados a las nuevas tecnologías hace que sea imprescindible una labor continua de investigación y desarrollo de nuevos tipos de EPI y dispositivos inteligentes para su fabricación.

Con el objetivo de garantizar al usuario la máxima protección y comodidad, es necesario aplicar los últimos avances científicos en el diseño de nuevos prototipos de EPI, con especial interés en el campo de la nanotecnología y en los sistemas automáticos e inteligentes que regulan los parámetros de protección y utilidad dependiendo de las distintas condiciones climáticas del entorno de trabajo, así como el nivel del consumo de energía por parte del usuario.

Por lo tanto, un aspecto primordial en la investigación de este campo es la identificación de los fenómenos relacionados con el uso de los EPI, así como el desarrollo de métodos para evaluar el grado de protección atendiendo a las condiciones de uso de estos equipos, y teniendo en cuenta una carga de trabajo razonable.

Asimismo, un aspecto importante a tener en cuenta es si la estructura de los EPI se adapta a las necesidades del usuario. Estos aspectos son de vital importancia en situaciones extremas tales como: operaciones de rescate, servicios médicos, y cuando los EPI están destinados a usos especiales, como por ejemplo en el caso de personas con discapacidades físicas.



El desarrollo de métodos de prueba adecuados y de criterios de evaluación relacionados directamente con el entorno de trabajo es la clave para la correcta implantación y el buen funcionamiento de los EPI.

Dado que el sector de los EPI se rige por el cumplimiento de muchas normas ISO y NE, en las futuras revisiones de este tipo de normas se debería intensificar la investigación en este campo.

2.5.1.1 Métodos de prueba y requisitos de seguridad para EPI contra nuevos peligros específicos

Las pruebas de los EPI se llevan a cabo en laboratorios, por lo que la posibilidad de imitar el funcionamiento de estos equipos en su entorno real de trabajo es limitada. En su gran mayoría, las pruebas se realizan en prototipos de productos, por lo que resulta imposible cuantificar el tiempo que pueden utilizarse de forma segura. Por esta razón, es realmente necesaria la realización de estudios de simulación del uso real de los EPI y trasladar estas modernas técnicas a aquellos lugares donde la función de los equipos de protección depende de las características del entorno de trabajo, tales como la concentración de sustancias químicas, tipos de agentes biológicos, microclimas o la intensidad de las tareas que realiza el trabajador.

La necesidad de llevar a cabo investigaciones sobre nuevos métodos de evaluación de los EPI también está relacionada con modelos innovadores de este tipo de productos, que están diseñados para ofrecer protección frente a nuevos riesgos y condiciones de trabajo en los que el usuario se expone a diferentes tipos de peligros, tales como: llamas, calor y agua, o durante la soldadura: chispas, altas temperaturas y radiaciones ultravioleta. Tales modelos de EPI requieren el desarrollo de nuevos métodos de medición y la adopción de nuevos criterios de evaluación.

Investigación a corto plazo

Con el objetivo de garantizar una mayor seguridad durante el uso de los EPI, se ha dado prioridad a la investigación para realizar una evaluación compleja de los modelos de protección en condiciones reales. Estos estudios constatarán la validez de los controles realizados en los laboratorios y permitirá la aplicación de los principios de selección y ejecución. Esta cuestión es especialmente importante en el caso de la protección auditiva y dérmica, y también para los equipos utilizados en una atmósfera potencialmente explosiva.

Este aspecto se refiere a la mayoría de equipos de protección y a la falta de soluciones complejas en este campo, con especial atención a trabajos especiales como los entornos de las minas, que nos conducen a una falta de propuestas para la investigación y la evaluación de prototipos de EPI en toda la UE. Este problema requiere una solución rápida a través de nuevos métodos de investigación que incluyan el estudio de nuevos componentes y estructuras de electricidad estática para la fabricación de los EPI.

Investigación a medio plazo

Los diferentes tipos de riesgos y su frecuencia, y el énfasis puesto en el diseño de los aspectos ergonómicos de los EPI, son factores que requieren investigaciones de gran alcance así como la simulación de tales fenómenos, como la penetración de sustancias químicas a través membranas poliméricas, el flujo y la acumulación de calor en membranas



de vapor impermeable o las composiciones textiles mixtas. Las simulaciones por ordenador de fenómenos que ilustran el uso de los EPI supondrán otro campo importante de investigación, mejorarán la metodología de evaluación de EPI y ampliarán las situaciones recreadas en los controles de laboratorio.

2.5.1.2 Nuevos materiales y sistemas individuales de protección individual de la salud y la vida del trabajador

El diseño del equipamiento de protección individual contra riesgos menores debería realizarse con materiales económicos y fáciles de mantener. Sin embargo, esta sugerencia cambia cuando se trata de EPI diseñados para la ofrecer una protección directa de la vida y la salud del trabajador. En este caso, será necesario investigar para desarrollar nuevos materiales y diseños, así como para aplicar dispositivos diseñados para el control de riesgos.

La cooperación de las diferentes áreas industriales es la base que permitirá la creación de nuevos productos. Textronic es un ejemplo de ello. Se trata de una nueva tecnología en el sector textil que utiliza detectores de fibras y sistemas de control automáticos para proteger a las personas, controlar las condiciones de salud y la detectar peligros.

Otro sector de ingeniería textil es la nanotecnología. Esta ciencia permite aumentar y determinar la composición de una única estructura de fibra, que dará lugar al producto textil final. Gracias a ello, es posible conseguir propiedades específicas, como, por ejemplo, una barrera externa que proteja contra agentes externos, y que, al mismo tiempo, garantice un uso cómodo del producto final.

Otro tema de investigación muy importante dentro del campo de la tecnología de los EPI, es la integración de detectores que indiquen la caducidad del uso seguro, y también el control de los parámetros biofísicos durante operaciones de rescate, especialmente en condiciones peligrosas. (p. ej. altas temperaturas, escasez de oxígeno, sustancias químicas y biológicas no identificadas).

Investigación a corto plazo

Los materiales tradicionales utilizados en la tecnología de los EPI a menudo no cumplen los requisitos establecidos para garantizar una barrera de protección en el caso de entornos de trabajo con condiciones cambiantes. No obstante, una estructura compuesta de diferentes materiales sería una buena solución. De esta forma se conseguirían propiedades mucho mejores, como, por ejemplo, la propiedad isotérmica o la resistencia, así como la modificación de los parámetros de protección. Los estudios de este campo deberían centrarse, en particular, en protectores para la vista y equipos de protección de las vías respiratorias contra nano-aerosoles, vapores y gases, al igual que en equipos de protección dérmica diseñados para tener un dilatado tiempo de utilización al ser expuestos a radiación ultravioleta (un aspecto importante debido al aumento de los casos de cáncer de piel y a la necesidad de intensificar los trabajos de construcción realizados al aire libre).

Los estudios en este campo también deberían incluir el desarrollo de dispositivos o componentes sensoriales para indicar cuándo los EPI comienzan a ser inseguros. Estas nuevas medidas se aplicarán en la producción de guantes contra agresiones químicas y en los equipos de protección de las vías respiratorias diseñados para su uso en condiciones ambientales agresivas por emanación de gases y vapores.



El otro tema crucial del estudio es el avance tecnológico en los equipos de protección de los oídos. Esto incluye, en primer lugar, la aplicación de sistemas de control automáticos antirruído para mejorar la protección auditiva y el uso de sistemas inteligentes que reducen el ruido basándose en algoritmos genéticos y redes neuronales. De este modo, se consigue que los protectores del oído se adapten a las necesidades del usuario.

Investigación a medio plazo

A medio plazo, y con el objeto de supervisar la seguridad de los usuarios de EPI, se llevarán a cabo estudios centrados en el uso de sistemas electrónicos de envío de información desde un servidor remoto, y en soluciones que incorporen elementos minúsculos (p.e. microcápsulas y nanopartículas de carbono) que aumentarán el uso de los EPI y garantizarán el máximo nivel de seguridad.

2.5.1.3 Innovaciones ergonómicas de los EPI utilizadas en el trabajo y en los entornos cotidianos

Un problema común en varios sectores y entornos de trabajo es la insuficiente aceptación de los modelos de EPI por parte de los usuarios. El principio básico que se sigue en el diseño de los EPI es la necesidad de garantizar la máxima protección, por ello las necesidades ergonómicas dependen del uso de materiales no irritantes y de un adecuado sistema de adaptación. Por consiguiente, es importante extender este uso a dominios tales como: biomecánica, corrientes térmicas, biología y sistemas sensoriales. Cabe destacar que la información antropométrica recientemente publicada proviene de mediciones estadísticas realizadas en personas de pie y desprovistas de ropa. Por lo tanto, no se tuvieron en cuenta los movimientos del cuerpo, el uso de ropa y de equipos de protección, como tampoco las condiciones ambientales del lugar de trabajo. Por todo ello, la medición antropométrica dinámica debería ser la base para los modelos ergonómicos de EPI.

La comodidad y el bienestar térmico del usuario dependerá en gran medida del uso de EPI.

Este problema se agravará con el aumento del estrés térmico causado por actividades físicas de gran esfuerzo y microclimas inadecuados, especialmente en lo que se refiere a prendas de protección que cubren gran parte del cuerpo humano.

Del mismo modo, es necesario un tratamiento especial de los EPI destinados a usuarios con discapacidades físicas. En este sentido, se llevarán a cabo estudios sobre la adaptación de los lugares de trabajo a las necesidades de las personas con discapacidades físicas, incluidos los equipos de protección, de acuerdo con la política europea de igualdad de condiciones laborales para las personas con impedimentos físicos.

Investigación a corto plazo

Los EPI se utilizan de manera generalizada en aquellos lugares de trabajo que presentan riesgos térmicos. En particular, este tipo de protección no puede eliminarse en trabajos como el de bombero o metalúrgico. Por tanto, el cambio de temperatura entre el ambiente y el cuerpo humano es un aspecto clave de investigación, con miras a utilizar nuevos materiales, tales como membranas impermeables de vapor o membranas superabsorbentes, y estructuras compuestas que permitan el traspaso y la absorción de estos gases en las capas más externas. Se investigarán nuevas composiciones textiles que permitan la



absorción del calor (incluido el vapor de agua) en laboratorios equipados con maquinaria y recursos avanzados que simulen las condiciones reales de uso de estas nuevas prendas.

Investigación a medio plazo

En el caso de personas con discapacidades físicas, es necesario que la ropa de protección y otros tipos de EPI se diseñen teniendo en cuenta las propiedades ergonómicas y de protección. Con el fin de facilitar el trabajo y la vida cotidiana de estas personas, y aumentar su rendimiento hasta un nivel comparable al de las personas sin discapacidad, sería necesario adoptar un enfoque especial que permita cubrir sus necesidades.

La investigación en este campo también se centrará en el diseño de prendas isotérmicas con sistemas de control inteligentes que aumenten la protección térmica, y elementos que protejan del frío o el calor teniendo en cuenta las necesidades del usuario.

2.6 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

2.6.1 Escenario y objetivos

Todas las instalaciones industriales se basan en infraestructuras en las que se desarrolla trabajo y donde se opera con equipamiento. Este equipamiento se refiere al instalado en plantas industriales que, a menudo, incluye componentes estructurales críticos, como recipientes a presión, tuberías, estructuras de contención cilíndricas o esféricas, así como vehículos en los que se produce la actividad industrial o que proporcionan transporte para productos industriales y materias primas, como plataformas de extracción, barcos, trenes, camiones y aviones. Su integridad estructural es esencial para un funcionamiento seguro, sin olvidar que el diseño, las rutas de fabricación y las metodologías de evaluación de ciclos de vida deben proporcionar una excelente eficiencia de servicio, una elevada efectividad de costes y sostenibilidad ambiental.

La mejora de las tecnologías para la seguridad estructural general en las infraestructuras, vehículos y componentes permite mejorar la seguridad industrial y promover la competitividad de la industria europea. Un mejor entendimiento del comportamiento en uso de componentes multimateriales (híbridos) nuevos y existentes tiene una relevancia primordial para el mantenimiento de la seguridad en el trabajo y de la producción. Es importante introducir nueva tecnología para mejorar el diseño de maquinaria industrial que consiga un diseño inherentemente seguro y una operación, inspección y mantenimiento (mediante la introducción de diseño y mantenimiento basados en el riesgo, selección de materiales, evaluación probabilística, etc.) con la misión de evitar fallos prematuros y sus consecuentes accidentes. Esto se relaciona con una importante mejora en el ciclo industrial de “diseño para el funcionamiento” teniendo en cuenta nuevos desarrollos en tecnologías de la información y control.

El uso de nuevos materiales, el diseño de tecnologías de fabricación y los enfoques de evaluación de nuevas y viejas estructuras requieren un nivel europeo de I+D, así como formación y capacitación para asegurar la integridad estructural y de la maquinaria. En la próxima década, se espera un aumento del número de estructuras, maquinaria, aparatos, etc. llegando al declarado “Design Service Goal (DSG)”. De hecho, una parte significativa de los componentes estructurales en Europa son antiguos y resulta esencial para una gestión eficiente de activos y recursos disponer de métodos para evaluar su integridad y para



prolongar su vida útil en condiciones seguras. La investigación debería proporcionar conocimiento y bases procedimentales para justificar el aumento de los límites de aquellas estructuras antiguas o reparadas de acuerdo con la susceptibilidad a fallos locales o globales.

La tendencia hacia un enfoque basado en el riesgo en la industria debería apoyarse en una amplia experiencia operativa de maquinaria, una mejor comprensión de los mecanismos de degradación de materiales y la oferta de procedimientos de evaluación de uso idóneo "fitness-for-service". Además, en la última década, se ha producido un desarrollo significativo en la tecnología de ensayos no destructivos "non-destructive testing (NDT)" aumentando así el ámbito y la eficiencia de las evaluaciones que se pueden acometer. Una de las entradas clave para el análisis de riesgos es el registro de inspección, tanto on-line como off-line, incluyendo conocimientos sobre mecanismos de deterioro y velocidad a la que ocurrirá el deterioro. La calidad y precisión de esta información son pertinentes a la evaluación de riesgos y a la planificación de la inspección. En efecto, el riesgo aumenta cuando hay una carencia o una incertidumbre en la información clave requerida para evaluar la integridad del equipamiento, haciendo redundante el conjunto del proceso de mantenimiento basado en el riesgo.

El estudio de la seguridad estructural está dentro de las tecnologías avanzadas de reducción de riesgos.

Normalmente, el riesgo aumenta cuando se desarrollan e implantan nuevas metodologías y sistemas. Para utilizar los avances tecnológicos con eficacia con el fin de aumentar la **seguridad estructural**, es necesario ampliar y reforzar la investigación de la seguridad que ofrecen las tecnologías y dispositivos que se desarrollan.

El área temática "**Seguridad Estructural**" tiene el objetivo de proporcionar un marco europeo de I+D para las necesidades de tecnología y conocimiento aplicables a todos los sectores industriales que aplican estructuras de soporte de cargas y que requieren seguridad para incorporarla adecuadamente en los procesos de diseño y fabricación, junto con la monitorización de la salud estructural "structural health monitoring (SHM)" y el uso idóneo "fitness-for-service (FFS)" para asegurar la seguridad estructural a lo largo de todo su tiempo de uso.

La seguridad estructural también se ve afectada por errores humanos y organizacionales, y es propensa a varios riesgos de la actividad industrial externos a las propias estructuras. Por tanto, debería existir una propuesta europea integrada para evaluar la seguridad en el puesto de trabajo mediante una integración adecuada de la evaluación y gestión de riesgos en general, con la seguridad de estructuras que puedan contener componentes primarios y diseños defectuosos y con el análisis de factores humanos y organizacionales, que precisamente son tres de las áreas temáticas de la plataforma Tecnológica de Seguridad Industrial.

El alcance temático de actividades estratégicas de investigación propuestas para esta área temática está estrictamente dirigido a alcanzar los objetivos de seguridad industrial expresados en el documento de Visión de la Plataforma Tecnológica. Esta parte de la Agenda Estratégica de Investigación "Strategic Research Agenda (SRA)" se divide en los siete siguientes campos:

- Diseño estructural basado en la fiabilidad
- Monitorización de salud estructural (SHM) e inspección de riesgos existentes
- Seguridad estructural de estructuras antiguas y reparadas y prolongación de su uso

- Uso idóneo (FFS) de estructuras
- Integridad de estructuras de varios materiales (híbridas)
- Seguridad estructural frente a riesgos naturales y cargas accidentales
- Seguridad de estructuras de cara a la ejecución en obra

2.6.1.1 Diseño estructural basado en la fiabilidad

Investigación a corto plazo

Existe la necesidad de disponer de herramientas de cálculo eficientes para sistemas grandes y complejos. Sin embargo, no sería muy realista pensar que a corto plazo seríamos capaces de tratar computacionalmente con una estructura totalmente modelada física y probabilísticamente. Por tanto, también se debería buscar una estrategia defendible sobre cómo desglosar el problema irresoluble de los sistemas dependientes del tiempo en un número limitado de problemas con solución.

Otro aspecto es la facilidad de uso de los programas para acercar la aplicación de la teoría de la fiabilidad a la ingeniería de diseño diaria. La mayoría de diseñadores prácticos no se atreven a usar los programas de fiabilidad actuales. En este aspecto, valdría la pena pensar en herramientas donde el clásico enfoque de factores parciales y los métodos probabilísticos sean sólo diferentes opciones a elegir por el usuario. El diseñador podría entonces comprobar su diseño basándose en primer lugar en los métodos de verificación usados normalmente (por ejemplo, factores parciales) y, a continuación, seleccionar opciones probabilísticas más refinadas. El sistema debería instalarse de modo que ambas opciones (factores parciales y métodos probabilísticos) usen los mismos modelos de ingeniería (por ejemplo, un modelo estático de elementos finitos para probar la estructura total y los componentes no lineales) y el mismo conjunto de modelos probabilísticos para las variables aleatorias. Dados los resultados del método de factores parciales, el diseñador podría centrarse en un conjunto seleccionado de estados límite y combinaciones de carga. Se podría entonces empezar a ejecutar un número de análisis probabilístico invariante en el tiempo y, posiblemente más tarde, introducir un análisis más refinado variante en el tiempo.

En muchos casos se podrán obtener aquellas estructuras que, aún no cumpliendo los requisitos de factores parciales más conservadores, podrían pasar los requisitos probabilísticos. En particular, éstas podrían resistir acciones accidentales y cumplir los requisitos de solidez. Además, este proyecto requiere el desarrollo de códigos probabilísticos.

Investigación a largo plazo

Para la evaluación de riesgos es necesaria una investigación a largo plazo. Lo realmente importante no es sólo el comportamiento de una estructura, sino también las consecuencias de ese comportamiento para la industria instalada en esa planta y/o los miembros de la sociedad. El modelado de esos eventos es una parte esencial del diseño total y del proceso de optimización. Es posible encontrar soluciones óptimas de diseño sin considerar con todo detalle las consecuencias del comportamiento estructural. Esto podría tener repercusiones en las técnicas de fiabilidad.



Además, los enfoques probabilísticos y las evaluaciones de incertidumbre son necesarios para resolver las siguientes cuestiones:

- Degradaciones probabilísticas y modelado estadístico: desarrollo de métodos basados en modelos físicos así como en modelos probabilístico-estadísticos.
- Integración de varias fuentes de incertidumbre en la evaluación de fallos.
- Degradaciones anticipativas y evaluaciones predictivas para la gestión de los ciclos de vida.
- Reducción de incertidumbres por métodos de asimilación de datos o reactualización Bayesiana.

2.6.1.2 Monitorización de salud estructural (SHM) e inspección de riesgos existentes

Investigación a corto plazo

Existe una necesidad urgente de evaluar las diferentes técnicas de inspección y monitorización puesto que están implicadas su probabilidad de detección y su precisión. El objetivo de la investigación a corto plazo es identificar los límites “mejorados” de comportamiento y fiabilidad de ensayos no destructivos y evaluar su relación con una estrategia integrada de gestión para evaluar y gestionar los riesgos y consecuencias de fallos en una industria o una máquina. Además sería necesario saber cómo evaluar a priori la calidad y la intensidad de los programas de inspección basados en la optimización racional de costes.

El diseño de nuevos vehículos genéricos y robots para inspección remota debe ser concebido de una forma modular y versátil para que pueda ser aplicable en distintos tipos de industrias. La investigación inicial debe centrarse en solucionar problemas genéricos, como el diseño de interfases mecánicas, neumáticas y electrónicas conectadas a módulos de ensayos no destructivos y de adhesión, diseño de recintos cerrados a prueba de agua o aceite, tecnologías de visión a través de líquidos casi opacos para evitar obstáculos, sistemas de energía, etc. También será necesario el desarrollo de técnicas de inspección sin contacto (láser-EMAT, láser-UT, etc.), que resultan útiles para geometrías complejas y áreas de riesgo y que optimizan la velocidad de inspección.

Otro área que requiere atención es la relativa a la transferencia de metodología desde sectores industriales, donde las metodologías basadas en riesgos ya se utilizan (por ejemplo, nuclear, petroquímica, de extracción), hacia otros donde aún no se están utilizando (por ejemplo, centrales eléctricas, construcción de edificios, ferrocarril, etc.).

Investigación a medio plazo

La creciente demanda de todas las formas de energía y la competencia mundial han enfatizado la necesidad de “producir más productos a menor coste” mientras se tratan temas como la seguridad industrial y la protección medioambiental. RBM es una estrategia integrada para optimizar los procesos de funcionamiento, mantenimiento y gestión integral mediante el enfoque del nivel adecuado de fuentes de mantenimiento (capital y mano de obra) y de esfuerzos de gestión en las áreas con mayor riesgo de la planta.

Actualmente se está ampliando la aplicación de métodos basados en el riesgo debido a la necesidad de ocuparse más del mantenimiento a medida que el equipamiento envejece,



pero con menos recursos y menos mano de obra. Esto ha creado la necesidad de sistemas inteligentes que integran información de muy diversas fuentes, para posibilitar que las decisiones de inspección y mantenimiento se tomen de manera efectiva y segura. La investigación tendrá el objetivo de desarrollar un sistema basado en el conocimiento, que tenga en cuenta todos los datos relevantes y evalúe tanto las consecuencias como los riesgos de fallo. La herramienta a desarrollar debe ser no solo económicamente viable, sino también lo suficientemente flexible como para adaptarse a los requisitos de una máquina o una industria dada y para expandirse a medida que sea necesaria una evaluación más detallada.

La evaluación de fallos e integridad, así como la predicción de ciclos de vida y el cálculo según las bases de la evaluación probabilística, son otras áreas que requieren investigación. El concepto determinista existente de vida segura para un número de años requerido debería ser reemplazado por un concepto conservador de probabilidad de fallo y sus consecuencias o de comportamiento requerido para un periodo predeterminado.

Será necesario investigar también sobre el diseño avanzado de vehículos robotizados de peso ligero y miniaturizados (con un tamaño de sólo unos centímetros), basados en materiales multifuncionales ligeros y resistentes, escáners flexibles y personalizados adaptables a diferentes superficies de movimiento, comunicación inalámbrica, componentes electrónicos miniaturizados de diversas técnicas para inspecciones de ensayos no destructivos, etc. También se requerirá el desarrollo de cabezas de robots miniaturizadas y versátiles para llevar a cabo las inspecciones y de herramientas para llevar a cabo otras tareas como la instalación de sensores durante el funcionamiento de la maquinaria, etc.

Los vehículos de inspección podrían llevar a bordo la carga útil de un brazo modular de inspección de 6 o 7 ejes, por tanto, dicho brazo debe ser ultraligero. Se puede mejorar el comportamiento y la flexibilidad estudiando materiales nanoestructurados para los componentes que soportan cargas.

La definición de estrategias para la posición global es crítica debido a la precisión requerida. Para obtener esta información se propone el uso de sensores Aircoupled UT, pero éstos tampoco están exentos de riesgo. También se deberán diseñar estrategias de exploración y mapas de defectos en estructuras de grandes áreas. También se debe tener en cuenta el reconocimiento de mobiliario o de elementos geométricos. Se deben reducir el ruido y las interferencias producidos por elementos mecánicos en sistemas de ensayos no destructivos, de modo que no perjudiquen la inspección de alta calidad.

Además, se desarrollarán e integrarán herramientas avanzadas de visualización, permitiendo a los robots capturar modelos precisos en 3D de áreas que son inaccesibles de otro modo. También existe la necesidad de desarrollar métodos que mejoren y evalúen la fiabilidad y solidez de dichos robots, con la finalidad de asegurar su uso en un entorno industrial. La industria podría tener poca predisposición a usar unos robots tan novedosos y avanzados si no son lo suficientemente fiables.

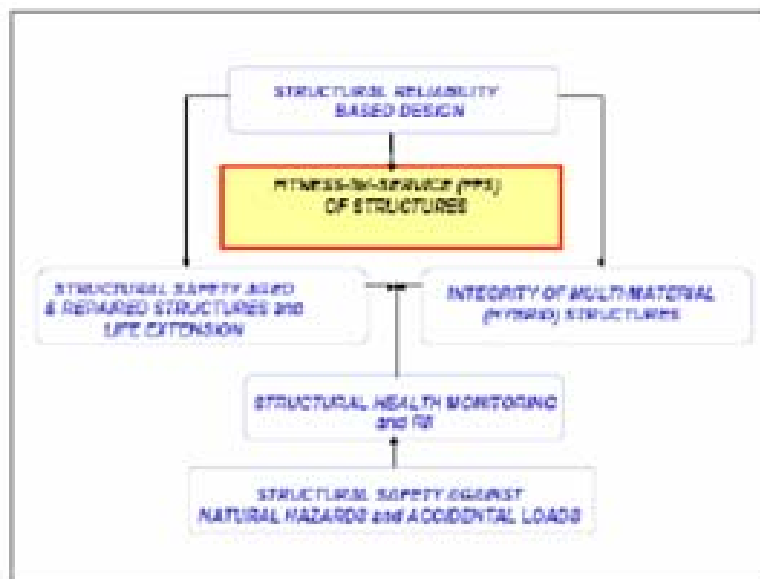
En algunos procesos industriales que incluyen exámenes no destructivos para el control de calidad en líneas de producción (producción de barras y varas en la industria del acero o procesos de soldadura, incluyendo la inspección en caliente en la línea de producción de los productos generados) se requiere la clasificación de defectos en la misma línea. También se examina el proceso de producción en sí mismo (para comprobar el comportamiento adecuado de los componentes del tren de laminado, etc.) así como los productos obtenidos (para reducir desechos y para dirigir el producto final al cliente correcto basándose en los requisitos de calidad con el objetivo de obtener productos con cero defectos).

Investigación a largo plazo

La investigación a largo plazo tratará la planificación y la gestión integradas, basadas en el riesgo y que cubran el “ciclo industrial completo” desde el diseño y la selección de materiales, pasando por el mantenimiento y reparación de la maquinaria, hasta su retirada al final de su vida útil. El riesgo puede calcularse e incorporarse al ciclo de la máquina después de cada paso, con lo que se reducen el conservadurismo, los costes y los riesgos para los operadores de la planta y para el medio ambiente que la rodea.

Los estudios de investigación a largo plazo también serán necesarios para el desarrollo de tecnología de control remoto para nuevos robots que se usarán en aplicaciones remotas o de larga distancia, tales como monitorización e inspección de grietas en tuberías de gas y aceite en áreas remotas, la inspección de líneas de ferrocarril, etc. La posición podría determinarse mediante tecnología satélite y los datos de la inspección podrían enviarse de manera remota a la oficina central para su procesamiento. Habrá que desarrollar un sistema de navegación eficiente y preciso (basado en sensores acústicos, GPS, etc.) así como sistemas adicionales para la detección de obstáculos (en inspección de tanques de almacenamiento). Se tendrán que implementar criterios de decisión para gestionar estos obstáculos.

El último paso consistirá en una gestión eficiente de los defectos y del almacenamiento en bases de datos para controlar el proceso de producción. Los datos históricos se guardarán para producir informes automáticos y estadísticas de los procesos industriales considerados.





2.6.1.3 Seguridad estructural de estructuras antiguas y reparadas y prolongación de su uso

Investigación a corto plazo

Las estructuras antiguas y reparadas requieren una consideración especial que tenga en cuenta la degradación de los materiales, la medida del daño y el efecto del proceso de reparación en el comportamiento y durabilidad del componente. El objetivo de la investigación debe enfocarse en cómo extender la vida útil sin comprometer la seguridad industrial ni aumentar las limitaciones de uso.

Es necesario establecer nuevas metodologías de evaluación para la aparición de grietas y la propagación de desperfectos por fatiga en reparaciones soldadas (enfoque menos conservador de las tensiones residuales).

Además, la compilación de datos sobre las propiedades de los materiales requiere un esfuerzo investigador para materiales antiguos, considerando los efectos medioambientales. Adicionalmente, hay que prestar atención a la influencia de algunas reparaciones concretas, tanto en la durabilidad, como en la capacidad de resistencia.

Investigación a medio plazo

Es necesaria la investigación para el desarrollo de técnicas avanzadas para muestreo y caracterización de materiales, así como la determinación de perfiles con tensiones residuales alrededor de las localizaciones reparadas.

También es necesario desarrollar tecnologías para la monitorización y guiado de salud estructural que avalúen la tolerancia al daño de estructuras antiguas que contengan desperfectos en diferentes sitios “multi-site-damage (MSD)”.

Investigación a largo plazo

Es necesario desarrollar directrices sobre metodologías de evaluación de reparaciones y de vida residual así como rutas de análisis de tolerancia a daños para localizaciones corridas de nueva generación de estructuras integrales (soldadas) de fuselaje metálico.

Es esencial para el futuro uso de la nueva generación de estructuras innovadoras de peso ligero el desarrollo de metodologías para reparar y prolongar la vida de los componentes multimateriales.

Es necesario desarrollar modelos informáticos para simular el envejecimiento de materiales y los fenómenos de degradación, incluyendo cargas accidentales, impactos, explosiones y fuego.

2.6.1.4 Uso idóneo “Fitness-for-Service (FFS)” de estructuras Iniciativas e ideas de proyectos

El análisis del uso idóneo “Fitness-for-Service (FFS)” de estructuras de ingeniería tiene el objetivo de proporcionar mejores principios de diseño, apoyo para la fabricación de nuevos componentes, prevención de fallos en uso debidos a fractura, fatiga, gripado y daños corrosivos. El uso de esta tecnología implica hacer una evaluación de los componentes de



una estructura que soportan cargas y que tengan una imperfección para asegurar su seguridad estructural durante la vida para la que se ha diseñado o hasta su próximo periodo de inspección. El resultado de la evaluación de seguridad estructural de un componente en uso es una evaluación operativa en caso de tener que reparar, monitorizar o reemplazar.

En este área, la red temática europea FITNET ha dirigido un estudio únicamente de materiales metálicos. Sin embargo, existe la necesidad de extenderlo a materiales estructurales no metálicos como los compuestos. Estos materiales podrían tener procesos de evolución de daños muy diferentes que habría que investigar e incluir.



Investigación a corto plazo

Se debe buscar la armonización de enfoques del daño por fatiga y principios de tolerancia a daños para la evaluación de seguridad estructural de estructuras metálicas soldadas.

Otro aspecto a destacar es la inclusión de la fatiga térmica en el procedimiento de la red europea de FFS FITNET.

Las propuestas anteriores deberían aplicarse no sólo para el diseño de nuevas estructuras, sino también para la evaluación de las estructuras existentes y las decisiones a tomar con respecto a inspección y mantenimiento. Esto significa que, en conjunto con el análisis estructural, se requieren procedimientos automatizados para análisis posterior y preposterior.

Sería conveniente un mayor desarrollo de los métodos de diseño para conexiones con rebabas que impliquen los siguientes aspectos:

- Validación y modificación (si fuera necesario) de los nuevos métodos de diseño para el contacto metal-metal de tipo conexión con rebabas ENTS 1591-3; de acuerdo con la resolución de CEN TC74, la Especificación Técnica ENTS 1591-3 será ascendida a una EN oficial estándar tras su validación.
- Desarrollo de un Nuevo método de diseño para aplicaciones de junta completa.

Investigación a medio plazo

Es necesario desarrollar metodologías FFS para materiales compuestos que soporten cargas. Con esta finalidad, es esencial avanzar hacia la armonización de los conocimientos existentes sobre estructuras metálicas, teniendo en cuenta los mecanismos de arranque y crecimiento de daños especiales en materiales compuestos bajo cargas estáticas y dinámicas.

También se requieren herramientas para la formación y cualificación de ingenieros de FFS que utilicen el procedimiento FFS de la red europea FITNET específicamente para el diseño de nuevos componentes estructurales soldados para un uso seguro.



Resultaría recomendable la investigación de enfoques avanzados de la acumulación de daños para equipos de presión que impliquen interacciones de mecanismos de fallo, por ejemplo, gripado /fatiga o corrosión/erosión.

Investigación a largo plazo

A largo plazo sería necesario integrar los datos generados por las tecnologías de monitorización de salud estructural (SHM) en los métodos de evaluación de imperfecciones basados en mecanismos de fractura para ser capaces de proporcionar evaluación estructural on line.

También sería conveniente desarrollar el concepto europeo de seguridad estructural para el diseño tolerante a desperfectos, el apoyo a la fabricación y la evaluación estructural de componentes en servicio de estructuras metálicas aeroespaciales ligeras.

Por último, habría que desarrollar y armonizar las líneas de actuación FFS europeas para componentes críticos que soporten cargas y hechos de materiales compuestos, teniendo en cuenta los comportamientos especiales de los mecanismos de fallo de estos materiales.

2.6.1.5 Integridad de estructuras de varios materiales (híbridas)

Las estructuras avanzadas utilizan cada vez más los principios de diseño multi-materiales para aumentar la efectividad de costes y la durabilidad estructural, así como para reducir su peso total. Los materiales se seleccionarán para cada localización específica de los componentes estructurales según su comportamiento estructural específico. Estos componentes multimateriales (híbridos) se fabrican utilizando tecnologías de unión avanzadas y por tanto, requieren rigurosos principios de evaluación de seguridad estructural que actualmente no están disponibles. La investigación en estructuras hechas de componentes metal-metal (desemejante) y metal-compuesto deben enfocarse en evaluar su seguridad estructural.

Investigación a corto plazo

La investigación a corto plazo es necesaria para identificar los principios de diseño y fabricación de estructuras híbridas en relación con sus aspectos de seguridad estructural. Dependiendo de la tecnología de fabricación utilizada, los tipos de defectos o daños típicos tendrán que ser inspeccionados con las técnicas de ensayos no destructivos correspondientes y aplicables para esas configuraciones híbridas y su precisión se establecerá mediante los análisis de seguridad estructural.

Investigación a medio plazo

La investigación a medio plazo es necesaria para establecer principios de interfase o ingeniería local para un diseño y un comportamiento seguros de los componentes híbridos. Esto requiere la comprensión del comportamiento de la interfase bi-material bajo varias condiciones de carga.

La investigación debe proporcionar un procedimiento básico para el diseño, inspección y mantenimiento de dichos componentes para un comportamiento estructural seguro, una



mejor comprensión del proceso de daños en interfases entre diferentes materiales y una descripción del mecanismo de daños a evaluar en un procedimiento FFS genérico.

Investigación a largo plazo

La investigación a largo plazo es necesaria para desarrollar y establecer los principios de seguridad estructural de componentes híbridos que se utilizan cada vez más en las industrias manufactureras de automoción y aeroespacial. El resultado de la investigación debe enfocarse en extraer un procedimiento europeo para la seguridad estructural de estructuras híbridas (European Damage Tolerance Design Handbook for Hybrid Components) que se utilice en diseño y en evaluaciones de seguridad.

Además, se recomienda el desarrollo de recomendaciones de diseño y de análisis de tolerancia al daño para “compresión tras el impacto” en caso de componentes críticos que contengan compuestos reforzados y juntas híbridas.

2.6.1.6 Seguridad estructural frente a riesgos naturales y cargas accidentales

Las estructuras pueden sufrir cargas externas no intencionadas, como terremotos, explosiones, fuego y sobrecargas. Por tanto, deben proporcionar suficiente resistencia como para soportar estos tipos de carga en cualquier periodo de su vida útil. La selección de materiales, el diseño (incluyendo barreras térmicas, sistemas innovadores de protección y medios para la detección de grietas) y las técnicas de fabricación deben proporcionar la garantía necesaria para un funcionamiento seguro.

Entre los objetivos de la investigación se encuentran la prevención y la mitigación de las consecuencias estructurales sobre componentes y edificios derivados de emisión e ignición de sustancias combustibles. Dado que los riesgos naturales y accidentales no respetan fronteras, se requiere de una investigación coordinada y en colaboración a nivel europeo para mejorar la seguridad estructural frente a estos riesgos.

Investigación a corto plazo

La investigación debe dirigirse a desarrollar herramientas para la predicción y simulación del nivel de daño estructural relacionado con cargas accidentales (impactos, explosiones, fuego) y con riesgos naturales para mantener la seguridad estructural de componentes críticos.

Se desarrollarán guías para el diseño de estructuras frente a riesgos naturales y cargas accidentales, relacionadas con cargas sísmicas y térmicas, que se basen en un comportamiento innovador.

Deberán investigarse los efectos de las sobrecargas en el comportamiento de tolerancia al daño de estructuras aeroespaciales soldadas para generar principios de seguridad estructural, incluyendo la potencial detección de grietas de estructuras de fuselaje de nueva generación.

Investigación a medio plazo

Es necesario desarrollar el control y la mitigación de las consecuencias del fallo de un componente o un accidente en varias estructuras críticas (por ejemplo, almacenamiento de combustibles, transporte de energía, estructuras de aviones, etc.) a través de métodos de



diseño seguro para prevenir o limitar el daño estructural o que se produzcan efectos domino durante el proceso del accidente.

Por tanto, debe desarrollarse más la mitigación de consecuencias mediante el uso de materiales innovadores, componentes, diseño, construcción y técnicas de retroajuste.

Investigación a largo plazo

La investigación a largo plazo se centrará en el desarrollo de herramientas de ingeniería para la predicción y simulación de seguridad estructural de máquinas y estructuras mediante la consideración de escenarios de múltiples amenazas y opciones de diseño, así como ecuaciones constitutivas avanzadas para materiales y recubrimientos de protección.

La investigación también es necesaria para el desarrollo de conceptos de modelado de componentes estructurales críticos en una moda probabilística para prevenir un colapso detrimental o progresivo debido a fuego o explosión.

Es necesaria la orientación europea para la monitorización de salud estructural tras un desastre y la creación de métodos de evaluación para valorar las consecuencias de un evento respecto a la integridad y fiabilidad estructural de máquinas y estructuras.

2.6.1.7 Seguridad de estructuras de cara a la ejecución en obra

Investigación a corto plazo

Las estructuras de cara a la ejecución o colocación en obra requieren una consideración especial que tenga en cuenta la directiva de productos de la construcción y las nuevas guías dte, que establecen los requisitos mínimos que han de cumplir las estructuras en cuanto a durabilidad, condiciones de uso y servicio, aislamiento térmico y acústico y resistencia mecánica.

La selección manual, el diseño (incluyendo barreras térmicas, acústicas, sistemas innovadores de protección y medios para la detección de grietas), los ensayos y las técnicas de fabricación deben proporcionar la garantía necesaria para un funcionamiento seguro. Entre los objetivos de la investigación se encuentran la prevención y la mitigación de accidentes estructurales y protección de medio ambiente (aumentar la resistencia fuego y disminución del ruido ambiental).

Se aplicarán y estudiarán los cambios en la legislación y **aspectos medioambientales** que obligan al diseño de nuevas y modificadas estructuras más seguras, estables, resistentes, funcionales y fiables.

Dado que los riesgos naturales y accidentales no respetan fronteras, se requiere de una investigación coordinada y colaborativa a nivel europeo para mejorar la seguridad estructural frente a estos riesgos.

Investigación a corto plazo

La investigación debe dirigirse a desarrollar herramientas para la predicción y simulación del nivel de daño estructural relacionado con cargas de servicio (nieve, viento...) y con riesgos (fuego) para mantener la seguridad estructural de componentes críticos.



Se desarrollarán guías para el diseño de estructuras frente a riesgos naturales y cargas accidentales, que se basen en un comportamiento innovador.

Deberán investigarse los efectos de las sobrecargas en el comportamiento de tolerancia al daño de estructuras para generar principios de seguridad.

Investigación a medio plazo

Es necesario desarrollar el control y la mitigación de las consecuencias del fallo de un componente o un accidente en varias estructuras críticas a través de métodos de diseño y ensayos seguros para prevenir o limitar el daño estructural o que se produzcan efectos domino durante el proceso del accidente.

Por tanto, debe desarrollarse más la mitigación de consecuencias mediante el uso de materiales innovadores, componentes, diseño, ensayos, construcción y técnicas de retroajuste.

Investigación a largo plazo

La investigación a largo plazo se centrará en el desarrollo de herramientas de ingeniería para la predicción y simulación de seguridad estructural de máquinas y estructuras mediante la consideración de escenarios de múltiples amenazas y opciones de diseño, así como ecuaciones constitutivas avanzadas para materiales y recubrimientos de protección.

La investigación también es necesaria para el desarrollo de conceptos de modelado y ensayos de componentes estructurales críticos en una moda probabilística para prevenir un colapso detrimental o progresivo debido a fuego o explosión.

Es necesaria la orientación europea para la monitorización de salud estructural tras un desastre y la creación de métodos de evaluación para valorar las consecuencias de un evento respecto a la integridad y fiabilidad estructural de máquinas y estructuras.

2.7 Prioridades de Investigación para 2007 en el área de Tecnologías avanzadas para la prevención, reducción y control del riesgo

GT2	
Título	Referencia SRA
Tecnologías para reducir los escapes y emisiones de aerosoles y sustancias peligrosas.	2.2
Tecnologías para el diseño intrínsecamente seguro de plantas e instalaciones industriales (para reducir el riesgo de accidentes mayores).	2.3
Nuevos sensores, sistemas de protección y herramientas de software para la detección de situaciones peligrosas en máquinas y procesos productivos.	2.4



Plataforma Tecnológica Española de Seguridad Industrial (PESI)

GT2	
Título	Referencia SRA
Aplicación de tecnologías de la información avanzadas en sistemas relacionados con la seguridad.	2.4
Desarrollo y evaluación de materiales innovadores y sistemas individuales para la protección personal contra riesgos específicos.	2.5
Desarrollar diseño estructural basado en la fiabilidad y monitorización de la salud estructural (SHM) e inspección de riesgos existentes	2.6.1.2
Desarrollar un método unificado para evaluar la integridad estructural de las estructuras multi-materiales (híbridas)	2.6.1.4 y 2.6.1.5
Desarrollar métodos para mantener la seguridad de estructuras antiguas y reparadas y proporcionar tecnologías para la prolongación de su uso.	2.6.1.3
Desarrollar rutas de evaluación Fitness-for-Service (FFS) para soldaduras avanzadas con la integración de tecnologías de monitorización de salud estructural (SHM)	2.6.1.4
Desarrollar métodos para mantener la seguridad estructural de estructuras de cara a la ejecución en obra	2.6.1.7



3 GT3.- SEGURIDAD ESTRUCTURAL

La Agenda de Investigación Estratégica de este Grupo ha sido integrada dentro del alcance del GT 2.- Tecnologías avanzadas para la prevención, reducción y control del riesgo.



4 GT4.- FACTORES HUMANOS Y ORGANIZACIONALES

4.1 Agenda estratégica del área de Factores Humanos Organizacionales

Tras realizar un establecimiento de prioridades, el Grupo de Trabajo de “Factores humanos y organizacionales” ha identificado los siguientes 5 dominios de investigación donde son más urgentes las mejoras:

1. Factores Humanos y Organizacionales de la Seguridad desde la Dirección;
2. Diseño Centrado en el Usuario;
3. Integración de Evaluación y Gestión de Riesgos;
4. Rendimiento Humano y Utilidad de la Tecnología;
5. Factores Humanos en la Gestión de Crisis y Emergencias.

Estos cinco dominios se han establecido por orden de prioridad y reflejan, en estos momentos, el punto de vista de todas las partes interesadas que acudieron al seminario de la ETPIS que tuvo lugar en Milán en diciembre de 2005.

Es importante destacar que aunque no se indica específicamente, en cada una de las prioridades de investigación mencionadas a continuación, se sobreentiende que habrá una adaptación de las PYMEs durante la fase de desarrollo.

4.1.1 Factores Humanos y Organizacionales de la Seguridad Organizacional y de la Dirección

4.1.1.1 La Tecnología de la Capacidad de Recuperación

El gran número de accidentes graves y el estudio de casos durante los últimos 20-30 años, ha dejado claro que las organizaciones deben revisar urgentemente la manera en que manejan los procesos y las herramientas para gestionar no sólo los factores técnicos de riesgo, sino también los humanos y los organizacionales. Al estar basados en modelos de accidente muy simplificados, los campos tradicionales de actuación, como las evaluaciones de riesgos y los análisis probabilísticos de seguridad (PSA), no han sido capaces de ofrecer las soluciones adecuadas. No basta con que sean sistemas fiables con los que la probabilidad de fallo adquiera un nivel bajo aceptable. Deben ser también resilientes, es decir, deben tener la capacidad de recuperarse de cualquier variación irregular, de cualquier alteración y de la degradación de las condiciones de trabajo previstas.

Las vulnerabilidades, al igual que la capacidad de recuperación, surgen frecuentemente a partir de la interacción de las dimensiones socio-técnicas de un sistema. Por ejemplo, la decisión de liberalizar las operaciones de la red de ferrocarriles de un país puede repercutir a nivel político (ej., aumento de la atención de los medios hacia la seguridad), a nivel inter-organizacional (ej., aumento de la competencia), a nivel organizacional (ej. márgenes económicos reducidos, subcontratación de actividades), y a nivel de grupos de trabajo, individuos y herramientas. Asimismo, los procesos que crean vulnerabilidades y capacidad



de reacción rompen con las barreras disciplinarias como por ejemplo las que existen entre la ciencia política, la sociología, la psicología y la ingeniería. En las publicaciones de investigación solamente existen unos pocos intentos de análisis multinivel como por ejemplo la explicación de un accidente mediante la integración de fenómenos a nivel individual, de grupo, y de la organización. En esta actividad de investigación, se dará prioridad a los enfoques multinivel.

Para mejorar el rendimiento de seguridad de las compañías es necesario desarrollar métodos y herramientas con los que se pueda afrontar la complejidad de la generación de riesgos y la propagación de eventos, y proponer respuestas en relación con los siguientes puntos:

- Cómo identificar, evaluar y reforzar la solidez y la capacidad de recuperación de las organizaciones, incluyendo a las subcontratas y a las redes.
- Cómo mejorar la fiabilidad de las actividades operacionales teniendo en cuenta los cambios en las prácticas gerenciales y laborales o en las organizaciones.
- Qué es la gestión de la seguridad y cuál es su posición en comparación con otros sistemas de gestión
- Cómo se tienen en cuenta los cambios externos o las nuevas limitaciones en el entorno de las compañías dentro del estrato gerencial y organizacional
- Cómo transferir o ajustar los métodos y las herramientas desarrollados para las PYMEs, los lugares de trabajo, los sectores de agricultura y sanidad, teniendo en cuenta las diferentes identidades profesionales o las diferencias culturales existentes entre los países.

El análisis de los impactos de los cambios en varias dimensiones (o cambios en sus interacciones) de los sistemas socio-técnicos y su repercusión en el rendimiento de seguridad requiere enfoques interdisciplinarios utilizando varias teorías surgidas de distintas disciplinas como las ciencias políticas, la sociología de las organizaciones, la psicología del trabajo, la antropología, la ergonomía y la ingeniería, a fin de explicar el fenómeno a través de los diferentes niveles de las organizaciones mediante actividades en el entorno externo para los niveles individual, de grupo, gerencial y organizacional, y realizar modelos automatizables.

Investigación a Corto Plazo

A corto plazo, la necesidad más urgente es encontrar formas de analizar y ofrecer una estimación de la capacidad de recuperación de las organizaciones en su entorno operativo, con en fin de potenciar un seguimiento adecuado de las actividades organizacionales. Impulsando las teorías inductivas basadas en conjuntos de datos empíricos de los campos de varias industrias de riesgo, el análisis de las herramientas actuales de Rendimiento Humano y los métodos que permiten la mejora de las prácticas operacionales y gerenciales y el análisis de los sistemas actuales de gestión de seguridad integrados en las industrias (se analizarán los vínculos y las interacciones de estas herramientas y estos sistemas de gestión con otros sistemas de gestión, prácticas y organizaciones existentes junto con los cambios de las prácticas, la introducción de nuevas prácticas o sistemas de gestión de la seguridad en las organizaciones actuales). Habría que centrarse en proporcionar modelos de los sistemas socio-técnicos para las producciones críticas en materia de seguridad,



integrando las dimensiones principales y sus interacciones con influencia en el rendimiento de seguridad.

Investigación a Medio Plazo

El paso “medio” consistiría en producir técnicas para modelar y predecir los efectos a corto y a largo plazo de los cambios y las decisiones sobre los riesgos, además de posibilitar que se destaquen las dimensiones de los sistemas socio-técnicos y los cambios de las prácticas operacionales y gerenciales, y permitir la evaluación de la vulnerabilidad de las organizaciones.

En la práctica, obtener nuevos conocimientos relacionados con cómo las personas y las organizaciones contribuyen a la capacidad de reacción de un sistema tecnológico existente. Para alcanzar este objetivo, es necesario enlazar tres líneas tradicionales de investigación: (1) el estudio de las barreras de la seguridad, (2) los estudios de la solución de problemas y la improvisación, y (3) la teoría de las organizaciones más fiables. Un acercamiento prometedor es el de conceptualizar las aportaciones humanas a la capacidad de recuperación en términos de (a) aportaciones a las barreras de seguridad, (b) prácticas de trabajo robustas, y (c) capacidad de improvisación. Se explorarán los incidentes y los cuasi-accidentes con recuperación exitosa como una posible fuente de conocimiento sobre las pre-condiciones humanas y organizacionales de la capacidad de recuperación.

Investigación a Largo Plazo

A largo plazo convendría enlazar la seguridad con los efectos externos negativos mediante herramientas y métodos para mejorar la capacidad de recuperación de una organización de cara al entorno y la estructura social.

4.1.1.2 La Experiencia del intercambio de opiniones

La mejora de la integración de los aspectos Humanos y Organizacionales en la experiencia del intercambio de opiniones no está limitada al desarrollo de métodos y herramientas de detección, análisis y capitalización de experiencias de los accidentes, incidentes, cuasi-accidentes (señales leves) de nuestras actividades rutinarias, diarias o normales. Además de eso, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Integración y perpetuación de este dispositivo de seguridad en las organizaciones y los sistemas sociales y de gestión actuales (clima social, prácticas...),
- Impactos de los aspectos legales (apertura...)
- Participación de todas las partes interesadas en el proceso (dirección, empleados, subcontratas, autoridades externas o público ...),
- Acumulación de experiencias (competencias, memoria de las situaciones...) teniendo en cuenta la renovación de los empleados o la contratación de una red de subcontratas.



Investigación a Corto Plazo

A corto plazo se han identificado las siguientes cuestiones:

- Análisis de las normas, métodos y herramientas existentes (aspectos cualitativos y cuantitativos) y de los procesos organizacionales de detección, de análisis y de capitalización de las experiencias derivadas de los accidentes, incidentes, cuasi-accidentes (señales leves) o de las actividades rutinarias, diarias o normales. Análisis comparativo de estos elementos integrando los aspectos de gastos/beneficios, el entorno industrial (limitaciones externas como la regulación, los aspectos legales y la participación de todas las partes interesadas)
- Análisis de las normas, métodos y herramientas existentes (aspectos cualitativos y cuantitativos) y de los procesos organizacionales de detección, de análisis de capitalización de experiencias con comentarios “positivos” (transferencia y memorización del conocimiento y las mejores prácticas). Análisis comparativo de estos elementos integrando los aspectos de gastos/beneficios, el entorno industrial...
- Comprensión de la capacidad de las organizaciones para integrar y perpetuar este dispositivo de seguridad (incentivos y frenos para mejorar la integración de factores Humanos y Organizacionales en el procesos de intercambio de experiencias)
- Análisis del desarrollo de la investigación en los campos arriba mencionados y el análisis comparativo integrando la evaluación de la integración potencial de estos elementos en varias industrias (incluyendo las PYMEs)
- Lecciones aprendidas de la experiencia (accidentes, incidentes y crisis)

Investigación a Medio Plazo

- Desarrollo de métodos y herramientas que permitan la evaluación de los impactos socio-organizacionales y humanos de la integración de dichos métodos y herramientas en las organizaciones y sistemas sociales y gerenciales de las industrias actuales y el desarrollo de recursos para minimizar estos impactos
- De acuerdo con los resultados del desarrollo/ la mejora de la investigación previa de los métodos adaptados, las herramientas (aspectos cualitativos y cuantitativos) y los procesos organizacionales de detección, análisis, y experiencias de capitalización de los accidentes, incidentes, cuasi-accidentes (señales leves), de las actividades rutinarias, diarias o normales o del intercambio “positivo” de opiniones, integrando los criterios a fin de implantar las mejores herramientas teniendo en cuenta el tipo de incidentes, el entorno industrial... y también la experimentación con estos métodos y herramientas en situaciones industriales reales.

Investigación a Largo Plazo

- Partiendo de las lecciones aprendidas de la experiencia, de las actividades rutinarias o utilizando los métodos y las herramientas desarrollados para la detección, análisis... del desarrollo de eventos de los métodos y herramientas que permitan la evaluación y el refuerzo de la capacidad de reacción de las organizaciones (herramienta de apoyo para auditorías, evaluaciones cualitativas y cuantitativas de seguridad...)



4.1.1.3 Integración de los Factores Humanos (HF) en los Sistemas de Gestión de Seguridad

Una de las barreras para la aceptación de los FH por parte de la industria es que normalmente se perciben como algo “complementario” o que “estaría bien tener”, en vez de como algo crucial para un sistema de seguridad. También es cierto que las técnicas relacionadas con los HF pueden parecer demasiado caras o innecesarias. Las críticas vienen de diferentes frentes porque los fallos o los fracasos en la aplicación de los factores humanos son normalmente invisibles para el observador casual y pueden serlo incluso para la persona que desempeña el trabajo, pero sucede con frecuencia que estos mismos factores son las causas principales de los accidentes más graves.

Investigación a Corto Plazo

- Comprender cómo el conocimiento y la experiencia innatos del personal se pueden respaldar con procesos y ayudas externos para llegar a un sistema de gestión de la seguridad que apoye y mejore la Gestión global de la Seguridad

Investigación a medio plazo

- Hacer unos demostradores para confirmar la bondad de la integración de los Factores Humanos en los Sistemas de Gestión de la Seguridad, en base al conocimiento adquirido a corto plazo”

4.1.1.4 El enfoque de los Gastos de Transacción para elegir la cantidad de recursos a asignar a la prevención

En la perspectiva económica, los riesgos que no son riesgos de mercado causados por una sola firma empresarial con sus actividades de producción, determina factores externos negativos o gastos sociales para otras compañías (como por ejemplo la contaminación) o para las partes interesadas (como por ejemplo las familias cuyos miembros sufren lesiones en el trabajo).

Los gastos sociales implican que el fracaso en el mercado funciona como un mecanismo regulador que legitima las normas y las acciones obligatorias del Estado. Los gastos sociales miden las inversiones que se hacen para prevenir los riesgos que no son riesgos de mercado y las indemnizaciones que se hacen a las víctimas de la actividad de producción de la compañía. Su carácter y su metodología de cómputo difieren de la de los gastos de producción pero se declaran en los mismos términos y con la misma nomenclatura en los balances contables.



Tipo de gastos	Objeto de la medida	Fuente	Activos de la Compañía involucrados	Mecanismo sancionador
Gastos sociales	mantener el valor de la firma	Ley y evaluaciones previstas por la dirección	Intangibles (reputación, valor de la marca, fondos financieros)	Consenso social y legítimo, Ley
Gastos de Producción	incrementar el valor de la firma	Contratos legales	Tangibles (productos)	Mercado (ej. clientes y competencia)

Los directivos debe ser conscientes de la diferente naturaleza de los gastos sociales al desempeñar dos destacadas actividades de su trabajo:

- al decidir las inversiones económicas en materia de prevención de riesgos y políticas de seguridad, es decir, cuánto asignar a la seguridad en términos de recursos económicos;
- al controlar la implantación de la política de seguridad, es decir, la eficacia de las actividades de los planes de prevención de riesgos o cómo se ha respetado el presupuesto de seguridad

Investigación a Corto Plazo

La investigación a corto plazo se debería centrar en el estudio de dos temas:

- El acercamiento de los gastos de transacción (O. E. Williamson) aplicado a las decisiones de la dirección de las firmas empresariales en materia de prevención y seguridad;
- el diseño (o el volver a diseñar) del sistema de contabilidad para mostrar y declarar de modo eficaz las inversiones y los gastos sociales incurridos en el proceso interno de presupuestos o en los informes sociales externos.

4.1.1.5 El enfoque de los gastos de transacción de la gestión de la seguridad

El enfoque de los gastos de transacción posibilita la medición de la prevención de riesgos prevista y deteriora los gastos sociales que derivan de las decisiones de la dirección sobre seguridad. La disponibilidad de los gastos sociales y de producción permite a los directores afrontar de modo eficaz los problemas relacionados con la prevención de riesgos ya que es posible pensar en acciones alternativas (como por ejemplo organizar internamente la unidad de seguridad o subcontratarla para lograr un sistema de seguridad de nivel A o B (e inversiones correlativas) etc.) y para elegir el que presente la cantidad mínima de gastos totales (sociales y de producción).

Los objetivos de la investigación quedan definidos así:

- la investigación bibliográfica para definir los gastos sociales aplicados a la prevención de riesgos y a la gestión de seguridad aplicando el enfoque de los gastos de transacción; (a corto plazo)



- la recopilación de casos prácticos de decisiones importantes de la dirección relacionadas con la gestión y la política de seguridad para demostrar la utilidad del sistema y la validez del sistema teórico de gastos sociales diseñado en la fase previa (a medio plazo);
- el diseño de una herramienta de ayuda para la dirección a la hora de tomar decisiones relacionadas con la prevención de riesgos. El objetivo es diseñar un sistema que sirva de ayuda a la hora de tomar las decisiones relacionadas con los gastos para ayudar así a los directores a cumplir con sus responsabilidades en materia de seguridad (a largo plazo).

4.1.1.6 6.1.1.5 Sistemas de Control e Informes de Contabilidad en comparación con los Informes Sociales en el área de Gestión de la Seguridad

Los sistemas de contabilidad actuales no son adecuados para respaldar los procesos de toma de decisiones ya que no están integrados en los sistemas y procedimientos contables existentes.

Es necesario buscar nuevos enfoques metodológicos que permitan la integración de los gastos sociales y de prevención para mejorar el control y la toma de decisiones financieras.

Los sistemas de contabilidad tradicionales están diseñados para controlar y declarar los gastos de producción, ya que representan la base de las predicciones de ventas y beneficios. Esto implica que los gastos incurridos para "servicios internos" como los de recursos humanos o gestión de personal (entre los que se incluyen los gastos de seguridad) quedan englobados dentro de una etiqueta general, la de los gastos laborales.

Esta opción de diseño del sistema de contabilidad conlleva dos consecuencias: la falta de responsabilidad económica de la dirección sobre el área de seguridad en el proceso de asignación de presupuestos; y una información pobre en los informes sociales relacionados con las inversiones de seguridad y sus resultados.

En el proceso de asignación de presupuestos todos los directores tienen una responsabilidad económica ya que son responsables de los centros de gastos.

Como consecuencia, se evaluará su rendimiento a la hora de cumplir con las responsabilidades asignadas a su centro de gastos. Tradicionalmente, a la hora de diseñar los contenidos de los centros de gastos, no se tienen en cuenta las responsabilidades económicas en materia de seguridad. Al no hacerlo, se ocultan los gastos de seguridad que no se declaran analíticamente en los informes sociales.

Investigación a Corto Plazo

A corto plazo, los objetivos de investigación quedan definidos así:

- la investigación bibliográfica para re-diseñar un sistema de contabilidad tradicional de modo que contemple específicamente los gastos de prevención de riesgos y de seguridad con el fin de que se puedan utilizar en los procesos de asignación de presupuestos y de elaboración de informes (a corto plazo);
- la aplicación empírica de un sistema de contabilidad centrado en la seguridad en una muestra significativa de firmas empresariales (a medio plazo);



- la implantación y la automatización del sistema de contabilidad centrado en la seguridad para que las firmas empresariales lo puedan aplicar sin dificultad.

4.1.1.7 Cultura de Seguridad y Clima de Seguridad

Es bien sabido que los fallos humanos y organizacionales están involucrados en la mayoría de los accidentes industriales como factores causales. Un establecimiento crítico de la seguridad puede pretender controlar los efectos negativos potenciales de dichos factores a través de la Gestión de Seguridad y la Cultura de Seguridad. La gestión de la seguridad es un enfoque sistemático y estructurado para controlar todos los elementos estructurales (procedimientos, normas, rutinas que rigen la formación, mano de obra, coordinación, comunicación, aprendizaje e intercambio de opiniones, etc.) La cultura de seguridad está relacionada con compartir la interpretación y el entendimiento de cómo se deberían transformar los requisitos estructurales (y los externos) en prácticas y conductas reales. La cultura de seguridad incluye la percepción del liderazgo, la comunicación, las prioridades de la seguridad.

Existe una creencia creciente de que la mejora de la cultura de seguridad es una "historia interminable", sin embargo, los esfuerzos de la industria por mejorar la cultura de seguridad no siempre tienen en cuenta que las prácticas de mejora de la cultura de seguridad tienen que ser "equivalentes" al grado de desarrollo de la cultura de seguridad existente. Hace falta un asesoramiento sobre cómo lograr la mejor equivalencia.

Está generalmente aceptado que las industrias y culturas organizacionales nacionales y regionales tienen cierta influencia sobre el desarrollo de una cultura de seguridad. Sin embargo, los mecanismos no se comprenden bien. Estas otras influencias culturales pueden servir como facilitadores o inhibitorios del proceso de desarrollo de una cultura de seguridad fuerte, pero los mecanismos precisos no están claros.

Por último, es necesario mejorar los métodos cuantitativos utilizados especialmente para evaluar la cultura de seguridad, con el fin de incluir las técnicas cualitativas (ej. observación, entrevistas, grupos de trabajo) que ofrecen.

En términos generales, las necesidades de investigación son las siguientes:

Para la Gestión de Seguridad

- revisión y análisis de mejores prácticas de las organizaciones, posiblemente con los métodos de observación y análisis utilizados para definir a las organizaciones "de mayor fiabilidad"
- evaluación del impacto de los estilos de liderazgo en el rendimiento de seguridad
- desarrollo de métodos prácticos para evaluar la calidad de la gestión de la seguridad y su integración en las auditorías de seguridad

Para la Cultura de Seguridad:

- desarrollo y validación de herramientas y técnicas para evaluar de un modo fiable la calidad de la cultura, posibilitar los estudios comparativos y la identificación de los puntos débiles y la comparación de las organizaciones dadas
- desarrollo y análisis de la eficacia de los programas de intervención en la cultura de seguridad, comparándolos con los resultados en materia de seguridad
- desarrollo de métodos de establecimiento de percepciones de seguridad comunes entre las empresas matrices y las contratadas (subcontratación de compañías)



4.1.1.8 Cultura de Seguridad de las PYMEs en relación con los Gastos de Seguridad

¿Cuál es la cultura organizacional de las PYMEs que les lleva a pensar que actuar de forma segura es demasiado caro? El proyecto podría desarrollar un enfoque/programa correctivo aplicable y accesible a las PYMEs de fabricación/almacenamiento e ingeniería. Para ello, habrá de colaborar con las PYMEs con el fin de establecer los plazos y los pasos a seguir para desarrollar dicho enfoque/programa.

4.1.1.9 Comunicación más clara de cuáles son los elementos principales de la cultura de seguridad de las industrias de procesos

- Por cada elemento de cultura de seguridad, describir una serie de prácticas para mejorarlo;
- Desarrollo de métodos que mejoren la capacidad de la industria para encajar las acciones de mejora de la cultura de seguridad en la fase de desarrollo de la cultura de seguridad en que se encuentren;
- Aclarar y explicar cómo y por qué las culturas nacionales repercuten en el desarrollo de la cultura de seguridad
- Desarrollo de métodos cualitativos que ayuden a las organizaciones a comprender y a mejorar su actual cultura de seguridad

4.1.1.10 Impacto del Conocimiento de los FH en las organizaciones

Fuera del mundo de las organizaciones de consultoría, algunas empresas contratan a especialistas en factores humanos. ¿qué función desempeñan estos especialistas? ¿cuánto tiempo dedican a los temas relacionados con los factores humanos, y hasta qué punto se involucran? ¿Qué tipo de efecto tienen dentro de las organizaciones de distinto tamaño (ej. PYMES y Multinacionales)? Sería interesante estudiar la respuesta a estas preguntas como parte del ciclo de desarrollo de una planta donde en la fase de diseño la ergonomía puede ser una prioridad; en la fase de operaciones se tratan los procedimientos de fácil manejo y finalmente, las conductas no seguras se tratarían en programas de seguridad basados en el comportamiento.

- Comprender el impacto real que tiene el conocimiento de los HF en las PYMEs y en las compañías Multinacionales;
- Comprender cuál es la función de los expertos en HF dentro de las organizaciones;
- Métodos para integrar los temas de las salas de control (como manejo de alarmas, respaldo de decisiones, gestión de la información) en una filosofía de seguridad más amplia, trasladada a todas las capas de la organización;



4.1.1.11 Modelos organizativos

- Revisar cómo se analizan los modelos organizativos (aplicados a la industria) desde diferentes disciplinas (ingenierías, ciencias empresariales, sociología...) y cómo dichos modelos estudian los factores humanos, organizativos y la seguridad.
- Desarrollar modelos organizativos que incluyan factores humanos, organizativos y seguridad.
- Identificación/evaluación de factores organizativos que influyan en la seguridad.
- Incorporar el concepto de aprendizaje organizativo.

4.1.2 Diseño Centrado en el Usuario;

Teniendo en cuenta que los fallos de diseño podrían ser causas principales de los accidentes, es esencial mejorar la integración de los Factores Humanos y Organizativos (H&OF) durante las actividades de diseño; no importa si se trata de plantas nuevas o de reformas y/o proyectos de mantenimiento/modificaciones (proyectos técnicos y/o documentales) de procesos industriales arriesgados.

El proceso de diseño de los medios técnicos lo llevan a cabo varios equipos de diseño en oficinas de ingeniería especializadas. Dada la complejidad de las herramientas técnicas actuales, en el proceso de diseño participan varias oficinas y varios equipos.

Los temas relacionados con H&OF están basados en un conocimiento específico de disciplinas como la ergonomía, la biomecánica, la ingeniería de la seguridad, la psicología, la medicina ocupacional, la legislación, etc. Muchos cuentan con el apoyo de aplicaciones informáticas más o menos sofisticadas. El conocimiento especializado no pertenece a la parte "clásica" de la ingeniería y se prefiere ponerlo en manos de los especialistas.

Entre los factores a analizar estará el estudio de las emociones humanas y su influencia en los procesos cognitivos relativos a la seguridad. Según varios estudios presentes en la literatura, las emociones surgen de la necesidad de hacer frente al mundo cambiante y parcialmente impredecible que cualquier ser inteligente (natural o artificial) se plantea para sobrevivir. Las emociones se componen de aspectos subjetivos, culturales y fisiológicos conductuales que expresan la percepción del individuo con respecto a su estado mental, su cuerpo y la forma con la que interactúa con el entorno. Las emociones ayudan a describir claramente el universo y son estudio de la Psicología, las Neurociencias y, recientemente, la Inteligencia Artificial. Por tanto, las emociones son procesos cognitivos relativos a la mente humana y animal y serán factores humanos a tener en cuenta.

Al diseño se le debería dar un enfoque participativo, con el fin de mejorar la comunicación dentro de la comunidad de diseñadores y la relación entre el diseñador y los operarios. Asimismo, se debería crear una plataforma común de Realidad Virtual (VR) que se debería utilizar como el medio global de mejora de las comunicaciones, con herramientas de VR "hechas a la medida" de las necesidades de cada participante y a las que se pueda acceder durante las sesiones comunes de diseño.

En este enfoque, el tema del proceso de diseño va surgiendo de forma gradual desde la fase estratégica hasta la fase de implantación. Se exploran las características técnicas y se completan de forma paralela a las relacionadas con H&FO.



Además, en la práctica, para realizar las tareas comunes de diseño, se prefiere un acceso más amplio a los especialistas que respaldan la VR en vez de herramientas de la VR muy sofisticadas en manos de un pequeño grupo de diseñadores altamente cualificados. Los modelos del cuerpo humano, el análisis ergonómico, el análisis biomecánico y las demás tareas relacionadas con los H&OF, pertenecen a habilidades menos extendidas dentro de los equipos de diseño. En este sentido, los problemas de diseño relacionados con los H&OF que pueden surgir en el entorno de las PYMEs se podrían solucionar de una forma más eficaz. La difusión del conocimiento orientado a los H&OF es posible mediante enfoques de diseño participativo basados en métodos adecuados de Ingeniería del Conocimiento que se pueden fomentar con herramientas basadas en la VR.

El enfoque tendrá en cuenta las normas, las expectativas de las autoridades de seguridad, el desarrollo de las herramientas de simulación, de modelos o la aplicación de la realidad virtual y también los métodos y las herramientas con los que observar situaciones de trabajo en planta o simuladas, normales o accidentales. Se tendrá en cuenta la utilidad de los resultados del intercambio de opiniones (incidentes, accidentes, situaciones de trabajo reales o simuladas analizadas), así como la posibilidad del mantenimiento durante la operación del proceso diseñado o modificado o los proyectos de renovación mezclando tecnologías nuevas y antiguas (proceso híbrido).

El objetivo de la investigación es desarrollar un enfoque que permita una mejor integración de los factores Humanos y Organizacionales en los proyectos de diseño y de renovación con el fin de evaluar lo antes posible y durante todas las fases de implantación de los proyectos, los impactos del diseño y de las modificaciones en las situaciones de trabajo. Habrá una tendencia hacia la mejora del rendimiento de seguridad de los procesos arriesgados y también del rendimiento del proyecto en términos de retrasos, calidad, gastos y aceptación de sus productos, teniendo en cuenta las necesidades de las partes interesadas y las situaciones de trabajo reales.

4.1.2.1 Aplicaciones de la Realidad Virtual para un Diseño a Tiempo Real, Centrado en el Usuario y en la Organización.

Para las compañías de ingeniería, dedicar más tiempo a las revisiones de seguridad que el que ya le han dedicado no es nada tentador comercialmente hablando. Esto es así, a menos que dicha tarea se compense con una reducción del tiempo de diseño y de los recursos al mismo tiempo que se evalúan las características ergonómicas, antropométricas o cognitivas, de los planos de la planta. En los últimos años, las tecnologías modernas de visualización en 3D están sustituyendo poco a poco, a través de aplicaciones CAD más o menos elaboradas, a los enfoques y técnicas de diseño y realización de revisiones de seguridad convencionales, "en papel". Además, resultan en parte prometedoras como ayuda para obtener un diseño más rápido y eficaz. En este contexto, los enfoques más avanzados tales como las aplicaciones a tiempo real de la Realidad Virtual y Aumentada (V&AR) y los Entornos Virtuales de Colaboración, ayudarían a impulsar la validación de todos los procesos de diseño mediante un enfoque integrado que permita tener merecidamente en cuenta incluso los factores humanos y organizacionales a la vez que se prueban los beneficios de las funciones de diseño.

Investigación a Corto Plazo

La necesidad más urgente es modernizar las aplicaciones de la Realidad Virtual (VR) para que sean más compatibles con los acercamientos/archivos CAD existentes de modo que las



compañías de ingeniería puedan encaminarse hacia las aplicaciones VR y puedan realizar revisiones de los diseños de seguridad más eficaces, mediante enfoques humanos y organizacionales.

También existe una necesidad urgente de investigación del diseño de las líneas de producción que estimulan el uso de la flexibilidad y las habilidades más innovadoras de los empleados. Este conocimiento se debería basar en sistemas virtuales que ayuden a los diseñadores y a los ingenieros a diseñar dichas líneas teniendo también en cuenta los efectos que tiene una jornada completa de trabajo en la salud y en la producción.

Concretamente, las necesidades de investigación a corto plazo son:

- Métodos, datos y técnicas existentes de implantación de un enfoque humano y organizacional (normas, expectativas de las autoridades de seguridad, datos de intercambio de experiencias, métodos para observar actividades en planta o situaciones de trabajo simuladas, normales o accidentales), y
- Adaptación a los diseños de métodos de prueba de utilidad fáciles de aplicar, desde la visualización de instrumentos y herramientas hasta entornos de tareas a gran escala como las salas de control. Los métodos de prueba pueden abarcar desde prototipos, simulaciones de escritorio, aplicaciones de VR, hasta simulaciones de gran escala. Para sacar provecho del potencial del diseño humano y organizacional es importante basar las predicciones en modelos validados o en pruebas reales de utilidad.

Investigación a Medio Plazo

Se parte de la suposición de que más a menudo, a las compañías de ingeniería se les pide la construcción y la puesta a punto de las plantas, más que simplemente el diseño. De este modo, inmediatamente después de una utilización exitosa de la aplicación VR como una herramienta de “super” visualización para ayudar en la revisión del diseño de seguridad, sería necesario producir Aplicaciones Virtuales y de Realidad Aumentada interactivas y a tiempo real que permitiesen a los diseñadores anticiparse a los defectos de los planos operativos de diseño antes de llegar a la fase de construcción real.

El desarrollo de enfoques que puedan ser utilizados por diseñadores que normalmente no tengan una formación específica en factores humanos y organizacionales o ergonómicos, con criterios de selección para elegir un acercamiento adaptado para solventar los riesgos y los impactos identificados, y que permitan una mejor integración de los factores Humanos y Organizacionales en los proyectos de diseño y de renovación y posibiliten la integración y la continuidad de los enfoques en los procedimientos de ingeniería y las organizaciones existentes.

Investigación a Largo Plazo

El objetivo a largo plazo sería producir aplicaciones de VR que permitiesen a las compañías de ingeniería diseñar plantas y planos casi únicamente con aplicaciones de VR y que les permitiesen reducir el tiempo que necesitan para diseñar y modernizar las plantas y los planos, a la vez que utilizan un acercamiento centrado en el usuario. A corto plazo, hallar formas que posibiliten a los diseñadores la realización de cambios a tiempo real en los planos de los Entornos Virtuales sin verse forzados a tener que volver a abrir los archivos CAD para modificarlos. La función de poder pasar de un diseño CAD (3D) a un mundo Virtual parece muy prometedora para una investigación futura. Sin embargo, no nos



tenemos que centrar sólo en una dirección. La capacidad, después de haber creado un modelo, de importarlo a una instalación VR y después de hacer cambios (mover el modelo, la forma, la textura, etc.) volver a importarlo al primer programa CAD para futuros procesamientos, ayudaría y reduciría mucho los gastos de diseño (en todos los aspectos de los recursos).

4.1.2.2 Diseño inclusivo para trabajadores sensibles (como personas discapacitadas, mujeres embarazadas, trabajadores de mayor edad)

La aplicación de criterios centrados en el usuario en el campo de la adaptación del entorno de trabajo juega un papel importante a la hora de promover la integración social y ocupacional de los trabajadores con limitaciones funcionales. Los esfuerzos aquí invertidos servirán para contemplar un mayor número de personas. No hay que olvidar que las limitaciones funcionales pueden ser permanentes para determinados individuos. Sin embargo, todos podemos tener limitaciones temporales, bien sea por el propio individuo (por ejemplo, luxación de un brazo), por el entorno (por ejemplo, trabajar en un entorno ruidoso) o incluso organizacional (por ejemplo, trabajar con protectores en los oídos). Así pues, considerar a los trabajadores sensibles es una política inclusiva que reportará beneficios a todos, incluyendo la propia empresa que así lo haga.

- Para emplear a personas discapacitadas es necesario identificar las áreas de desajuste entre las demandas del entorno de trabajo y las capacidades funcionales del trabajador.
- La protección de las mujeres embarazadas de los riesgos ergonómicos relacionados con el trabajo es una necesidad y una meta común en muchos países de todo el mundo.
- La mejora de la calidad de vida de los trabajadores más mayores mediante estrategias preventivas basadas en evitar o minimizar los problemas relacionados con las condiciones ergonómicas de trabajo, contribuye a la mejora del empleo y al alargamiento de la vida laboral.

Investigación a Corto Plazo

En los métodos actuales de evaluación de riesgos se deberían tener en cuenta el conocimiento de los principales problemas ergonómicos que tienen los trabajadores más mayores en su actividad laboral, la determinación de la influencia de la carga física de trabajo en los trastornos musculoesqueléticos y en otros problemas ergonómicos que causan un empeoramiento de la salud y de la calidad de vida de los trabajadores más mayores, y la determinación de los factores principales que causan una reducción de las habilidades funcionales relacionadas con la edad.

- Proyectar las necesidades de las personas con discapacidad para adaptar las exigencias de los entornos de trabajo a las capacidades funcionales de las personas con discapacidad en diferentes contextos: selección de empleados nuevos, adaptación de los entornos de trabajo a los trabajadores, vuelta al trabajo de personas lesionadas, etc.
- Marcar los problemas ergonómicos de las mujeres embarazadas en el puesto de trabajo y desarrollar los niveles de riesgos y las pautas de diseño.



- Investigación de los problemas principales de las personas con alguna discapacidad.

Investigación a Medio Plazo

- Desarrollo de metodologías para adaptar los entornos de trabajo a las personas con limitaciones físicas, sensoriales y/o mentales.
- Elaboración de procedimientos centrados en la evaluación ergonómica de las condiciones de trabajo de las trabajadoras embarazadas.
- Integración de las necesidades de los trabajadores más mayores dentro de las metodologías de análisis de riesgos ergonómicos.

Investigación a Largo Plazo

- Desarrollo de herramientas globales adaptadas para las evaluaciones de riesgos ergonómicos y para el re-diseño de los entornos de trabajo teniendo en cuenta las necesidades de trabajo de una vida laboral larga y cubriendo las situaciones de necesidades especiales temporales y permanentes.

4.1.3 Integración de Análisis de Riesgos y Métodos y Técnicas de Gestión

4.1.3.1 Integración de los Factores Humanos en los Análisis de Riesgos Cuantitativos (QRA)

En los QRA el error humano normalmente se clasifica como uno de esos peligros que llevan al desencadenamiento de eventos. De hecho, muchos estudios demuestran que el fallo humano es el mayor contribuyente a los accidentes/incidentes de la industria de procesos químicos. El tipo de error más frecuente es el error directo (operario). Esto no se puede rebatir del todo porque en el rendimiento del operario, por ejemplo en la toma de decisiones, éste depende de su habilidad y de su formación. Sin embargo, el error humano no sucede por sí solo. Hay muchos factores humanos que juegan un papel fundamental en la producción y la propagación de los errores de los operarios. Estos factores incluyen las estructuras y el diseño organizacionales, a los que se conoce como condiciones latentes (Reason 1990). Son dinámicos y son muy influenciados por los avances tecnológicos. Este porcentaje de cambio ha dado lugar a otro nivel de incertidumbre de los valores de probabilidad que se asignan durante la fase de análisis cuantitativo.

Investigación a Corto Plazo

Desde el punto de vista de la ingeniería, la integración de los H&OF en los PSA es una de las tareas más difíciles de realizar. Los métodos actuales no proporcionan modelos robustos para integrar los H&OF en análisis cuantitativos de seguridad. Se necesita urgentemente una metodología para “capturar” los fallos de diseño y unos factores organizacionales que influyan en el rendimiento del operario.



Investigación a Medio Plazo

Las metodologías estáticas actuales de análisis de riesgos parecen ser poco adecuadas para modelar la complejidad creciente de los procesos productivos. Haría falta un desarrollo de metodologías dinámicas, que permitan a los analistas de seguridad hacer predicciones realistas sobre los escenarios futuros en los que analizar la tecnología junto con los H&OF de una forma dinámica.

Investigación a Largo Plazo

A largo plazo resultará útil diseñar nuevos modelos que permitan que se tengan en cuenta las desviaciones sistemáticas y que se anticipe el comportamiento de los componentes del sistema, tanto a nivel estadístico como dinámico.

4.1.3.2 Modelos Cognitivos del Operario

El error humano sigue siendo la causa principal de los eventos no deseados. Los errores suceden cuando el operario no realiza la acción adecuada o cuando ejecuta un control equivocado. Esto podría estar influenciado por las limitaciones cognitivas del proceso por parte del operario. Un operario actúa ante una situación determinada dependiendo de la imagen mental que se ha formado en relación con dicha situación. Las funciones de los operarios se han transformado al aumentar la automatización y la complejidad de las plantas, de modo que ahora consisten en vigilar los procesos de producción. Se han incrementado los aspectos cognitivos del rendimiento humano.

Investigación a Corto Plazo

Se necesita urgentemente comprender la mente de las personas en los mapas cognitivos utilizados/producidos durante la toma de decisiones, incluyendo las componentes emocionales, en cualquier nivel de una organización, ya que eso posibilitaría las tareas de diseño, los Interfaces Tecnológicos y las configuraciones de una manera más eficaz. Concretamente, comprender cómo se generan los errores cognitivos, comprender las estrategias de los operarios para solucionar determinados problemas durante situaciones normales, transitorias y de emergencia, y finalmente comprender los efectos de las tareas cognitivas cuando trabaja más de un operario en tareas relacionadas (reparto de tareas).

Investigación a Medio Plazo

A medio plazo, sería extremadamente útil intentar tener una “teoría de cognición unificada” con respecto a los temas arriba mencionados para respaldar la toma de decisiones relacionadas con la seguridad, en todos los niveles de la organización.



4.1.3.3 Factores Humanos en la Gestión de Tareas

Es muy probable que el ser humano siga siendo el recurso de fabricación más flexible e innovador en un futuro próximo. Por este motivo es necesario contar con una plantilla de trabajadores sanos y motivados. Hoy en día, se considera que la productividad, la calidad, la motivación y la salud de los trabajadores son los elementos clave del éxito de la fabricación. Pero en muchas compañías de fabricación, las líneas de producción se diseñan fundamentalmente desde el punto de vista de la producción.

Investigación a Corto Plazo

Desarrollo de conocimientos para encontrar el estado óptimo del individuo entre una sobrecarga y una carga mínima.

Investigación a Medio Plazo

- Desarrollo de sistemas de simulación para las pequeñas tareas con los que predecir todos los efectos del día.
- Diseño de sistemas de gestión/control que tengan en cuenta todas las variaciones y los aspectos humanos.
- Desarrollo de herramientas de simulación para probar la organización, la tecnología y los aspectos humanos de los trabajos finalizados
- Sistemas que respalden a las organizaciones de autocontrol con herramientas de simulación que posibiliten la mejora continua
- Diseño de sistemas de asignación dinámica de las funciones de la carga de trabajo individual

Investigación a Largo Plazo

Diseñar sistemas de colaboración de autodiseño y de autocontrol asistidos por ordenador

4.1.3.4 Recuperación de Datos

El error humano normalmente se clasifica como uno de esos peligros que llevan al desencadenamiento de eventos. Hay muchos factores humanos que juegan un papel fundamental en la producción y la propagación de los errores de los operarios. Estos factores incluyen las estructuras organizacionales, el diseño, los factores personales, etc. Son dinámicos y altamente influenciados por los avances tecnológicos. Este porcentaje de cambio ha dado lugar a otro tipo de incertidumbre de los valores de probabilidad que se asignan durante la fase de análisis cuantitativo. Es necesario investigar más en este campo para identificar cómo han afectado a las probabilidades de error humano el cambio de la tecnología y el cambio de las metas organizacionales. En este campo también se requiere una base de datos de la fiabilidad humana.



Investigación a Corto Plazo

Formas de recopilar datos sobre las respuestas humanas en una amplia gama de actividades operacionales diarias, tales como el control de la sala de operaciones, el campo de operaciones, las operaciones de mantenimiento y también durante las situaciones de emergencia.

Investigación a Medio Plazo

Métodos para manipular los datos sobre las respuestas humanas que posibilitan la realización de Evaluaciones de Riesgos Cuantitativas, tanto estadísticas como dinámicas.

4.1.4 Rendimiento Humano y Utilidad de la Tecnología;

4.1.4.1 Toma de decisiones y tratamiento de los objetivos conflictivos

El tratamiento inadecuado de los objetivos conflictivos ha sido constantemente identificado como un factor que contribuye a los accidentes. Además, la utilización eficaz de los métodos de riesgo requiere que éstos se adapten al contexto de decisiones en el que se utilicen. Queremos integrar las teorías organizacionales y conductistas sobre la toma de decisiones, de modo que podamos comprender (1) cómo se tratan los objetivos conflictivos relacionados con la seguridad en los diferentes niveles, y (2) cómo dichos procesos interactúan y afectan al nivel de riesgo en los diferentes niveles.

Investigación a Corto Plazo

Desarrollar un conocimiento y unos métodos que puedan mejorar la comprensión de la toma de decisiones humanas y organizacionales y también el tratamiento de los objetivos conflictivos relacionados con la seguridad.

4.1.4.2 Rendimiento Humano en los Entornos Virtuales

Dado que las aplicaciones VR se están convirtiendo en una forma atractiva de abordar los temas H&OF, su repercusión en el rendimiento humano debe ser investigada cuidadosamente. La interacción de los Entornos Humanos-Virtuales impone ciertamente análisis profundos para aclarar el efecto que los mundos virtuales tienen sobre la percepción y también sobre el rendimiento. Hasta ahora se ha hecho muy poco y por ello hay que trabajar mucho en este punto durante los próximos años.

Investigación a Corto Plazo

Un estudio comparativo sistemático y exhaustivo de “las maniobras naturales y virtuales” dará lugar a la primera gran parte de la comprensión de lo que es el rendimiento humano en el Entorno Virtual. Mediante este análisis podrían surgir otros temas que con toda seguridad liderarán el camino hacia la mejora del rendimiento humano en los entornos virtuales.



4.1.4.3 Transferencia Efectiva del Conocimiento a la Mejora del Rendimiento Humano

La transferencia efectiva del Conocimiento es un tema clave de la mejora de la eficiencia de la organización humana en la gestión de riesgos. El conocimiento incluye el conocimiento formal de los fenómenos y de los procesos, las metodologías, los datos sobre las sustancias, y también un conocimiento implícito de todos los actores del proceso. La mayor parte del potencial de la mejora de la seguridad reside en la capacidad de lograr que esta experiencia sea explícita y esté a disposición de todos los actores del proceso de gestión de riesgos.

Investigación a Corto Plazo

A corto plazo sería útil hallar técnicas prácticas para que el conocimiento “subjetivo” esté presente en los operarios de las compañías, que sean evidentes, claras, útiles, y, sobre todo, a disposición de todos aquellos que, por muchos motivos, pudieran necesitar utilizarlas al realizar sus actividades de seguridad. Un ejemplo es el conocimiento útil sobre los pequeños fallos, las imperfecciones de los componentes que solamente tienen determinados operarios y que, en caso de actividades de mantenimiento o de reparación, podrían resultar de ayuda si el operario que mejor conoce el aparato no estuviera presente.

4.1.4.4 Trabajo en equipo

El trabajo en equipo es casi indiscutiblemente un área más madura de investigación y de aplicación industrial que el área de mejora de la cultura de seguridad. Los beneficios del trabajo en equipo sobre los resultados no relacionados con la seguridad están ampliamente reconocidos. Existe evidencia clara en otros dominios, especialmente en la aviación, de los efectos beneficiosos que tiene el trabajo en equipo bien estructurado, en el rendimiento de seguridad.

La investigación longitudinal del efecto que tiene en el rendimiento el desarrollo de “equipos de seguridad” incluyendo la utilización del conocimiento obtenido de los programas de Gestión Recursos de la Tripulación de la industria de la aviación.

Mejor entendimiento de la naturaleza y la tipología de los errores de equipos (en vez de los errores individuales), y cómo prevenirlos o erradicarlos.

4.1.4.5 Diseño y Manejo de las Alarmas

El Diseño y la Gestión de las Alarmas sigue siendo un área abierta de investigación que requiere fuertes mejoras. Los dispositivos de alarma son unas herramientas de apoyo muy importantes en la toma de decisiones y pueden jugar un papel positivo o negativo en el rendimiento humano durante la intervención humana en los sistemas tecnológicos. Esto es así en las operaciones normales, es decir, en aquellas realizadas durante la actividad normal que sigue a unas tareas bien definidas, y también durante las situaciones fuera de lo normal y sobre todo, en las situaciones de emergencia. Las alarmas y las alertas pueden convertirse en factores clave de impulso y de apoyo para una intervención humana eficaz y eficiente especialmente en circunstancias críticas de seguridad. Se requiere con urgencia un conocimiento claro sobre el uso de los sistemas de alerta, sus limitaciones y sus barreras,



especialmente ante la creciente complejidad de los sistemas tecnológicos y sus correspondientes sistemas de control.

En estos momentos, al diseñar los paneles de control, sus sistemas y sus dispositivos, sigue existiendo una tendencia a poner en los sistemas todos los conectores de alarma posible y variables, de modo que el operario los pueda tener bajo control. Sigue faltando un correcto establecimiento de prioridades de las alarmas y los dispositivos de alerta, así como un conector lógico entre ellos capaz de respaldar la toma de decisiones.

Investigación a Corto Plazo

Estudios y trabajo experimental con el objetivo de definir las barreras humanas a la hora de manejar las alarmas y las alertas. Sería muy recomendable contar con un conocimiento de los potenciales de las alarmas y de los sistemas de alertas de cara al ser humano, como por ejemplo el número máximo de alarmas procesables según las circunstancias, los mejores medios de comunicar las alarmas, es decir, auditivo, visual, táctil, etc. y la mejor frecuencia de los estímulos.

Investigación a Medio Plazo

Definición de las técnicas capaces de proporcionar a los diseñadores herramientas robustas para diseñar interfaces ergonómicas que pueden facilitar la toma de decisiones en circunstancias normales y críticas, especialmente cuando el tiempo de respuesta se ve drásticamente reducido.

4.1.4.6 Diseño de herramientas y máquinas centrado en el usuario

Los materiales, las máquinas y los procedimientos técnicos empleados en la producción de bienes y servicios son esenciales en las actividades de las empresas europeas. Los fabricantes europeos de máquinas herramientas representan más del 50% de la producción mundial y dan empleo a más de 150.000 trabajadores en más de 1.400 compañías. Durante los últimos años, la fuerte competencia de los fabricantes de máquinas herramientas de los países asiáticos (especialmente Japón, China, Taiwán y Corea del Sur) supone una seria amenaza para el futuro de este sector en Europa. La respuesta a las necesidades de los usuarios son máquinas más flexibles, más sofisticadas y más exactas, la oferta de productos constantemente actualizados e innovadores. La aplicación de criterios ergonómicos al diseño de la maquinaria constituye un punto clave de esta estrategia de innovación. El diseño centrado en el usuario puede mejorar el rendimiento de éste cuando utiliza la máquina y mejorar la calidad del producto final o del proceso productivo.

Investigación a corto plazo

Desarrollo de bases de datos emocionales para entrenar y validar aplicaciones emocionales para los distintos idiomas oficiales existentes.

Desarrollo de modelos emocionales expresables en lenguajes de marcado informáticos que puedan ser utilizados para facilitar el desarrollo de aplicaciones emocionales.



Investigación a Medio Plazo

Desarrollo de aplicaciones emocionales para los distintos idiomas oficiales, teniendo en cuenta las bases de datos y modelos emocionales existentes.

Validar con sujetos experimentales la utilidad y usabilidad de las aplicaciones emocionales desarrolladas.

Desarrollo de interfaces basadas en tecnologías táctiles y virtuales para mejorar la ergonomía.

Investigación a Largo Plazo

Desarrollo de interfaces ergonómicas y máquina-usuario naturales.

4.1.4.7 Interfaces de Entorno Humano-Virtual

Hoy en día las aplicaciones de Realidad Virtual se están imponiendo poco a poco como las herramientas más prometedoras para respaldar la identificación, la evaluación y la cuantificación del impacto de los H&OF en el área de la seguridad. Entornos de trabajo complejos y altamente arriesgados requieren una formación adecuada para que los operarios puedan reducir al mínimo el nivel de ejecución de acciones erróneas.

Por eso el diseño de interfaces ergonómicas para un uso natural y ágil de los Entornos Virtuales (VEs) se está convirtiendo en algo obligatorio ya que el uso de la VR se está extendiendo poco a poco a las prácticas y actividades diarias y no sólo como una excepción para los casos de situaciones críticas.

Investigación a Corto Plazo

Unas interfaces útiles y fiables son unas herramientas de apoyo fundamentales para que los expertos de H&OF puedan realizar investigaciones y estudios en profundidad sobre el impacto de los H&OF en la producción de seguridad. Las interfaces requieren mejoras en términos de utilización sectorial de los estudios comparativos realizados específicamente para unas aplicaciones de seguridad determinadas. Además, otra prioridad es encontrar medios comunes para hacer estudios comparativos de las Interfaces de los Entornos Humanos-Virtuales y posibilitar su puntuación, así como el establecimiento de especificaciones y códigos de diseño de interfaces, derivados de los estudios cognitivos.

Finalmente, se requiere urgentemente una clara definición de cuáles son las limitaciones absolutas, es decir, aquellas limitaciones que nunca se superarán, de las aplicaciones de VR.

Investigación a Medio Plazo

La prioridad a medio plazo sería encontrar interfaces nuevas y más eficientes de adaptación humana a los Entornos Virtuales. La investigación no sólo debería estar limitada a la adaptación humana sino que debería tratar con más profundidad los temas actuales relacionados con factores importantes como las dolencias-VR y las interfaces ergonómicas (peso, forma, etc.). Además, la mejora de los materiales debería ser otra área muy



importante de investigación futura necesaria en relación con las interfaces entre el ser humano y los mundos virtuales.

4.1.4.8 Desarrollo de sistemas integrados para implantar funciones inteligentes en los Equipos de Protección Individual (EPIs): visión artificial, reconocimiento de la voz, interfaces táctiles, sensores de percepción medioambiental, etc.

El objetivo principal de los sistemas de vigilancia integrados utilizados en los equipos de protección individual es asegurar el control más eficaz de las condiciones fisiológicas de los usuarios de los EPIs, teniendo en cuenta las condiciones medioambientales y la carga de trabajo. Mediante el diseño y la producción de sensores en miniatura y de sistemas de transmisión de datos, dichos sistemas integrados pueden formar una parte integral de la ropa de protección, protectores auditivos, protección de la cabeza y de los ojos, dispositivos de protección respiratoria, etc. El desarrollo dinámico de la tecnología de los materiales, junto con una miniaturización progresiva, y el aumento del rendimiento informático de los sistemas de procesamiento de señales, harán que sea posible diseñar un equipo de protección individual innovador, con propiedades únicas.

Investigación a Corto Plazo

La investigación incluirá los estudios de utilidad de los posibles sistemas integrados aplicados a los EPIs, relacionados por ejemplo con el apoyo de la visión durante la transmisión de imágenes a larga distancia, el uso de sistemas de reconocimiento de la voz, y sensores personales que señalen el nivel de peligro por la exposición a factores químicos.

Por otro lado, la evaluación del funcionamiento adecuado de los sistemas inteligentes de los EPIs requiere una investigación en el desarrollo de nuevos métodos de prueba, que permitirá la verificación de sus propiedades protectoras y su viabilidad.

4.1.4.9 Requisitos biomecánicos y antropométricos en la integración del diseño de los EPIs

El uso de equipos de protección individual está siempre relacionado con una carga psicofísica importante del cuerpo humano. Tiene como resultado reacciones negativas que podrían llevar a un posible rechazo de los equipos de protección. Es por tanto necesario desarrollar normas y pautas de métodos de diseño y evaluación de las características ergonómicas de los EPIs.

Investigación a Corto Plazo

La investigación en este campo debería incluir características antropométricas, biomecánicas y térmicas, así como aspectos biológicos y sensoriales. Concretamente, sería importante realizar mediciones antropométricas teniendo en cuenta los movimientos del cuerpo limitados por el uso de EPIs mientras se desempeñan actividades laborales en diferentes condiciones de trabajo, y también realizar evaluaciones de la carga adicional de los órganos de movimiento o evaluar la dificultad de movimiento como resultado del uso de EPIs.



Investigación a Medio Plazo

Además, el desarrollo de simulaciones informáticas que representen los fenómenos que tienen lugar durante el uso de los EPIs será un tema importante de investigación. Los resultados aumentarán la posibilidad de evaluar el funcionamiento de los EPIs en situaciones donde se sobrepasen las características de los modelos del puesto de trabajo utilizados hasta el momento en condiciones de laboratorio.

4.1.4.10 Sistemas de rehabilitación y de ayuda: máquinas inteligentes para mejorar las habilidades de personas mayores o discapacitadas

Los sistemas de rehabilitación y de ayuda son productos, instrumentos, equipos o sistemas técnicos utilizados por personas mayores o discapacitadas para evitar, compensar, reducir o neutralizar sus deficiencias o su discapacidad y para mejorar su autonomía individual y su calidad de vida.

Investigación a corto plazo

Dar formación sobre este tipo de sistemas existentes en el mercado para incorporarlos a los entornos laborales con trabajadores sensibles.

Investigación a medio plazo

En los casos de inexistencia en el mercado de sistemas necesarios por determinados trabajadores sensibles, crear dispositivos inteligentes de rehabilitación y ayuda para mejorar las capacidades laborales de personas mayores o discapacitadas, implicando asociaciones de usuarios y atendiendo también a las peculiaridades de la empresa y el idioma oficial requerido.

4.1.4.11 Investigación de los interfaces basados en las emociones

Dentro de este campo, habrá que enriquecer las bases de datos emocionales existentes para su uso como entrenamiento de las aplicaciones a desarrollar. Tanto las bases de datos como las aplicaciones habrán de ser multimodales, habida cuenta que las personas damos a conocer y percibimos las emociones por medio de varias modalidades (gestos faciales, corporales, entonación oral, vocabulario empleado, etc.).

Con vistas a la seguridad en el entorno laboral, se realizará telecuidado/telemonitorización para prevenir accidentes que puedan darse por estrés o cansancio de los trabajadores. Esto último puede venir ayudado por la miniaturización de los dispositivos, lo cual ha dado lugar a la aparición de ordenadores vestibles, posibilitando la detección de parámetros fisiológicos de una manera no excesivamente intrusiva para las personas implicadas.

Las aplicaciones desarrolladas, en conjunción con las técnicas de Inteligencia Ambiental, podrán servir para personalizar y contextualizar las interfaces con el fin de lograr una mayor naturalidad en la interacción con los sistemas utilizados en el entorno laboral.

Sin embargo, la telemonitorización puede chocar con cuestiones éticas y de privacidad que habrán de tenerse en cuenta para evitar cohibir a los trabajadores, así como evitar una vigilancia demasiado impertinente.



También habrá de incorporarse al sistema la posibilidad de dar respuestas al usuario mediante entidades conversacionales antropométricas que contemplen emotividad, con el fin de lograr una mayor cercanía a los trabajadores implicados, así como una mayor naturalidad.

Enfoques a tener en cuenta:

- Diseño Emocional de los interfaces de usuario: Personalización de las herramientas de Diseño Emocional para su aplicación en el contexto de interfaces de usuario de sistemas de control de seguridad.
- Los desarrollos de informática afectiva en los sistemas de control de seguridad (consideración de la dimensión emocional-cognitiva en los procesos humanos de toma de decisiones involucrados).
- Señales y diseño de signos: Personalización de herramientas de Diseño de Sonido y de Diseño Emocional para la obtención de concienciación del riesgo.

4.1.4.12 Evaluación de nuevos métodos de producción en instalaciones complejas.

La velocidad de los avances tecnológicos ha dado lugar a la rápida evolución de los procesos productivos en instalaciones muy complejas, todo por razones económicas. Por ejemplo, el traslado del calor y de la masa se han optimizado; ha aumentado la automatización y se han introducido nuevas estrategias de control. Esto ha llevado a una reducción de los gastos a través de una mayor calidad y eficiencia de producción y de unos ahorros energéticos. Aunque también ha introducido un nuevo reto. Para el operario es cada vez más difícil predecir los efectos de sus acciones cuando trabaja en la planta. Es necesario investigarlo para determinar cómo afecta este nuevo reto a las operaciones de la planta.

4.1.5 Factores Humanos en la Gestión de Crisis y Emergencias.

La Gestión de Crisis y de Emergencias en los entornos de producción altamente intensificados y transitados se está convirtiendo en una herramienta esencial para evitar el desastre. El papel de los H&OF durante la gestión de las crisis y las emergencias es clave para una reacción rápida y unos planes de actuación eficaces.

Tras accidentes graves como el sufrido recientemente en Toulouse, la investigación de cuáles son los elementos organizacionales más adecuados durante la gestión de crisis y de emergencias tiene que ser uno de los principales puntos de atención de la investigación de los H&OF durante los próximos años.

Incluso en este caso, el uso de aplicaciones de VR será especialmente adecuado para probar las reacciones y para predecir las dinámicas de escenarios complejos donde varios actores desempeñan un papel clave para la resolución de la situación.

Investigación a Corto Plazo

La identificación, definición y caracterización de los H&OF más destacados que juegan un papel clave durante las emergencias debería ser un impulsor de la agenda de investigación a corto plazo.



4.1.6 Seguridad y Calidad: ¿Se pueden integrar, encajan realmente?

Los principios de los sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional implantados por muchas empresas europeas de acuerdo con diversas normas (como por ejemplo ILO-OSH 2001, OHSAS 18001, BS8800 y PN-N-18001) están basados en el ciclo PDCA que es un concepto básico del sistema de gestión de la calidad especificado en la norma ISO 14000. Esto hace que el sistema de gestión OSH sea compatible con el QMS y el EMS. Sin embargo, existen algunas diferencias importantes entre dichas normas, principalmente en relación a la evaluación de riesgos y el aseguramiento de las medidas preventivas y los controles adecuados. Los "beneficiarios" principales también son muy distintos: para el sistema de gestión OSH, los "primeros beneficiarios" son los trabajadores, y para el QMS los "primeros beneficiarios" son los clientes.

Como muchos de los elementos de los diferentes Sistemas de Gestión (MS) son comunes o muy similares, algunas organizaciones están intentando integrar dichos sistemas en un sistema de gestión global. Dicho enfoque también es muy promovido por las compañías de certificación y de consultoría, pero la influencia de dicha integración en el rendimiento de la seguridad y la salud todavía no ha sido explorada. Existe por tanto la necesidad de realizar una investigación de la eficacia del sistema de seguridad y salud "autónomo" en comparación con los sistemas integrados de gestión que cubren los aspectos de los sistemas OSH. El resultado principal de dicha investigación deberían ser unas recomendaciones de integración de la gestión en los campos de calidad y seguridad asegurando una alta eficacia en ambos campos.

4.1.7 Formas organizacionales y Prácticas Gerenciales para prevenir accidentes y gestionar los riesgos en las PYMEs

De acuerdo con Eurostat, el índice de accidentes mortales en el trabajo en la UE en el año 2001 era de un 2,7 por cada 100.000 trabajadores, y era el doble en las microempresas y las pequeñas empresas. La estrategia actual de la UE en OSH establece que las PYMEs (...) deberían beneficiarse de medidas específicas en los programas de información, sensibilización y prevención de los riesgos. Al mismo tiempo, la actual entrada en vigor de los reglamentos OSH está basada en un enfoque "pro-activo" en el que se espera que los propios empleados den los pasos necesarios para asegurar un nivel satisfactorio de OSH con la mínima intervención gubernamental. Esto quiere decir que es necesario el desarrollo de organizaciones de trabajo y prácticas de gestión adecuadas para cumplir con los reglamentos relacionados con la OSH por parte de las empresas y para mejorar las condiciones de trabajo.

En los últimos años, se han desarrollado conceptos de sistemas de gestión de OSH a nivel nacional e internacional que pueden respaldar el enfoque del "enfoque pro-activo" a la OSH. Existen sistemas específicos de documentación internacional como ILO-OSH 2001 u OHSAS 18001. En algunos países como Dinamarca, Polonia, España, RU, se han adoptado normas nacionales sobre gestión de OSH. Pero estos sistemas están generalmente diseñados para empresas grandes y se utilizan sobre todo por una pequeña elite de compañías, más que por la gran mayoría. Esta situación demuestra la necesidad de una investigación más profunda sobre las formas organizacionales y las prácticas de gestión que se adaptan a las necesidades de las PYMEs y que éstas podrían implantar de modo fácil y amplio.



4.1.8 Áreas de factores humanos y organizacionales en desarrollo

- Percepción del riesgo y comunicación del riesgo
- Ingeniería y Gestión de los Factores de Conocimiento Humano
- Aspectos Sociales y de Salud

4.2 Prioridades de Investigación para 2007 en el área Factores Humanos Organizacionales

GT4	
Título	Referencia SRA
Factores Humanos y Organizacionales de la Seguridad desde la Dirección	4.1.1
Diseño Centrado en el Usuario;	4.1.2
Integración de Evaluación y Gestión de Riesgos;	4.1.3
Rendimiento Humano y Utilidad de la Tecnología	4.1.4
Factores Humanos en la Gestión de Crisis y Emergencias.	4.1.5

5 GT5.- RIESGOS EMERGENTES Y NANOSEGURIDAD

5.1 Objetivos del GT

5.1.1 Riesgos emergentes

Debido al incremento en la complejidad e interdependencias de los sistemas industriales, así como a las alteraciones globales (en materia política) en las sociedades exteriores, es urgente enfatizar en los temas de riesgos y seguridad emergentes y transversales, que no están cubiertos por el término clásico de seguridad industrial.

Se considera riesgos emergentes tanto los 'nuevos' como los 'crecientes' (EU-OSHA, 20077), así como una serie de tendencias, desarrollos, fuerzas motoras y obstáculos que afectan a la naturaleza de los riesgos y al contexto en el que ellos son gestionados (OECD, 2003).

Generalizando la definición dada por la EU-OSHA para riesgo emergente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, desde el punto de vista de la Seguridad Industrial se identifica como **riesgo emergente** cualquier riesgo nuevo y creciente.

El riesgo se considera **'nuevo'** si:

- El riesgo era previamente desconocido y causado por nuevos procesos, nuevas tecnologías, nuevos tipos de lugares de trabajo, o cambios sociales u organizativos (p. ej. riesgos relacionados con la nanotecnología, biotecnología, tecnologías TIC, nuevas sustancias químicas, etc.); o,
- A pesar de tratarse de una cuestión de larga existencia, esta se considera nuevamente como riesgo debido al cambio en las percepciones social o pública o,
- El nuevo conocimiento científico permite a una cuestión antigua identificarla como un riesgo.

El riesgo se considera **'creciente'** si:

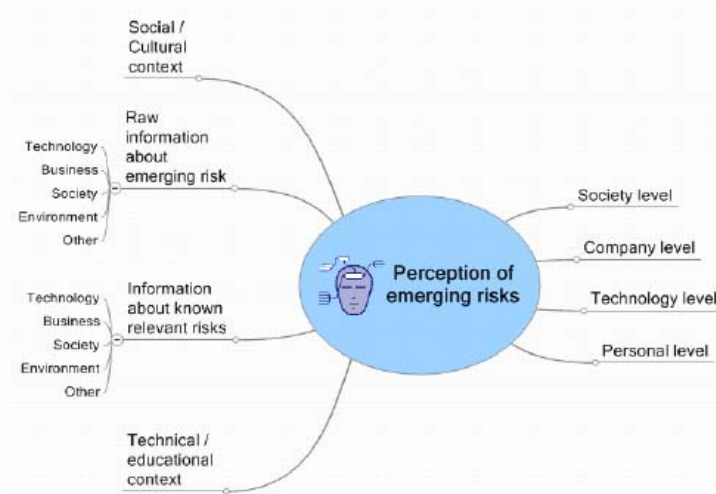
- El número de peligros que conducen al riesgo está creciendo; o,
- La probabilidad de exposición a los peligros que pueden conducir al riesgo se está incrementando (nivel de exposición y/o número de personas expuestas al mismo)
- El efecto del peligro está empeorando (seriedad de los efectos sobre la salud y/o número de personas afectadas)



Dentro de la PESI, el GT de Riesgos Emergentes y Nanoseguridad actúa sobre los nuevos riesgos, los riesgos crecientes y los nuevos entornos de riesgo, siendo el primer grupo de alerta de la Plataforma para este tipo de riesgos. Este GT permite, asimismo, desarrollar nuevos conocimientos y soluciones, nuevas tecnologías, nuevos procesos, nuevos materiales, nuevas organizaciones de trabajo y fuerzas de trabajo, en las siguientes áreas de conocimiento (pero no limitadas a estas):

1. Riesgos relacionados con las nuevas tecnologías, materiales y sustancias:
 - Nuevas tecnologías: nanotecnología, biotecnología, TIC's.
 - Nuevas sustancias y nuevos materiales
 - Envejecimiento de las instalaciones industriales y de los materiales
2. Riesgos relacionados con las nuevas formas de organización del trabajo y características de la población laboral.
 - Nuevas formas de organización del trabajo: globalización, outsourcing, movilidad, multiculturalidad, nuevos hábitos de trabajo, teletrabajo, competitividad, etc.
 - Nuevas características de la fuerza de trabajo: envejecimiento, género, discapacidad, inmigración, drogodependencias, etc.
 - Envejecimiento de las instalaciones industriales y de los materiales
 - Redes industriales, parques industriales y otras interdependencias
3. Nuevos conocimientos sobre el riesgo.
 - Riesgos derivados de la multiexposición (multiagente o multifactor)
4. Incremento en la percepción social del riesgo
 - Comunicación del riesgo.
5. Interacción entre riesgos naturales y riesgos tecnológicos.
6. Riesgos y normalización
7. Otros temas de alerta temprana del riesgo que requieran investigación

Los riesgos emergentes ligados a la nanotecnología se consideran una prioridad y como tal tienen su capítulo específico.



Percepción de riesgos emergentes y acciones derivadas

5.1.2 Nanoseguridad

Aunque las nanotecnologías se encuentran aún en fase precompetitiva, a medio-largo plazo tienen potencial para impactar en un amplio espectro de aplicaciones y sectores industriales.

Las necesidades industriales en cuestión de nanomateriales están creciendo. Muchos sectores se ven afectados, desde los mercados maduros de gran volumen como las aplicaciones de automoción, los componentes de alto valor añadido tales como los componentes espaciales y aeronáuticos, o incluso actividades emergentes como las nuevas tecnologías para la energía. Se ven afectados campos de influencia mundial como el medio ambiente y nuevos productos y funciones para la salud y la seguridad de las personas. Las nanotecnologías (p. ej. nanopartículas) van a tener un papel decisivo en la promoción de la innovación en el diseño y desarrollo de los materiales multifuncionales para el futuro, tanto en la mejora de productos de uso habitual, como en la creación de nuevas funciones y nuevos productos.

El objetivo global del GT5 es desarrollar metodologías y aplicaciones para una nanofabricación segura. Esto incluye el desarrollo de:

- Tecnologías avanzadas de detección y monitorización en los lugares de trabajo
- Procesos de industriales integrados seguros
- Enfoque global a lo largo de todo el ciclo de vida
- Conocimiento de los efectos de las nanopartículas en la salud y medioambiente.

En resumen, los objetivos del GT5 son los siguientes:

1. Sistematizar la definición de riesgo emergente.
2. Identificar nuevas tendencias, desafíos y sus consiguientes riesgos emergentes, muy especialmente en el campo de la nanotecnología.



3. Investigar y desarrollar nuevos conocimientos, metodologías, tecnologías y aplicaciones en las áreas de conocimiento identificadas por el GT.
4. Establecer prioridades para llevar a cabo las actividades de investigación, desarrollo e innovación.
5. Identificar socios con competencias relevantes para su incorporación al GT
6. Apoyar y coordinar de forma coordinada las iniciativas relativas a los riesgos emergentes que provengan de las diferentes partes interesadas de la PESI.
7. Coordinar acciones con otros GT de la PESI en aquellos proyectos donde sea necesaria la utilización de recursos conjuntos.

5.2 AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGACIÓN

5.2.1 Riesgos relacionados con las nuevas tecnologías, materiales y sustancias.

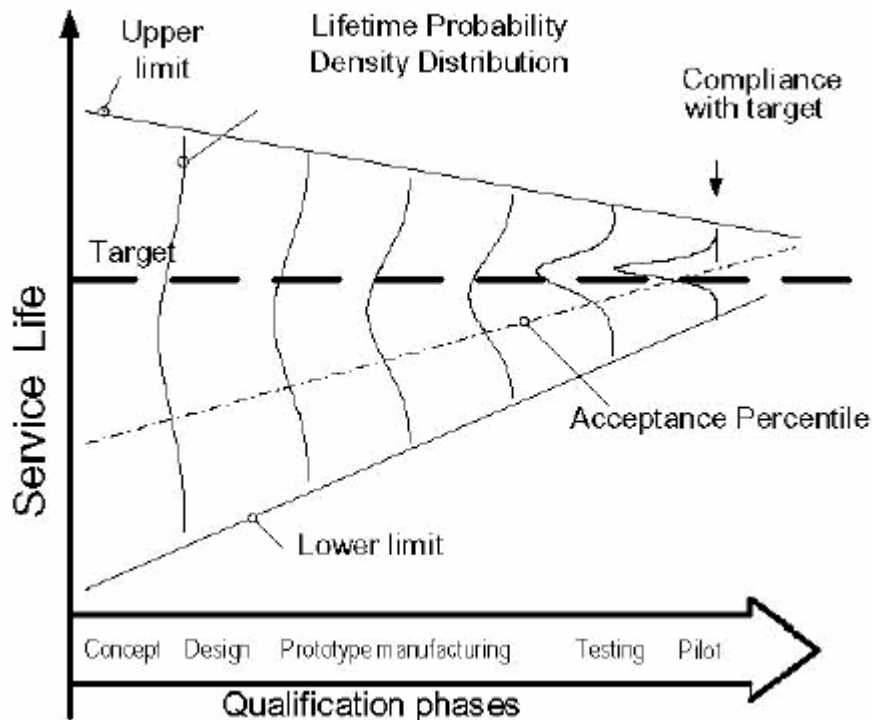
La incorporación de nuevas tecnologías en los sistemas industriales permite incrementar la productividad y la competitividad de las empresas, además de eliminar o controlar más eficazmente los “antiguos” riesgos existentes en planta. No obstante, las nuevas tecnologías también pueden hacer emerger nuevos riesgos desconocidos hasta el presente o acentuar los ya existentes. Anticiparse a ellos resulta fundamental para prevenir los potenciales efectos adversos sobre la salud, así como para disponer de las alternativas y herramientas necesarias para la evaluación y control de los mismos en la empresa.

La utilización de nuevas tecnologías se focaliza fundamentalmente en sectores económicos de importante crecimiento, siendo algunas de las áreas tecnológicas en plena efervescencia la nanotecnología, la biotecnología y las tecnologías de la información y comunicación.

5.2.1.1 Nuevas tecnologías

La industria tiene que tratar tanto con nuevas como con antiguas tecnologías, así como con la combinación de ambas. Los riesgos emergentes están conectados con las nuevas tecnologías, tales como los desarrollos en nanotecnología, biotecnología o nuevas sustancias químicas. Muchas otras innovaciones ofrecen también soluciones atractivas a la industria, pero a menudo todas sus propiedades así como las posibles influencias sobre otros sistemas son totalmente conocidas.

Plataforma Tecnológica Española de Seguridad Industrial (PESI)



Ejemplo del proceso de cualificación en nuevas tecnologías según DNV RP-A203. La cualificación es alcanzada cuando el percentil de aceptación alcanza el nivel objetivo para la vida de servicio.

La introducción de plantas combinadas cada vez más descentralizadas, diversificando por ejemplo, la producción de energía con sistemas renovables así como otras medidas similares, conducen a cuestiones totalmente novedosas: ¿cómo evaluar el riesgo de lo desconocido?, especialmente los efectos e impactos complejos y a largo plazo, ¿cómo obtener los datos necesarios para evaluar la fiabilidad o llevar a cabo la evaluación de riesgos para los componentes de sistemas únicos en su tipo ("one-in-the-kind") con prácticamente ningún historial de operación?

Algunas de las cuestiones se abordan en documentos emergentes, pero el tema está todavía completamente abierto, especialmente para aquellas industrias tradicionalmente menos concienciadas del riesgo. Cuestiones tales como, por ejemplo, ¿cómo evaluar los riesgos desconocidos? aún permanecen sin respuesta. En este sentido, será necesario el desarrollo de prácticas que incluyan la identificación de escenarios peligrosos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y tecnologías así como requisitos y procedimientos para la generación (laboratorio, ensayo, etc) y recopilación de los datos necesarios para la evaluación del riesgo del nuevo producto o tecnología.

- Nanotecnología. Los aspectos ligados al tema de la Nanoseguridad se tratan específicamente en el apartado 2.8.
- Tecnologías de la información y comunicación.

La aparición de la electricidad, el desarrollo posterior de la electrónica y la explosión actual de las TIC's, ha provocado un incremento más que notable de fuentes artificiales de exposición cuya lista seguirá creciendo con la evolución tecnológica. Actualmente los CEM



de extremada baja frecuencia (ELF) relacionados con la distribución y utilización de la energía eléctrica (50 Hz) y los de alta frecuencia asociados con las telecomunicaciones (900, 1800 MHz / telefonía móvil) son los que han captado la mayor atención de la opinión pública, distinguiéndose fundamentalmente dos entornos de exposición: uno de carácter ocupacional, ligado a la actividad laboral que desarrollan las personas y otro de carácter medio ambiental, que afecta al conjunto del público general.

En concordancia con su categoría de riesgo nuevo y emergente, la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (en adelante CEM) constituye una temática ampliamente desconocida por la empresa. Además, la inexistencia de un consenso internacional sobre los efectos sobre la salud a largo plazo, la complejidad de un entorno industrial multifuente y multifrecuencia y unas especiales necesidades de comunicación del riesgo que permitan evitar situaciones de alarma social tales como las presentadas en el ámbito medioambiental, aportan una complejidad adicional a la gestión de este riesgo en la empresa.

Los efectos biológicos a corto plazo de la exposición a CEM son bien conocidos: movimiento de cargas e inducción de corrientes débiles en el organismo a frecuencias bajas y calentamiento de los tejidos a frecuencias altas. No obstante, el debate actual se centra en los efectos a largo plazo y en verificar si niveles de exposición a CEM por debajo de los límites establecidos, pueden causar a largo plazo efectos adversos para la salud.

La International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) estableció en 1998 las recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos hasta 300 GHz, tanto a nivel de público general como ocupacional. Los límites ICNIRP se han trasladado al ámbito europeo mediante dos disposiciones: la Recomendación del Consejo, de 12 de julio de 1999 focalizada en el entorno medio ambiental y la reciente Directiva 40/2004/CE, destinada al entorno laboral. Señalar también que en 2001 y en plena efervescencia de la problemática social relacionada con las antenas de telefonía móvil, se aprobó el RD 1066/2001.

Existe una extensa gama de valores de exposición ocupacional a CEM reportados en la bibliografía internacional, cubriendo un amplio espectro de puestos y entornos de trabajo. No obstante, los datos referenciados son en su conjunto inhomogéneos y de difícil comparación entre sí, dado que en muchos casos no se describen las condiciones de medición ni la incertidumbre asociada a la misma, por lo que resulta complicado exportar estos valores a otros puestos de trabajo. Además, las características inherentes a los propios entornos industriales, tales como distribuciones inhomogéneas de campo y exposición simultánea a múltiples fuentes y frecuencias, provoca, en ausencia de procedimientos de evaluación normalizados, dificultades en la definición de la estrategia y del procedimiento de medida a seguir en cada caso.

Los resultados de las mediciones demuestran que los VLA (Directiva 40/2004/CE) se superan en algunos entornos y puestos de trabajo que utilizan maquinaria sin marcado CE, mantenimiento y operación de hornos de inducción y mantenimiento y reparación de estaciones repetidoras, uso de equipamiento médico, entre otros.

En el ámbito de la prevención por diseño, la norma armonizada UNE – EN 12198 -1/2/3: 2003 suministra los requisitos generales a cumplir por las máquinas de nueva fabricación, al amparo de la Directiva de máquinas y de sus RD de transposición a la legislación española. En este sentido, el desarrollo de nuevas aplicaciones que permitan a la empresa fabricante el cumplimiento de los requisitos de una forma innovadora, más fácil y económica, pueden aportar ventajas competitivas a la empresa.



Con referencia a las medidas de protección colectiva, dos son las principales categorías:

- Las medidas organizativas y de gestión que afectan a la zona de trabajo o a la exposición del trabajador y que pueden incluir, entre otras, la reordenación del área de trabajo, la señalización de la misma, la optimización del tiempo de proceso, etc.
- Las medidas técnicas o de ingeniería como apantallamientos, blindajes o puestas a tierra, cuya implantación a priori debiera producirse en la fase de diseño, con objeto de reducir las emisiones CEM indeseables de los equipos de trabajo.

Las medidas organizacionales y de gestión pueden implantarse por lo general con costes moderados y su efectividad puede potenciarse mediante una adecuada formación y entrenamiento específico del trabajador. En el segundo caso y en concordancia con cualquier actuación reactiva, el coste de implantación resulta en la mayor parte de las veces elevado y su eficacia muchas veces cuestionable, especialmente en lo referido al tratamiento del campo magnético. Nuevos desarrollos tecnológica y económicamente viables son necesarios implementar soluciones de protección en la empresa, especialmente para su aplicabilidad en el segmento PYME.

Con respecto a los EPIs disponibles el uso de prendas apantalladas está limitado a rangos particulares de frecuencia y deberían ser utilizadas cuando las medidas de ingeniería o de gestión resultan insuficientes. Los guantes aislantes constituyen una ayuda para prevenir shocks y quemaduras por corrientes de contacto y los zapatos de seguridad pueden utilizarse para asegurar la conformidad con el SAR local en los miembros. Algunos modelos de gafas han sido propuestos para la protección frente a RF, pero su efectividad aún no ha sido demostrada. Los nuevos materiales, las nuevas tecnologías de fabricación así como la implementación de las TIC's pueden permitir el desarrollo de una nueva generación de EPIs.

Finalmente, los aspectos de información del riesgo CEM presentan una especial sensibilidad, dadas las situaciones de alarma social que provocaron en el ámbito medioambiental algunas estrategias seguidas para la comunicación del riesgo. También la actual inconsistencia en el conocimiento sobre los efectos sobre la salud de las exposiciones a largo plazo, por debajo de los límites reglamentados (excluidos del campo de aplicación de la Directiva), plantea una problemática adicional en cuanto a las acciones formativas a implementar en la empresa y a las actuaciones en materia de vigilancia de la salud de los trabajadores.



Investigación a corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Desarrollo de procedimientos y metodologías para la evaluación de riesgos emergentes durante el diseño y desarrollo de nuevas tecnologías, procesos, productos y servicios (Puede tratarse de una aplicación de la metodología desarrollada para la identificación de los riesgos emergentes en general) <input type="checkbox"/> Cyber-seguridad y amenazas para la seguridad de la automatización y otros sistemas de automatización – trabajo en normas. <input type="checkbox"/> Nuevos agentes biológicos, particularmente los utilizados en el campo de la biotecnología <input type="checkbox"/> Aplicaciones innovadoras de prevención y control de la exposición a CEM, con especial incidencia en la consideración de colectivos sensibles y su aplicabilidad en entornos PYME. <input type="checkbox"/> Evaluación y control del riesgo en la utilización de TICs
Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Soluciones innovadoras y seguras basadas en TICs para plantas nuevas y antiguas que incluyan: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementación de normas ▪ Desarrollo e implementación de equipos conectados en red y normas para gestionar la seguridad del comercio electrónico en la industria
Investigación a largo plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Evaluación de riesgos on-line (las bases para ello deben ser desarrolladas durante la fase de diseño).

5.2.1.2 Nuevas sustancias y nuevos materiales.

Aproximadamente existen alrededor de 100.000 diferentes sustancias químicas registradas en el mercado Europeo y la cifra no para de crecer. Como grupos específicos de sustancias con especial interés en su evaluación y control se encuentran las nanopartículas (ver capítulo 5.7), las sustancias carcinógenas y los tóxicos para la reproducción, incluidos los disruptores endocrinos. En este sentido, la mejora y validación de modelos para evaluación de la exposición, incluida la exposición dérmica, el desarrollo de mapas precisos de las exposiciones laborales así como de medidas de control, para los grupos específicos de sustancias señalados, representan áreas de interés para la investigación en este ámbito. Los aspectos relacionados con las nanopartículas se tratan específicamente en el punto 5.7 del presente documento.

También los peligros biotecnológicos están siendo objeto de atención creciente, fundamentalmente en relación a ciertos temas emergentes, tales como el bioterrorismo o sus usos en el campo de la biotecnología. En este ámbito, las metodologías de evaluación y de medición de las exposiciones en el puesto de trabajo se encuentran en muchos casos en



un estado experimental. Además no hay valores límite para la exposición ocupacional a agentes biológicos.

Investigación a corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> □ Investigación de los riesgos de nuevas sustancias químicas y de nuevos escenarios de exposición □ Modelos para la evaluación de la exposición a nuevas sustancias químicas, incluida la exposición dérmica. □ Evaluación y medición de la exposición a agentes biológicos en el puesto de trabajo
Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> □ Desarrollo de tecnologías de prevención y control de nuevas sustancias peligrosas

5.2.2 Riesgos relacionados con las nuevas formas de organización del trabajo y características de la población laboral.

5.2.2.1 Nuevas formas de organización del trabajo: globalización, outsourcing, movilidad, multiculturalidad, nuevos hábitos de trabajo, teletrabajo, competitividad.

La globalización está creando dinámicas que implican la movilidad de empresas, la circulación de trabajadores, la mezcla entre las culturas (con las consiguientes diferencias en la percepción de los riesgos y en la comprensión de diferentes fenómenos), y las barreras idiomáticas.

Al mismo tiempo, la revolución en la comunicación entre individuos, organizaciones y redes via internet permite situaciones nuevas de trabajo, en las que una persona puede estar trabajando en un lugar distinto al centro de trabajo de la empresa que le contrata- teletrabajo (con la consiguiente alteración del concepto tradicional de “centro de trabajo” y las dificultades de control sobre el mismo), un equipo puede estar constituido por individuos situados en distintas partes del planeta y empresas geográficamente alejadas, pueden interactuar entre sí como si se hallasen en el mismo polígono industrial.

Esta comunicación global también conlleva una competitividad global por los mismos recursos y las mismas oportunidades, aunque muchas veces partiendo de entornos diferentes (los trabajadores y empresas del Silicon Valley compiten con sus homólogos en India, aunque obviamente ni la cultura ni el entorno son comparables).

Por último, la creciente incorporación al trabajo de la mujer cambia de forma significativa tanto el entorno de trabajo como el entorno social, y éste a su vez modifica al primero. Todo ello implica la necesidad de investigar en nuevas formas de actuación y nuevas dimensiones en su repercusión, de los riesgos “tradicionales”, al mismo tiempo que hace aparecer nuevos riesgos y nuevos factores de riesgo en el escenario.



Investigación a corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Análisis de la aparición de nuevos riesgos y evolución de los riesgos “tradicionales” en relación a la cadena de subcontratación. <input type="checkbox"/> Interrelación entre la competitividad y el riesgo
Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Nuevos hábitos de trabajo, compatibilidad / incompatibilidad entre la vida privada y la vida profesional y laboral y su interrelación con el riesgo percibido y el riesgo materializado <input type="checkbox"/> Evaluación y control del riesgo en el e-work

5.2.2.2 Nuevas características de la fuerza de trabajo: envejecimiento, género, discapacidad, inmigración, drogodependencias, etc.

Tal y como ya se ha ido exponiendo en este documento, la globalización y la movilidad cambian el panorama de la producción y los servicios, pero también cambian el panorama humano. Así, la población trabajadora del mundo desarrollado envejece, e incorpora de forma masiva a las mujeres y a los discapacitados; al mismo tiempo, se trata de una población sedentaria, con poco o nulo ejercicio físico dentro o fuera del trabajo. El mundo menos desarrollado “exporta” trabajadores a otros países, produciéndose una mezcla cultural en los centros de trabajo. Y por último, cada vez se pone más de manifiesto la existencia de individuos y colectivos con sensibilidades especiales a los riesgos (asma, alergia, etc.) y se da mayor importancia al tratamiento individualizado de la acción del riesgo (mujeres embarazadas o en fase de lactancia, personas especialmente sensibles, etc.)

Investigación a corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Interrelación entre riesgos conocidos y emergentes y género <input type="checkbox"/> Identificación de nuevas características de la fuerza de trabajo y de la organización del trabajo tras la externalización y el trabajo en red, y las consecuencias para la seguridad industrial. <input type="checkbox"/> Análisis de los patrones de riesgo y la movilidad. <input type="checkbox"/> La multiculturalidad y los factores psicosociales de riesgo; la gestión del riesgo en las compañías multiculturales (ej. Multinacionales, compañías con alto nivel de inmigración....)
Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Elaboración de nuevo modelos causa-efecto que tengan en consideración aspectos tales como el género, la edad, la etnia, la discapacidad y determinados factores organizativos <input type="checkbox"/> Metodologías específicas de formación e integración en la seguridad industrial para los colectivos de trabajadores procedentes de países menos desarrollados.



5.2.2.3 Redes industriales, parques industriales y otras interdependencias.

En nuestros días la industria ha externalizado el mantenimiento y otras actividades que no se consideran como parte del núcleo del negocio. Esto ha creado complicadas redes, donde los proveedores de servicios han externalizado también sus actividades a subcontratistas, que usan otros subcontratistas, etc. Los emplazamientos industriales están también divididos entre varias compañías, de acuerdo con las diferentes actividades productivas y las actividades de apoyo a la producción. Esta tendencia está creando parques industriales donde muchas organizaciones independientes trabajan en el mismo lugar y las responsabilidades no están siempre claras. Cómo asegurar la seguridad ocupacional, la seguridad patrimonial y la fiabilidad de las redes y de los parques industriales es una de las cuestiones clave.

Las instalaciones industriales actuales mantienen muchas interdependencias con sistemas e instalaciones que no están bajo la misma gestión (de la seguridad). Esto ha incrementado su vulnerabilidad frente a peligros secundarios, cuando la fuente primaria de peligro es uno o varios de sus socios en la red. Esto crea situaciones en las que no todos los riesgos están identificados, o bien los riesgos identificados no pueden ser alcanzados por el que los ha identificado. Por ejemplo, grandes áreas industriales con instalaciones químicas con importantes cantidades de sustancias peligrosas, poseen el potencial riesgo de que un accidente inicie una cadena de accidentes mayores en las plantas anexas. Esta cadena de sucesos se denomina “efecto dominó”. Los efectos dominó pueden ser también causados por otros sistemas de interdependencia, además de por instalaciones químicas vecinas.

La evaluación de estos escenarios “multi-riesgo” requiere de un acercamiento científico multidisciplinar y de la cooperación entre expertos de diferentes campos de la tecnología y de las ciencias sociales y económicas.

Investigación a corto plazo	<input type="checkbox"/> Identificación de las interdependencias y de la vulnerabilidad de la instalación frente a alteraciones en otros sistemas
Investigación a medio plazo	<input type="checkbox"/> Desarrollo de un enfoque científico multidisciplinar para construir y evaluar escenarios de riesgo en redes complejas.
Investigación a largo plazo	<input type="checkbox"/> Examinar las posibilidades de la evaluación on-line del riesgo.

5.2.2.4 Envejecimiento de las instalaciones industriales y de los materiales.

En instalaciones antiguas, la industria está afrontando nuevos desafíos cuando la vida útil de la planta y sus sistemas se prolongan más allá de la vida útil estimada en el diseño. Las plantas antiguas son a menudo las favoritas de los economistas en el corto plazo; la presión económica para incrementar la vida útil de la planta puede ser enorme y los posibles beneficios (por ejemplo, no es necesario pedir permisos de actividad, etc.) muy atractivos. Sin embargo, las decisiones sobre la extensión de la vida útil de la instalación industrial pueden tomarse sobre bases no realistas, cuando la evaluación de la planta la realizan ingenieros sin experiencia en la planta y que pueden carecer de datos fiables, incluso básicos, para la evaluación. Es importante tener en cuenta que, en muchos casos, la



decisión de construir una nueva planta más que de actualizar la anterior, puede tener una influencia dramática (positiva!) en la competitividad e innovación en Europa.

La integración real del ciclo de vida de una planta y de la tecnología y la evaluación del riesgo a medio y largo plazo, no es necesariamente una prioridad para la empresa o el órgano inspector. Si embargo, para la sociedad puede ser un gran problema, especialmente si se combina con nuevas tecnologías o con plantas re-equipadas.

Investigación a corto plazo	<input type="checkbox"/> Riesgos emergentes derivados de la operación de plantas antiguas e integración de la gestión del riesgo en el ciclo de vida de la planta
Investigación a largo plazo	<input type="checkbox"/> Evaluación del riesgo on-line

5.2.3 Nuevos conocimientos sobre el riesgo.

5.2.3.1 Identificación de riesgos nuevos y emergentes

En el proceso tradicional de evaluación de riesgos se reconoce la importancia de una identificación de riesgos sistemática y fiable. Lo mismo se aplica a los riesgos emergentes y a los transversales: cuanto antes se identifiquen los riesgos, antes pueden ser evaluados y gestionados.

Actualmente no existe sistemática alguna para la identificación de riesgos emergentes. Por lo tanto la necesidad de investigación más urgente es desarrollar una metodología genérica para identificar los sistemas, las situaciones, los productos y servicios donde puedan aparecer riesgos emergentes. El siguiente paso será desarrollar los métodos específicos necesarios para los distintos grupos de problemas identificados.

Investigación a corto plazo	<input type="checkbox"/> Desarrollo de una metodología general para la identificación y evaluación de riesgos emergentes
------------------------------------	--

5.2.3.2 Riesgos derivados de la multiexposición (multiagente o multifactor)

Determinados factores de riesgo son objeto de continua investigación con objeto de conocer, con mayor detalle, la forma en que actúan sobre el organismo y los posibles efectos relacionados con ello. Tales conocimientos posibilitan el desarrollo de mejores herramientas de evaluación y gestión del riesgo y, en última instancia, el diseño y operación de equipamiento y sistemas industriales más seguros.

Ejemplos típicos son las sustancias químicas y sus mezclas y particularmente, los agentes cancerígenos, mutágenos, tóxicos para la reproducción y los que pueden producir alteraciones de tipo endocrino (disruptores endocrinos). También son objeto de investigación permanente los disolventes por su amplia utilización, las MMMF sustitutivas del amianto, las alteraciones del sistema osteo-muscular en relación con fuerzas, presiones, esfuerzos y repetitividad del movimiento y la forma en que reacciona cada individuo frente a una presión



continuada del entorno (concentración, tratamiento de información, dispersión de información, carga emocional.....).

La exposición combinada en los sistemas industriales a estos agentes y factores de riesgo que, en principio parecen independientes, plantea un conjunto de líneas de investigación que tienen como factor común la existencia de factores de riesgo simultáneos.

Investigación a corto plazo	<input type="checkbox"/> Exposiciones combinadas y respuesta humana <input type="checkbox"/> Investigación con multiexposiciones reales que afectan a amplios colectivos laborales
------------------------------------	---

5.2.4 Incremento en la percepción social del riesgo

5.2.4.1 Comunicación del riesgo.

La mejora en las condiciones de vida y trabajo, así como los adelantos en materia de salud, educación y bienestar en general, hacen que la población aumente de forma progresiva su nivel de conciencia del riesgo, al mismo tiempo que se vuelve más exigente en relación, tanto a las condiciones de vida como a las condiciones de trabajo. Aparece el concepto de “empleo de calidad”, inexistente hace apenas 20 años.

En consecuencia, aspectos que en un tiempo no eran ni tan sólo percibidos, actualmente son fuente de preocupación y son noticia en los medios. Por ejemplo, hace poco más diez años la telefonía móvil era percibida como un lujo; hoy en día, es un artículo básico, de bajo coste, y las instalaciones de emisión y repetición son percibidas como peligrosas. En un mundo donde cada vez es más fácil procesar la información, cada ciudadano puede acceder al nivel de información que desee de forma gratuita. Y ello conlleva un nivel de exigencia superior por parte de la población.

Sin embargo, ninguna actividad humana está carente de riesgo, por más segura que ésta sea. Y ello implica la aceptación social de un determinado nivel de riesgo. Para llegar a obtener este consenso, es preciso investigar cómo percibe nuestra sociedad – u otra sociedad – el riesgo de distintos factores.

El progreso tecnológico se asocia siempre con nuevos riesgos o con un incremento de los existentes y la percepción del riesgo por parte de los técnicos o del público general puede ser radicalmente diferente. Factores tales como el desconocimiento de la tecnología, la imposibilidad de “tocar” el problema (“es algo que no se ve”), la incapacidad de controlar la situación, la evidencia de que no se trata de una exposición voluntaria, el temor humano a una enfermedad grave, la ausencia de un beneficio claro o la sensación de que “siempre me toca a mí”, pueden incrementar drásticamente la percepción del riesgo.

El desarrollo de estrategias, herramientas y metodologías de comunicación del riesgo, especialmente en lo referente a riesgos nuevos y emergentes, resulta básico para evitar situaciones de alarma social carentes de justificación.

Investigación a corto plazo	<input type="checkbox"/> Estrategias y herramientas para la comunicación del riesgo de exposición a CEM en la empresa.
------------------------------------	--



	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Desarrollo de herramientas prácticas para la comunicación del riesgo en las PYMEs
Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Percepción de determinados aspectos de la organización del trabajo como un riesgo: tiempo de trabajo y su distribución, conciliación entre la vida privada y la vida laboral. <input type="checkbox"/> Percepción del riesgo derivado de la manipulación, uso y exposición a sustancias químicas, a la radiación, a los EMFs, del riesgo de aparición de lesiones de tipo osteo-muscular debidas al trabajo, del estrés y la monotonía y su relación con el trabajo, del acoso.

5.2.5 Interacción entre riesgos naturales y riesgos tecnológicos.

Existe una creciente evidencia de que el clima en diferentes regiones de Europa está cambiando y de que se están produciendo catástrofes naturales inesperadas como inundaciones e incendios forestales. Las catástrofes de origen natural pueden desbordar las medidas de seguridad de una instalación industrial y causar peligros tecnológicos. Los desastres naturales afectan simultáneamente a muchas instalaciones industriales y como consecuencia pueden dejar de funcionar infraestructuras básicas como el suministro de agua, energía o las comunicaciones.

La mayor parte de las industrias no están preparadas para fenómenos naturales inesperados, que sobrecargan la capacidad de sus sistemas y las hace vulnerables frente a los accidentes tecnológicos y las pérdidas de producción. Los riesgos asociados a desastres naturales que afectan a la seguridad industrial son riesgos transversales que necesitan para su tratamiento un enfoque multidisciplinar desde diversos campos de la ciencia.

Investigación a corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Identificación de instalaciones industriales en zonas con riesgos naturales potenciales e identificación de las posibles consecuencias (inundaciones, incendios forestales y terremotos). <input type="checkbox"/> Identificación y evaluación de las tendencias futuras en el cambio climático global y su efecto potencial sobre la seguridad industrial
Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Desarrollar tecnologías que toleren peligros naturales u otro tipo de peligros inesperados.

5.2.6 Riesgos y normalización

La Normalización ha demostrado en el transcurso de los años ser un instrumento de gran utilidad para reducir el riesgo en la Industria. La homogeneización de metodologías, el desarrollo de sistemas normalizados de identificación, valoración y gestión de riesgos, la posibilidad de comparación de datos obtenidos mediante métodos normalizados, etc., han



permitido y permiten en la actualidad un mejor control del riesgo asociado a las actividades industriales; no en vano, una parte importante del cuerpo normativo se centra en aspectos relacionados con la seguridad industrial.

Para conocer los avances en materia de seguridad industrial derivados de la normalización deberían desarrollarse estudios que cuantificaran las mejoras obtenidas con el fin de, entre otros, evaluar la eficiencia del propio proceso de la normalización y su impacto en la seguridad industrial.

El cuerpo normativo existente en materia de seguridad industrial es, no obstante y por definición, incompleto, ya que la normalización, como la industrial, es una actividad en constante evolución que ha de adaptarse a los nuevos retos y satisfacer a sus usuarios: consumidores, industria, administración...

En los últimos meses se viene observando un aumento de la actividad normalizadora, tanto en el ámbito europeo como nacional, referida a la gestión del riesgo. Este aumento de actividad coincide con una visión más integral del riesgo y con una concepción más global del mismo. Se han desarrollado numerosas normas para abarcar aspectos concretos de la seguridad industrial; ahora, sin embargo, se pretende desarrollar normas de carácter más generalista que contemplen todo el riesgo globalmente. El reto es tan complejo como necesario y útil. De hecho, muchos de los aspectos tratados a lo largo de este documento son susceptibles de normalizarse, dotando al proceso de una mayor seguridad, y no en vano se ha destacado anteriormente alguno de las iniciativas que la normalización, especialmente en el ámbito europeo, ha puesto en marcha.

Evidentemente, unos de los aspectos fundamentales a tratar desde la normalización es el desarrollo de metodologías para la identificación, valoración y gestión del riesgo asociado a los procesos industriales, haciendo especial hincapié en los riesgos emergentes. La normalización ha de dotar a las organizaciones de un cuerpo normativo que permitan asegurar con un grado razonable de seguridad que se están identificando y gestionando adecuadamente los nuevos riesgos y riesgos emergentes de las actividad industrial.

Otro campo de actuación es la definición de metodologías de análisis para valorar los nuevos riesgos derivados del empleo de la nanotecnología, y especialmente la medición de la toxicidad o los efectos ambientales y humanos del empleo de nuevas partículas, o los derivados de la multiexposición o la exposición a multiagentes o multifactores.

Por último, es necesario indicar que en ocasiones tan peligroso puede resultar la ausencia de métodos normalizados, desarrollados por entidades de Normalización reconocidas legalmente, como el desarrollo de documentos pseudonormativos que, sin las garantías ofrecidas por la normalización y sin la participación de todas la partes interesadas, pretendan impongan visiones parciales, interesadas o erróneas de la seguridad industrial. Sería necesario, por tanto, estudiar el impacto de este tipo de pseudonormas en la seguridad de la industria nacional y europea.

Investigación a corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Identificación de necesidades normativas derivadas del nuevo enfoque de la seguridad industrial. <input type="checkbox"/> Desarrollo de metodologías normalizadas identificación, evaluación y gestión de nuevos riesgos y riesgos emergentes, incluidos los derivados del desarrollo de la nanotecnologías.
Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Estudio del impacto en la seguridad industrial del desarrollo y empleo de normas



	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Desarrollo de un cuerpo normativo adaptado a las nuevas necesidades de la seguridad industrial.<input type="checkbox"/> Estudios piloto del impacto de las nuevas normas en la seguridad de las organizaciones industriales.<input type="checkbox"/> Estudio del impacto económico y de seguridad del empleo de documentos pseudonormativos.
--	---

5.2.7 Nanoseguridad

En el ámbito de la nanotecnología una parte importante de las aplicaciones se ha focalizado en la producción de nuevos o mejorados materiales. Los primeros estudios sobre los riesgos para la seguridad y salud de las nanopartículas acaban de finalizarse y los riesgos no han sido completamente explorados. El número de trabajadores expuestos se incrementa y existe muy poca información sobre las rutas de exposición, la toxicidad de los nanomateriales, las sistemáticas de evaluación y los niveles de referencia a utilizar.

Los principales riesgos que presentan las nanopartículas se asocian con la toxicidad, reactividad química, incendio y explosión. En principio, todos los métodos de producción de nanopartículas pueden conllevar riesgo de exposición por inhalación, contacto dérmico e ingestión. Los efectos dependen del tamaño de la partícula, morfología, superficie de contacto, composición y posiblemente de su solubilidad. Así, componentes inofensivos a escala microscópica, pueden presentar a nanoescala una intensa reactividad química y provocar daños biológicos.

Las partículas ultrafinas han probado ser 10 a 50 veces más dañinas en los tejidos pulmonares que otras partículas. El nivel de daño depende de la profundidad de penetración y, en este sentido, el reducido tamaño de las nanopartículas asegura que una alta proporción de la fracción inhalada alcanzará y se depositará en la parte profunda de pulmón. La evidencia disponible sugiere que algunas nanopartículas fabricadas y nanotubos son más tóxicos por unidad de masa que los mismos químicos en su forma macro. También, algunos investigadores sugieren que la inhalación de nanotubos de carbono pueden causar un daño similar a la asbestosis, por el parecido de estas nanopartículas con las fibras de amianto. Algunos materiales que se producen tanto a macro como a nanoescala; pueden presentar diferentes características toxicológicas en ambas formas, pero las actuales normativas reguladoras basan los niveles de referencia en la masa de partículas inhalada y no en el tamaño de las mismas.

Resulta aún demasiado pronto para extraer conclusiones sobre los efectos por inhalación de los nanomateriales, porque la base de datos toxicológica existente es aún reducida y los estudios toxicológicos sobre animales resultan difíciles de extrapolar a escala humana.

En cuanto a la evaluación de la seguridad y salud de las nanopartículas, existen lagunas de conocimiento y los datos disponibles sobre trabajadores expuestos son aún escasos, por lo que el conocimiento actual es inadecuado para los propósitos de evaluación del riesgo. En este sentido, se necesita investigar la toxicidad, epidemiología, persistencia y bioacumulación de las nanopartículas manufacturadas y de las nuevas formas como los nanotubos, así como las vías de exposición y desarrollar metodologías e instrumentación práctica para su evaluación.

Para el control de la exposición de las nanopartículas en el ambiente, nuevos métodos de control deben ser investigados en todos los procesos de síntesis. En este sentido, merece



una mención especial la exposición por vía dérmica, para la cual las medidas de prevención son pobres (EPIS) y pueden no ser efectivas.

Con respecto a los riesgos de incendio y explosión, existe un amplio conocimiento sobre las características explosivas de las partículas en la escala macro pero la ausencia de datos es total para las nanopartículas. La investigación en partículas micrométricas revela que la gravedad de la explosión se incrementa cuando se reduce el tamaño de partícula pero no resulta evidente que los resultados a escala macro puedan extrapolarse a nanoescala, al igual que ya ocurriera con la toxicidad.

La industria química está destinada a ser la mayor productora de nanomateriales. La evaluación de riesgos de estas sustancias se realizará de conformidad con el sistema REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals). No obstante, desde la perspectiva de las nanopartículas, se señalan dos objeciones importantes a la última versión del sistema. Por un lado, el REACH no tiene en cuenta el tamaño y morfología de la partícula y por otro, muchos de los nanomateriales tendrán bajos niveles de producción, con lo cual no necesitarán ser evaluados o en su caso necesitarán de evaluaciones mucho menos exigentes. Así, las sustancias existentes que se produzcan como nanopartículas pueden tener diferentes efectos sobre la salud que la forma macro ya comercializada, pero serán consideradas como la misma sustancia química, aunque por las propiedades exhibidas probablemente no lo sean.

Investigación a corto plazo	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Reactividad química de las nanopartículas (en estado sólido, líquido y gaseoso, catálisis, fuego)<input type="checkbox"/> Explosividad de las nanopartículas (detonación)<input type="checkbox"/> Fuentes de inicio de reactividad y explosividad (p. ej. temperaturas fuera de control, descargas mecánicas y electrostáticas, etc)<input type="checkbox"/> Dispersión de las nanopartículas en el aire, agua y sólidos<input type="checkbox"/> Toxicidad y ecotoxicidad (humana, animal y vegetal)<input type="checkbox"/> Desarrollo de tecnologías de detección y medida a escala industrial
------------------------------------	--

Investigación a medio plazo	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Análisis del riesgo del ciclo de vida (desde la creación hasta la eliminación) <input type="checkbox"/> Epidemiología <input type="checkbox"/> Legislación/estandarización, áreas legales <input type="checkbox"/> Evaluación de riesgos para la salud, medioambientales y financieros. <input type="checkbox"/> Metrología (detección, identificación y caracterización a escala de nanomaterial) <input type="checkbox"/> Metrología para la obtención básica de datos de salud y seguridad <input type="checkbox"/> Toxicidad y ecotoxicidad (p. ej. biomarcadores, marcadores de ADN,...) <input type="checkbox"/> Reactividad, explosión y dispersión <input type="checkbox"/> Herramientas y metodologías de evaluación y gestión de riesgos que integran factores humanos y organizativos, la noción del riesgo debido a la incertidumbre científica y técnica asociada con esta tecnología. Tecnología de seguridad inherente e integrada (p. ej. intensificación de procesos, etc) <input type="checkbox"/> Tecnología de filtrado (gas, líquido, etc) <input type="checkbox"/> Educación y formación <input type="checkbox"/> Desarrollo de demostraciones y líneas de producción piloto.
------------------------------------	---

5.3 Prioridades de investigación para 2007 en el área de riesgos emergentes y nanoseguridad.

GT5	
Título	Referencia SRA
Metodología consensuada para la identificación y evaluación de riesgos emergentes, incluyendo el desarrollo de legislación, códigos y normas unificadas/consolidadas"	5.2.3.1
Riesgos emergentes derivados de la interacción de todos los aspectos del riesgo (técnicos y no técnicos), incluyendo las interdependencias, la complejidad y los fenómenos desconocidos	5.2.2.3
Riesgos emergentes derivados de nuevas tecnologías incluyendo metodologías de gestión integrada del riesgo para nuevas tecnologías.	5.2.1.1
Riesgos emergentes derivados del funcionamiento de plantas antiguas e integración de la gestión del	5.2.2.4

riesgo en el ciclo de vida.	
Evaluación y control de la exposición a CEM en ambientes laborales	5.2.3.1
NANOSEGURIDAD	
Desarrollo de tecnologías de detección y medida de nanopartículas a nivel industrial	5.2.2.7



6 GT6.- TECNOLOGÍAS PARA LA SEGURIDAD PATRIMONIAL EN LA EMPRESA

6.1 Seguridad Patrimonial

Dentro de la Plataforma Tecnológica, el GT de Seguridad Patrimonial permitirá, desarrollar nuevos conocimientos y soluciones, nuevas tecnologías, nuevos procesos, nuevos materiales, nuevas organizaciones de trabajo y fuerzas de trabajo, en las siguientes áreas de conocimiento (pero no limitadas a estas):

1. Identificación de personas, explosivos u objetos:
2. Vigilancia y seguimiento y protección de personas o bienes.
3. Protección civil, incluyendo evacuación, operaciones de búsqueda y rescate, de control y solución.
4. Metodologías integradas de gestión de riesgos.

6.2 Agenda estratégica de investigación

6.2.1 Identificación de personas, explosivos u objetos.

6.2.1.1 Desarrollo de los sistemas de identificación biométrica de personas aisladas

- Identificación cercana: Sistemas de reconocimiento integrado de datos biométricos. Desarrollo de programas de reconstrucción y reconocimiento biométricos. Desarrollo de programas de reconocimiento de imágenes en 3D. Desarrollo de programas de transformación temporal en evolución de rasgos físicos.
- Identificación lejana: Sistemas de identificación de individuos en grupos de personas mediante reconocimiento de características físicas en entornos dinámicos. Estudio, desarrollo y mejora de las condiciones de programas para identificación.
- Mejora de técnicas de reconstrucción de rasgos personales (retratos robot, evolución temporal de rasgos físicos, etc.) en apoyo a las técnicas de identificación
- Miniaturización de los sistemas de identificación biométrica

6.2.1.2 Desarrollo de sistemas de identificación de objetos o sustancias aisladas

- Identificación de objetos inanimados (vehículos, contenedores, etc.) mediante lectura automática de identificadores (matrículas, marcas de fábrica, etc.).
- Identificación de objetos en movimiento (vehículos, etc) en contextos complejos en los que coexisten con otros objetos. Esta prioridad se relaciona con la de seguimiento.



- Identificación de sustancias peligrosas.

6.2.1.3 Sistemas de Identificación y trazabilidad de explosivos y otros materiales potencialmente peligrosos

- Trazabilidad de explosivos basada en su marcado unitario
- Desarrollo de nuevos marcadores volátiles
- Detectores y analizadores de explosivos, etc.

6.2.2 Vigilancia y seguimiento y protección de personas o bienes.

6.2.2.1 Desarrollo de sistemas avanzados de vigilancia personal

El objetivo es facilitar el seguimiento de determinadas personas con trazadores electrónicos

- Equipamiento para el seguimiento dinámico a distancia de personas aisladas o de grupos de personas en situación de riesgo,
- Transmisores y receptores ubicuos.
- Mejora de la inmunidad a interferencias o pérdidas de contacto.
- Integración con sistemas de posicionamiento por satélite.
- Sistemas de visión penetrante frente a obstáculos físicos (paredes opacas, sin iluminación, etc.)
- Sistemas de detección de personas en espacios confinados.
- Automatización de la interpretación de situaciones derivadas de la vigilancia personal.
- Sistemas tecnológicos que combinan la seguridad de personas y bienes de forma adaptativa (diurno-nocturno).

6.2.2.2 Mejora de la vigilancia genérica en zonas geográficas

El objetivo es detectar la presencia de intrusos y la puesta en marcha de las medidas correctoras pertinentes.

- Vigilancia estática y dinámica
- Detección de la presencia de vehículos o de personas en zonas protegidas.
- Generación de documentación multimedia on-line.
- Vigilancia de zonas geográficas amplias mediante teledetección.
- Seguimiento de vehículos.
- Sistemas combinados de vigilancia de la seguridad de Personas, Bienes y Tráfico.



- Sistemas de comunicaciones inalámbricas multimedia de corto alcance para el mantenimiento operativo interno de un grupo de protección
- Mejora de protección física en bienes cercanos (Cristales, vehículos, puertas, etc.)

6.2.3 Protección civil, incluyendo evacuación, operaciones de búsqueda y rescate, de control y solución.

6.2.3.1 Herramientas y modelos de gestión de la información compartidas para facilitar la integración eficaz de diversas emergencias y servicios de gestión

- Evacuación de personas en situaciones hostiles.

6.2.3.2 Detección temprana de alertas medioambientales provocadas

- Desarrollo de sensores especializados para entornos abiertos o cerrados.

6.2.3.3 Despliegue rápido de fuerzas de protección civil

- Sistemas de control de despliegue en zonas múltiples.
- Evacuación controlada de zonas de riesgo.

6.2.4 Metodologías integradas de gestión de riesgos.

6.2.4.1 Caracterización de situaciones de riesgo

- Definición de riesgos.
- Caracterización causal y temporal.
- Cuantificación (categorías).

6.2.4.2 Elaboración de planes de contingencia

- Automatización de los procesos de reevaluación de situaciones.

6.2.4.3 Simulación de análisis de situaciones de riesgos

- Simulación distribuida.
- Entrenadores.



6.2.4.4 Desarrollo de sistemas integrados de gestión de riesgos

- Integración con sistemas de toma de decisiones.
- Integración con sistemas de alerta temprana.

6.3 Prioridades de investigación para 2007 en el área de security

GT6	
Título	Referencia SRA
Trazabilidad de explosivos basada en su marcado unitario	6.2.1.3
Desarrollo de nuevos marcadores volátiles	6.2.1.3
Sistemas tecnológicos que combinen la seguridad de personas y bienes de forma adaptativa	6.2.2.1
Sistemas combinados de vigilancia de la seguridad de personas, bienes y tráfico	6.2.2.2
Evacuación de personas en ambientes hostiles	6.2.3.1
Vigilancia combinada de la seguridad (Seguridad patrimonial y mantenimiento)	6.2.3.1



7 “HUB INNOVACIÓN EN EDUCACIÓN Y FORMACIÓN”

7.1 Agenda de investigación estratégica en educación y formación (SRA)

El HUB “Educación y Formación” es una actividad transversal y horizontal de la Agenda de Investigación Estratégica de la “European Technology Platform for Industrial Safety, ETPIS” y está relacionada con todas las Áreas Temáticas. La Agenda de Investigación de este HUB plantea que cada nuevo desarrollo o propuesta de nuevo desarrollo debe ser evaluada para identificar su potencial en educación y formación con el objetivo de promover “cultura de seguridad” y lograr un comportamiento más seguro de todas las personas involucradas en procesos industriales.

Las centrales nucleares tienen medidas de seguridad extremas, se asume que es el sector más seguro del mundo; sin embargo, siempre se aplica el mismo proceso para obtener los mismos productos. La industria química, más compleja en número de sustancias y procesos involucrados, podría jugar un papel crucial en la planificación de las actividades del HUB, siendo como es uno de los sectores con las normas y requisitos de seguridad más estrictos, después del ya mencionado de la energía nuclear. Este compromiso está siendo promovido a través de actividades públicas como Responsible Care® produciendo uno de los índices más bajos de accidentes en todos los sectores industriales (exceptuando centrales nucleares). Es más, los sistemas de mejora de la gestión y seguridad desarrollados por la industria química pueden ser incorporados fácilmente a otros sectores. Sin embargo, los niveles de educación y formación comunes en la industria química no son frecuentes en todos los sectores industriales.

El enfoque específico del HUB se hará en las actividades de educación y formación de directivos, trabajadores y público en general en todos los temas, principios y métodos relevantes al análisis de riesgos industriales, prevención del riesgo, reducción y gestión del riesgo así como en salud y seguridad ocupacional desde la escuela a la universidad, vida laboral y actividades sociales.

La educación y formación tienen un papel importante en:

- El conocimiento y cultura de la seguridad.
- La creación y desarrollo de habilidades para identificar, evaluar y gestionar el riesgo.
- El mantenimiento y desarrollo del conocimiento personal y la competencia profesional en temas de seguridad.
- En mejorar la seguridad.
- La difusión e implantación de los resultados de investigación.

La estrategia para las acciones innovadoras de investigación debe cubrir siempre los siguientes aspectos:

1. Cómo la gente aprende en los entornos académicos e industriales.
2. Cómo el aprendizaje se traduce en cultura.
3. Cómo el aprendizaje se traduce en acción.



4. Cómo el conocimiento es actualizado y sostenido (con y sin uso continuo)

De acuerdo a las conclusiones y recomendaciones del informe de la OECD en el taller “Compartiendo experiencias en la formación de ingenieros en gestión de riesgos” (16 de marzo de 2004), los programas de educación y formación para estudiantes e ingenieros deben proporcionarles un adecuado conocimiento en gestión y evaluación del riesgo, porque sus acciones pueden tener impacto en la salud humana, medio ambiente, o la propiedad.

En el mencionado informe se pusieron de manifiesto las obligaciones de los ingenieros con respecto a la gestión de riesgos. A continuación se listan algunas recomendaciones:

- “Debe inculcarse a todos los ingenieros a lo largo de su formación, la obligación moral de tener en cuenta las consecuencias de su trabajo. Específicamente, se les debe animar a reflexionar sobre el riesgo potencial de sus acciones y decisiones...”
- “Las consideraciones sobre los riesgos de la seguridad deben ser integradas en el núcleo de las actividades de cada ingeniero y no debe ser considerada como una actividad añadida. No debe considerarse la seguridad como un asunto que concierne sólo a un especialista en seguridad”.
- “Los ingenieros pueden tener diferentes papeles dentro de las organizaciones/empresas debido a la diversidad de su trabajo, por ejemplo ingeniero de diseño, auditor, asesor de políticas y normas, etc. actividades que demandan que tengan las habilidades y educación adecuadas”.
- “Una responsabilidad de los ingenieros debería ser influir en la cultura de sus organizaciones con el objeto de mejorar la conciencia de seguridad (logrando que el personal tenga conocimiento de los riesgos provocados por las actividades de la organización y que a su vez asuma acciones adecuadas para mejorar la seguridad y reducir riesgos). Los ingenieros deberían ser capaces de influir en la toma de decisiones de la empresa, en la intensificación del conocimiento de los directivos “senior” y educarlos con respecto a los temas que conciernen a la seguridad y el riesgo”.
- “Los ingenieros tienen el deber de identificar los problemas en seguridad y proporcionar liderazgo tanto en sus organizaciones como en sus comunidades en general”.
- “La determinación de peligros y riesgos debería ser emprendida proactivamente para predecir problemas potenciales, y por tanto maximizar la seguridad inherente de las instalaciones, en lugar de emprender sólo revisiones retrospectivas para identificar problemas o justificar una situación existente”.
- La comunicación efectiva de riesgos (entre ingenieros, con sus superiores, con la comunidad, etc...) es un elemento clave para incrementar la seguridad de instalaciones y actividades.

En el informe de la OECD, también aparecen recomendaciones concernientes a programas de formación para estudiantes e ingenieros. Algunas se listan a continuación:

“... la formación está cambiando hacia un criterio más integrado, involucrando conceptos de una variedad de disciplinas (incluyendo ciencias sociales y humanidades) para ampliar la



perspectiva de los ingenieros y para promover un criterio multidisciplinario en toma de decisiones.”

“... la formación de todos los ingenieros debería, como mínimo, incluir conceptos de riesgo y gestión de riesgos, reconociendo al tiempo que los programas específicos de formación deben tener en cuenta los diferentes sistemas educativos...”

“... los programas de ingeniería deberían incluir un curso especial en gestión de riesgos...”

“... la formación en riesgos, debería, hasta donde sea posible, integrar perspectivas de diferentes disciplinas de ingeniería relevantes así como ciencias sociales y humanidades relacionadas (como gestión de negocios, derecho, económicas o psicología)”.

“... conceptos de seguridad y riesgo, incluyendo gestión y evaluación del riesgo, deberían ser impartidos a todos los estudiantes en escuelas y universidades (además de cursos de ingeniería especializados), con el objeto de desarrollar una cultura de la seguridad en la sociedad en general”.

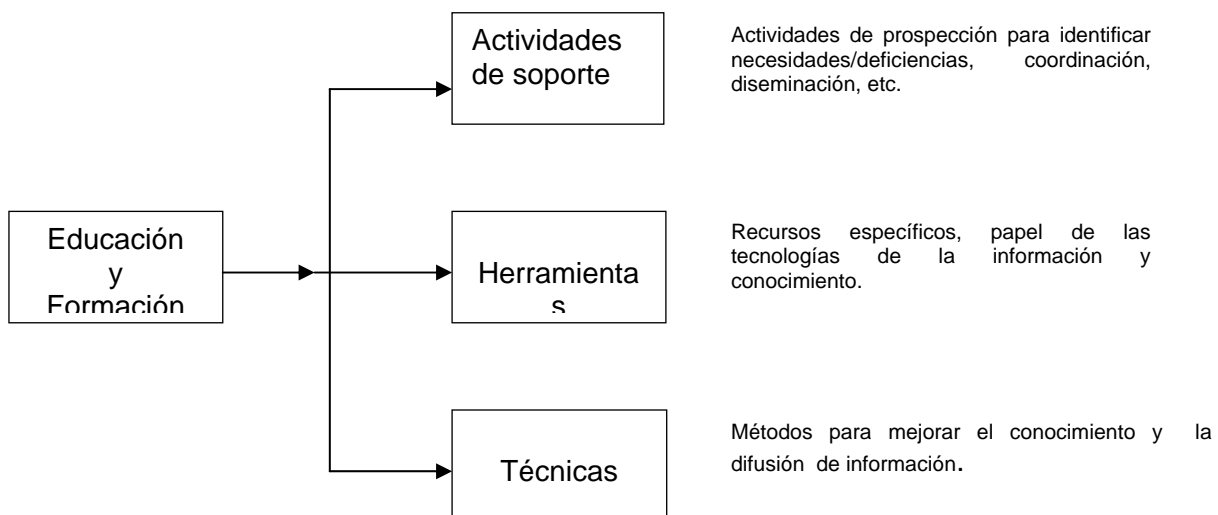
“... simulaciones, casos de estudio y otras herramientas diseñadas para proporcionar experiencia práctica son componentes importantes de los programas de formación. Sin embargo, se reconoció que se tienen que hacer esfuerzos para refinar estas herramientas.”

El contenido de la SRA se ha preparado intentando cubrir los puntos detectados en el taller de la OECD, y considera que la aplicación de herramientas para educación y formación es el principal medio para mejorar el conocimiento del personal que trabaja en la industria.

Las conclusiones del informe de la OECD mencionado anteriormente no deben restringirse a los profesionales de la ingeniería. Mientras se tengan en cuenta las diferentes responsabilidades y papeles de todas las personas involucradas en los procesos de producción - desde operarios de fábrica, responsables de almacén y personal de mantenimiento a directivos – la mayor parte de las conclusiones del informe de la OECD pueden ser aplicadas o adaptadas a cada caso. Como se ha visto en el informe, la educación y formación es la clave para concienciar al trabajador y lograr su implicación en la seguridad de los procesos.

En este contexto, el HUB “Innovación en educación y formación” se ha organizado de la siguiente manera:

Organización de las actividades del HUB





Las actividades a realizar en este HUB “Innovación en educación y formación” incluirán investigación, desarrollo, adaptación y promoción de las herramientas y técnicas existentes, así como de aquellas propuestas por otros grupos de la ETPIS y la PESI.

Asimismo, elevar recomendaciones a las autoridades educativas (Ministerio y consejos de rectores de las Universidades), - sobre todo en este momento que se está estudiando la armonización de las titulaciones a escala europea, - para intervenir como grupo de presión para fomentar la inclusión de estos temas en las carreras universitarias.

7.1.1 Actividades de soporte.

7.1.1.1 Estado actual en “Educación y formación”.

Es bien conocido que muchas universidades, instituciones, agrupaciones comerciales y compañías de seguros ofrecen formación especial a colectivos diferentes, pero también es sabido que se deben realizar más y más esfuerzos. Para comenzar, es preciso conocer la situación actual, los avances logrados en este aspecto en España

Investigación a corto plazo.

Con el objeto de identificar las necesidades y carencias actuales en investigación en seguridad “específicamente para educación y formación”, es necesario realizar un estudio en profundidad de la situación actual en nuestro país llegando a todos aquellos entes involucrados en seguridad y a todos los sectores industriales.

La elaboración de un mapa que muestre las herramientas educacionales y de formación existentes serviría para ratificar “las necesidades y carencias en investigación” obtenidas con el estudio anterior. Redes financiadas por la Unión Europea, como “S2S, A gateway for plant and process safety”, “Saferlenet” cuya finalidad es recopilar la información existente en aspectos de seguridad podrían integrarse y aprovecharse en la elaboración de la SRA.

El mapa contendrá asimismo una base de datos extensa de material de formación disponible, sobre todo nacional aunque también de otros países y, en lo posible, por tipo de industria. Esta plataforma tiene que ser un instrumento útil para las PYMES y permitir que cada responsable de prevención o gerente de una PYME pueda obtener información y pueda acceder a materiales que le ayuden a mejorar la formación e información dentro de su empresa.

Asimismo, esta base de datos debería permitir el acceso a folletos, transparencias, presentaciones, libros, seminarios, conferencias, cursos on-line, artículos, ponencias, tesis e investigaciones que se realicen en este campo, ya que las PYMES tienen una gran dificultad para acceder a estos conocimientos que se publican en revistas muy especializadas y de difícil localización. El acceso a las investigaciones más recientes parece en muchos casos privilegio de universidades y grandes compañías. Si queremos fomentar una cultura de seguridad debemos empezar por la difusión y facilitar ésta al mayor número de personas interesadas.

Para complementar esta actividad, deberá realizarse la validación de los recursos de simulación existentes para su uso en áreas de aplicación específicas.



7.1.1.2 Percepción y comunicación del riesgo.

La difusión del conocimiento existente sobre seguridad es la clave para mantener la capacidad de los profesionales de seguridad y del amplio espectro de personas trabajando y expuesta a riesgos, para conseguir una reducción de las incidencias y para alcanzar un desarrollo industrial sostenible.

En algunas actividades industriales existe una seria preocupación sobre la percepción social de sus riesgos. La industria química es quizás el ejemplo más claro. Comunicar el concepto de riesgo y proporcionar información pública sobre los riesgos industriales de un modo correcto es una de las tareas más difíciles de la gestión del riesgo. Como consecuencia, se debe prestar especial atención a las herramientas y métodos útiles para educación y formación en esta materia, pues dependiendo de cómo se transmitan y cómo se perciban podrían causar una erosión importante en la imagen social de la empresa, con el consiguiente coste asociado.

Sin embargo, la percepción del riesgo es una de las facetas que también tiene una relevancia interna acerca de las actitudes y comportamientos de los individuos. Investigaciones y encuestas realizadas, en particular en el sector del mantenimiento industrial y de bienes de equipo, revelan que la causa percibida por los sujetos es “el exceso de confianza o costumbre”. Este resultado nos remite a la percepción del riesgo y su valoración subjetiva por parte del actor. La infravaloración de un riesgo “posible” pero no real, tiene por consecuencia que muchos trabajadores, en particular en las PYMES, no extremen, e incluso no tengan siempre en cuenta, las medidas de seguridad. La investigación debe aportar técnicas que permita la toma de conciencia del riesgo como tangible.

Investigación a corto plazo.

Necesidad de conocer el mecanismo que determina la percepción del riesgo y la adjudicación de valoración a este y su corolario, la toma de decisiones tanto entre los responsables y técnicos como por parte de los trabajadores. La identificación de los factores y condiciones que son determinantes en la valoración del riesgo en una sociedad multicultural.

Realización de estudios transversales y sectoriales que permita determinar los factores y las condiciones de esta percepción del riesgo tanto del personal interno como social.

Estudios de los factores que intervienen en la toma de decisión de aceptación de las conductas seguras o de su infravaloración por parte del trabajador: Ejemplo:

- Presión de tiempo y calidad de trabajo y conductas seguras
- Temporalidad del empleo y seguridad

Necesidad de conocer y entender el mecanismo que determina la percepción del riesgo durante o después de una crisis, considerando la cultura y las leyes locales.



Se debe realizar un gran esfuerzo para determinar la mejor política de comunicación interna y externa para ser utilizada en todas las situaciones posibles, en días normales de trabajo o cuando se presenten incidencias o accidentes.

Investigación a medio plazo.

Los documentos oficiales escritos como leyes o disposiciones legislativas en general pueden inducir a percepciones equivocadas que provoquen la infravaloración de riesgos reales o la sobrevaloración de riesgos pequeños.

El esfuerzo en esta materia debe estar dirigido a orientar cómo se debe plasmar un riesgo en los documentos oficiales y cómo comunicarlos posteriormente al público receptor.

7.1.1.3 Prospectiva y escenarios de futuro

Los agentes con capacidad de influencia en el campo de la prevención deben estar preparados para identificar las nuevas necesidades que debidas a los cambios en la tecnología, en la legislación y normativa, en los sistemas de organización del trabajo o en las características de la población trabajadora puedan surgir.

Es necesario llevar a cabo estudios de prospectiva que a partir de la identificación de las variables que afecten a la seguridad industrial, permitan crear escenarios donde identificar las necesidades futuras. De esta manera será posible anticiparse y generar las herramientas y metodologías que permitan formar e informar a los trabajadores o al público general.

Las variables a tener en cuenta deben permitir caracterizar la situación actual y futura del campo de la seguridad industrial en España. Entre otras variables relevantes a considerar están los sectores con mayor número de accidentes (por ejemplo el sector de la construcción), las características de la población laboral (mayor presencia de trabajadores inmigrantes con escaso conocimiento del castellano, envejecimiento de población trabajadora, entrada de las mujeres en nuevos sectores...), la aprobación y transposición de Directivas Europeas o legislación relacionada con la seguridad, o la introducción de nuevos materiales, tecnologías y procesos.

Investigación a corto plazo.

- Identificación de variables relevantes para la caracterización de la situación.
- Estudios de prospectiva para identificar necesidades

Investigación a medio plazo

- Metodologías de prospectiva



7.1.2 Herramientas para educación y formación.

El uso de herramientas de formación pretende construir la cultura de seguridad necesaria para desarrollar e idear, a todos los niveles de actividades industriales, las acciones y medidas apropiadas para reducir accidentes, daños, pérdidas y reclamaciones. En el contexto de este documento, las “herramientas” son las metodologías, marcos de trabajo y sistemas que modelan y reproducen la realidad para ayudar a comprenderla. Permitirán a los usuarios visualizar, experimentar y analizar las consecuencias de posibles acciones inseguras o fallos físicos, y serán utilizadas como una guía en la toma de decisiones para eliminar, evitar o mitigar los potenciales efectos peligrosos.

Junto a los métodos clásicos y modernos de análisis de la seguridad que todavía están esperando una armonización para los diferentes sectores industriales y países, el campo de la educación y formación para la seguridad industrial puede beneficiarse enormemente de dos áreas principales de desarrollo de herramientas: el software de simulación y la inteligencia artificial. Sus híbridos ofrecen la posibilidad de mejorar extraordinariamente el proceso de aprendizaje, hacerlo consistente, amigable, más efectivo y perdurable, además que el potencial del autoaprendizaje se desarrolla de manera efectiva.

Las herramientas propuestas pueden desarrollarse ad-hoc para propósitos educativos o pueden ser adaptadas de otras aplicaciones, tanto las existentes como las propuestas por otros grupos de la ETPIS y la PESI. En ambos casos, debe diseñarse un interfaz de usuario adecuado conforme al plan de educación y formación.

7.1.2.1 Aplicación de “Software de simulación” para propósitos de educación y formación.

Las simulaciones numéricas están alcanzando un papel importante para propósitos de educación y formación. Su desarrollo busca la optimización de la seguridad, evaluación del riesgo, gestión del riesgo y comportamiento de respuesta. Ya existen algunos programas de simulación que reproducen los procesos industriales, por ejemplo para reacciones químicas. Utilizando estas herramientas, el estudiante será capaz de entender entre otras cosas las consecuencias de los errores, de los comportamientos inseguros y la relevancia de las buenas prácticas.

Similarmente, aquellas herramientas relacionadas con la simulación de accidentes potenciales y utilizadas para promocionar buenas prácticas en todos los sectores que involucren procesos industriales y de manufactura, así como aquellas que simulen otros aspectos que involucren riesgos (químicos, eléctricos, incendios, etc...), pueden ser utilizadas para propósitos formativos, desde promover el comportamiento responsable de los operarios hasta diseñar y crear planes de respuesta en casos de emergencia.

Dentro del grupo “Software de simulación” se ha incluido: “Simulación Numérica Directa” (Direct numerical simulation), “Simulación en Pantalla” (Screen simulation), “Simulación de alcance completo” (Full extend simulation), “Realidad virtual” (Virtual reality) y “Realidad extendida” (Extended reality).

En este campo, se han identificado dos objetivos principales:



1. Adaptación y mayor desarrollo del software existente de simulación, que inicialmente fue desarrollado para apoyar el diseño, control y gestión de procesos industriales, para su aplicación en “Educación y Formación” con el objetivo de cubrir las necesidades identificadas.
2. Desarrollo de las nuevas propuestas realizadas por otros grupos de la ETPIS y la PESI.

Simulación Numérica Directa (Direct numerical simulation)

Este simulador proporciona resultados numéricos con poco soporte gráfico. Este nivel requiere una capacidad de abstracción importante y destreza utilizando el ordenador. Sin embargo, puede ser utilizado, por ejemplo, para aprender acerca del alcance de las consecuencias de accidentes en entornos químicos, escapes de gases o humos, incendios, explosiones, riesgos eléctricos, etc. así como para adquirir habilidades en el diseño u operación de procesos bajo los principios de la Seguridad Intrínseca.

Simulación en pantalla (Screen simulation)

Este tipo de simuladores se utiliza frecuentemente en los juegos de ordenador, como carreras de automóviles o simuladores de vuelo. Una realidad imaginaria se crea en la pantalla del ordenador. Requiere poco o ningún hardware especial.

Se precisa poner atención para mantener el propósito de estos simuladores con el fin de evitar que el usuario los trate como juegos. Este HUB puede explotar su flexibilidad en educación y formación.

Simulación de alcance completo (Full extend simulation)

La formación se desarrolla en una “copia” de los controles de un “sistema real”. La única diferencia es que detrás del control no hay una instalación, dispositivo o máquina real, sino un simulador. Los usuarios identifican la situación como “real sin riesgo”, generando un proceso de aprendizaje de alto rendimiento.

Se viene usando en la formación de operadores de sistemas críticos, como aeronaves o centrales nucleares. El alto coste del hardware asociado limita las aplicaciones de estos simuladores a las operaciones críticas.

Realidad virtual (Virtual reality).

Una copia irreal, pero visible y posible de “tocar” del “control” de un “sistema real” o del “sistema real completo” es creada por el simulador y comunicada a las personas usando interfaces especiales. La realidad virtual puede contribuir a reducir los costes de, por ejemplo, un simulador de alcance completo (Full extended simulation), o utilizada para analizar operaciones manuales de ensamblaje, mantenimiento, etc...



Investigación a corto plazo.

1. El software existente para simular los fenómenos físicos, como escape de gases, comportamiento térmico en procesos químicos, incendios y explosiones en entornos industriales, entre otros, debe ser adaptado para formar ingenieros y trabajadores así como para enseñar a estudiantes no graduados. Los resultados de una simulación proporcionan la evidencia si ciertas condiciones del proceso y situaciones concretas llevarían a un accidente fatal. Pueden predecir el daño que se produciría debido a un evento fuera de control.
2. El software de simulación para seguridad estructural, riesgos emergentes de las bio y nanotecnologías, debe ser analizado y actualizado para propósitos de enseñanza y formación.
3. Formación interactiva de personas competentes en el campo de la protección contra la explosión

Para establecer una estrategia coherente para la prevención de explosiones se requieren medidas organizativas complementarias a las medidas técnicas en los lugares de trabajo. Una de ellas es la formación del personal, como recoge el RD 681/2003 referente a la seguridad de los trabajadores sometidos a los riesgos derivados de las atmósferas explosivas. La formación interactiva se debe dirigir al personal que debe ser suficientemente competente y tiene que declarar su competencia para establecer las medidas organizativas.

En la actualidad no hay una aproximación común en España ni siquiera en Europa para la definición y formación de las personas competentes. Se pretende definir de forma común para diversos sectores industriales cuáles son los niveles en los que debe estructurarse la verificación de la seguridad, desde el formador, al verificador del documento de protección contra explosiones, pasando por el asesor implicado en trabajos rutinarios de control y mantenimiento.

Mediante el examen y certificación integrados previsto será posible que los empleados se sientan seguros sobre las personas responsables de la seguridad en sus diferentes niveles, basada su formación en la verificación de unos niveles de conocimiento, así como en la formación continua del personal.

4. Desarrollo de herramientas interactivas para la formación y autoevaluación de personas en la clasificación de áreas de riesgo en zonas.

La seguridad de las instalaciones industriales con presencia de sustancias susceptibles de producir explosiones se basa en establecer niveles de riesgo en función de la probabilidad de aparición y de la duración de las atmósferas explosivas. Siendo una pieza clave en el documento de protección contra explosiones, la clasificación de zonas sigue siendo compleja para personas poco experimentadas, por lo que es necesario desarrollar herramientas interactivas basadas en los procedimientos reconocidos en la normativa y con aplicaciones a casos reales, ejemplos y métodos de autoevaluación.

El objetivo es desarrollar programas específicos para la clasificación de zonas por gases y vapores inflamables por un lado y para polvos combustibles en forma de nube y de capa por otro.



Investigación a medio plazo.

El software para llevar a cabo la simulación de la identificación de riesgos es mucho más complejo porque tiene en cuenta una gran cantidad de fenómenos externos con un alto nivel de comportamiento aleatorio o caótico, como por ejemplo las condiciones atmosféricas. Sin embargo, debe ser considerado como un objetivo a medio plazo.

Las herramientas existentes o nuevas deben adaptarse para la enseñanza y la formación en gestión de riesgos y de seguridad.

7.1.2.2 Aplicación de la “Inteligencia Artificial” para Educación y Formación

En el contexto de educación y formación para mejora de la seguridad, debe tenerse en cuenta el ingente mundo de la Inteligencia Artificial. Sin embargo, se puede proponer una clasificación funcional:

Sistemas de ayuda a la decisión (Decision support systems).

“Un sistema de ayuda a la decisión” es una herramienta que guía a los usuarios para seleccionar la mejor opción. Estos sistemas necesitan una gran cantidad de información que normalmente se obtiene de los trabajadores e ingenieros, y en ocasiones también por los jefes de unidad u operación.

Herramientas de diagnóstico (Diagnostic tools)

Las herramientas de diagnóstico permiten guiar a los usuarios a determinar las posibles causas de un problema que contiene un alto número de incertidumbres.

Planificación y programación de procesos

Estas herramientas son métodos que ayudan a seleccionar los mejores modos de desarrollar una operación o proceso previniendo eventos no deseados o inesperados.

Análisis del comportamiento humano.

Aquí se consideran aquellas herramientas que proponen la acción humana más probable frente a diversas circunstancias, permitiendo detectar errores críticos que deben ser anticipados, prevenidos y utilizados para detectar sus consecuencias en el sistema.

Ambos están siendo utilizados recientemente para formar al personal que opera en salas de control. Su uso bajo el papel de este HUB es considerado muy útil porque permite al personal ejercitar la toma de decisiones sin consecuencias reales dramáticas o peligrosas.

7.1.2.3 Investigación a corto y medio plazo en herramientas para educación y formación.

En la tabla siguiente, se listan los temas que precisan adaptar o desarrollar nuevas herramientas para Educación y Formación, tanto a corto como a mediano plazo.

Corto plazo	Mediano plazo
Prevención de accidentes graves	Identificación de riesgos
Prevención de riesgos provenientes de tecnologías nuevas y emergentes, como las bio y las nanotecnologías	Gestión de seguridad y riesgos
Prevención de los riesgos que se presentan por un mayor uso de ordenadores en tareas de producción	
Prevención de riesgos térmicos en procesos químicos como posible causa de accidentes graves	
Formación interactiva de personas competentes en el campo de la protección contra la explosión.	
Desarrollo de herramientas interactivas para la formación y autoevaluación de personas en la clasificación de áreas en zonas de riesgo.	
Prevención de incendios y explosiones (por ejemplo, cumplimiento de la directiva de Atmósferas Explosivas)	

7.1.3 Técnicas para educación y formación.

En este contexto “técnica” se identifica como un método para atraer, mantener y estimular la atención del usuario, focalizando su actividad de acuerdo a objetivos predefinidos, verificando su progreso y asesorándolo en sus nuevas actividades.

Las técnicas vendrán básicamente de otras áreas, especialmente de psicología, didáctica y pedagogía complementadas con técnicas del “e-learning”. Por lo tanto, estas técnicas deberán ser analizadas y validadas desde el punto de vista de su idoneidad e impacto para incrementar la seguridad industrial.

Las técnicas serán útiles para:

- Diseñar cursos
- Diseñar contenidos incluyendo simulación e inteligencia artificial



- Crear plataformas abiertas (open platforms) y sistemas modulares para ser utilizados en “Educación y formación” a través de la elaboración de bases de datos que contengan material con fines educativos o de formación, estableciendo “puntos de encuentro” para intercambiar experiencias, etc.
- Evaluar los resultados de estos cursos y su impacto en seguridad industrial.

Los ingenieros o personal de alto nivel normalmente saben o pueden imaginar qué pasaría si se cometiera algún error en alguna operación del proceso. No obstante, los accidentes se dan en todo el mundo sin tener una disminución notable de ellos. A los operarios se les forma y se les aconseja sobre los peligros, sin embargo todavía se producen muchos incidentes y accidentes debido al uso indebido de los equipos de seguridad o al incumplimiento de las normas de seguridad. Los directivos no siempre saben de las consecuencias que podrían acarrear sus órdenes en términos de seguridad y riesgos.

Es necesaria una investigación para conocer cuál es la mejor forma de transferir el conocimiento al ambiente industrial

Además, se deberían tener en cuenta otros factores:

En la mayoría de las industrias se produce una reducción del número de operarios con la consiguiente pérdida del “Personal entrenado o formado”. El nuevo personal que lo reemplaza no siempre lo es en número suficiente y obviamente no cuenta con los conocimientos de aquellos que dejaron el puesto de trabajo, produciéndose un vacío que requiere de atención inmediata. Cuando esto sucede, es necesario conocer la mejor forma de transmitir el conocimiento. Por otro lado, es necesario mantener y mejorar sus competencias así como aumentar sus conocimientos.

Existen además colectivos con necesidades especiales o dificultades en el aprendizaje; como es el caso de aquellos trabajadores con conocimientos limitados de castellano o trabajadores con discapacidad psíquica o física. En este sentido puede resultar interesante las experiencias de aplicación de técnicas alternativas en la formación (pictográficas o la aplicación de nuevas tecnologías para el desarrollo de interfaces adaptadas ergonómicamente a colectivos de discapacitados), basados en el Diseño Universal o Diseño para Todos. El Diseño para Todos permite no sólo ampliar el espectro de potenciales usuarios de estos materiales, especialmente dirigidos a los colectivos con necesidades especiales, sino que generan materiales más usables y accesibles para todos los usuarios, lo que redundará en una mejor transmisión de conocimientos.

Otro tema a tener en cuenta es que autoridades y directivos deben tomar conciencia que los operarios son personas humanas y no máquinas.

Investigación a corto plazo.

Preparar programas de formación destinados a las industrias y que sirvan tanto para operarios, ingenieros como directivos. La percepción del riesgo y su comunicación deben tener una especial atención.

Desarrollo de herramientas interactivas de formación para trabajadores “nuevos” en forma multimedia para acelerar y permitir la visualización de los riesgos y las medidas a tomar en cuenta.



Estas herramientas deben incluir simulaciones de “accidentes” para la toma de conciencia del riesgo real con posibilidad de presentarse como ejercicios en los que el alumno tenga que identificar los errores y causas del accidente.

Desarrollo de herramientas de realidad virtual para permitir una formación más efectiva en menos tiempo. Mediante este tipo de técnicas se puede formar al trabajador para realizar tareas determinadas (riesgos en altura, grúas, actuación en atmósferas explosivas...). El alumno realiza la tarea frente al equipo y percibe las consecuencias de los errores realizados. Estas técnicas, si bien costosas, pero menos que los simuladores, a los que es difícil acceder para las PYMES.

EL costo de estos recursos viene en parte paliado con la utilización del lenguaje VRML que permite la realización de inmersión en la realidad virtual. La principal ventaja de estos recursos es su gran capacidad de integración con otros recursos de Internet, además de permitir visualizar información de tipo escrito en formato de páginas HTML o XML.

Preparar programas educativos para escuelas de secundaria y universidades. Estos programas irán destinados tanto para alumnos como profesores.

Desarrollo plurianual de una campaña para centros educativos de secundaria y formación profesional: aprender a vivir y trabajar más seguros.

- Elección de temas que conformarán la campaña. Los temas han de corresponder con los temores racionales e irracionales de padres-alumnos-profesores que se han manifestado incluyendo otros más generales: Riesgos tecnológicos (ansiedad por las antenas, por radiaciones), Riesgos químicos (ansiedad por productos determinados, nubes tóxicas), prevención vial, Emergencia, etc.
- Desarrollo de material de divulgación: carteles, fichas técnicas, presentaciones, CD formativos especialmente concebidos.
- Desarrollo de juegos interactivos sobre prevención de riesgos destinados al aula y puedan ser jugados on-line entre varios centros.
- Premio al mejor trabajo en seguridad escolar/laboral para los centros.
- Concienciación de profesores mediante charlas, asistencias a cursos, debates.
- Conferencias vía Internet con alumnos, foros en tiempo real con el/los especialistas.

Aunque el principal objetivo de la ETPIS es la seguridad de procesos, no debería dejarse de lado la seguridad patrimonial. Temas como prevención de sabotajes, intrusión o terrorismo entre otras deberían integrar partes substanciales de los programas de educación y formación.

7.1.3.1 Investigación a corto y medio plazo en técnicas para educación y formación

Corto plazo	Largo plazo
Mejorar el comportamiento seguro	Promover la seguridad intrínseca
Técnicas para mejorar la comprensión del riesgo	Preparar sistemas de respuesta en casos de emergencia.



Corto plazo	Largo plazo
Desarrollar nuevas herramientas para aprendizaje en entornos virtuales (web-based) y e-learning	Comunicación social del riesgo.
Mejorar la percepción social de los riesgos de determinadas actividades industriales	
Preparar programas de educación y formación dirigidos a la industria	
Preparar programas de educación y formación de uso en escuelas y universidades.	
Prevención de sabotajes, intrusiones, terrorismo, etc.	

7.2 Prioridades de investigación para 2007 en el HUB de educación y formación

HUB	
Investigando el estado actual en educación y formación en España en temas de seguridad industrial.	7.1.1.1
Prospección para detectar nuevas necesidades, en seguridad industrial, resultantes de los cambios en tecnología, legislación y normativa, sistemas de organización de trabajo, etc.	7.1.1.3
La percepción del riesgo y mecanismos que lo determinan. Factores que intervienen en la valoración del riesgo y en la adopción de conductas seguras/inseguras.	7.1.1.2
Comunicación del riesgo a todo nivel: En las empresas, en documentos oficiales, a la comunidad, etc.	7.1.1.2
Comprendiendo las particularidades de la pedagogía en el campo de la seguridad (percepción del riesgo), y mejora de la educación y formación para estudiantes, operarios y responsables de seguridad.	7.1.3
Desarrollar simuladores para situaciones de riesgo utilizando "Simulación en pantalla" (Screen simulation), "Simulación de alcance completo" (Full extend simulation) y "Realidad virtual para educación y formación".	7.1.2.1 y 7.1.2.2
Creación de plataformas abiertas (open platforms) y sistemas modulares para educación y formación.	7.1.3