

MEJORA EFICIENTE DE LA SEGURIDAD LABORAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN.

Javier Conesa; M. Socorro García-Cascales

*Dpto Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos. Universidad Politécnica de
Cartagena. Murcia. Spain*

M. Teresa Lamata

*Dpto Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. CITIC. Universidad de Granada.
18071 Granada Spain*

Abstract

For a company the target “Zero Accidents” implies the necessity of being continually evaluating and improving safety. These activities, identify room for improvements and indicate preventive actions, are resources consuming activities, resources which often are limited within the organizations. So this dual task, analyze and improve, it should be done in the most efficient way.

This paper shows a Decision Support System for efficient management of safety. This system is based on leading indicators to create a map of improvements areas, and based on the four stages of competence model to know more efficient intervention and the impact it has. All managed by a Web page that allows the information be online.

Keywords: *risk management; DSS; leading indicators; safety; four stages of competence.*

Resumen

Para una empresa, el objetivo “Cero Accidentes” implica que sea necesario estar continuamente analizando y mejorando los niveles de seguridad laboral. Esta actividad hacia la búsqueda de áreas de mejora, así como la propuesta de actuaciones preventivas, consume recursos que habitualmente son limitados dentro del entorno de las organizaciones. Por lo que esta doble tarea, analizar y mejorar, ha de hacerse de la forma más eficiente posible.

En este artículo se presenta un Sistema de Ayuda a la Decisión para gestionar de forma eficiente el estado de los niveles de seguridad. Este sistema se basa en la utilización de indicadores predictivos para la elaboración de un mapa de áreas de mejora. Posteriormente se utiliza el modelo de las cuatro etapas de la competencia para indicar el tipo de intervención más eficiente, y conocer la repercusión de la misma. Todo ello gestionado a través de una página Web, que permite disponer de la información en tiempo real.

Palabras clave: *gestión de riesgos; SAD; indicadores predictivos; seguridad laboral; cuatro etapas de la competencia.*

1. Introducción

Los accidentes laborales ya no se perciben como daños colaterales inherentes a los procesos productivos, sino como un mal que hay que erradicar. Y en este sentido tanto los gobiernos como la sociedad ejercen su influencia para reducir de forma continuada los índices de accidentalidad laboral. Como respuesta a estas demandas de gobiernos y sociedad, las organizaciones han de trabajar según la filosofía de cero accidentes.

En este sentido Geller (2000), indica que la iniciativa de marcar un objetivo férreo de cero accidentes, puede llegar a ser contraproducente para los trabajadores de una empresa, ya que estos no tienen control sobre todas las variables que pueden desencadenar en un accidente. Heinrich (1950) indicaba que los accidentes son como el juego de la lotería, no todas las oportunidades de accidente necesariamente se terminan materializando. Son más los autores que ven en el azar, una de las razones por las que se producen los accidentes, o por la que no se producen más accidentes, para Geller (2000) el momento y la suerte son la diferencia entre un casi-accidente y un accidente.

Y es que no existe el riesgo cero, ligado a cada actividad que se realiza, va asociado un riesgo, que podrá ser menor o mayor, pero que existe y que puede desembocar en un accidente (Conesa et al., 2010a). El modelo ToR, originario del Heath and Safety Executive (HSE) y aceptado por el organismo regulador de Reino Unido, indica que se pueden considerar tolerables para la sociedad las actividades que tienen un riesgo inferior a 10^{-4} muertes/año, y aceptables las que tienen un riesgo inferior a 10^{-6} muertes/año (Healt and Safety Executive, 1999). Los riesgos tolerables son los que se asumen a cambio de un beneficio (salario, diversión, ...), y riesgos aceptables, son los riesgos triviales, a los que ya se esta expuesto únicamente por vivir.

Al existir siempre un riesgo, por pequeño que este sea, el poder conseguir unos índices de cero accidentes, va a depender del esfuerzo que se realice en prevención de riesgos, pero también de la probabilidad de accidente derivada de los riesgos a los que se este expuesto.

Por lo tanto, como indicaba Geller (2000), y habida cuenta que por muy bien que se trabaje el accidente se puede producir, el objetivo de cero accidentes, hay que transformarlo en la filosofía de trabajo de cero accidentes, es decir, hay que trabajar de forma continuada para que no se produzca ningún accidente, pero a la vez hay que ser consciente que estos se pueden producir.

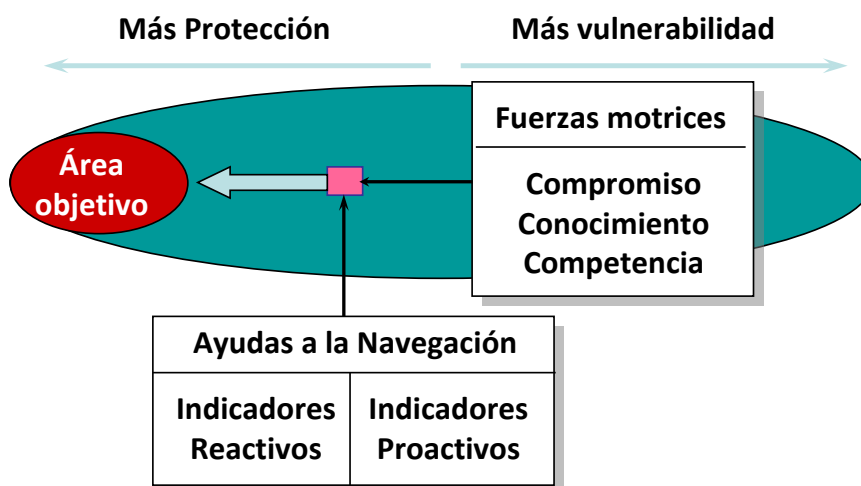
Muchos autores, han realizado estudios sobre como avanzar en esta filosofía de cero accidentes, Wu et al. (2010) indican que uno de los problemas fundamentales es el tiempo que transcurre entre que se dan los riesgos y se detectan, y entre que se detectan los riesgos y se emplea un mecanismo de protección ante ellos. Por ello abogan por el desarrollo de un modelo que sistemáticamente identifique y elimine los riesgos que puedan causar accidentes. Esta afirmación viene respaldada por el resultado de una encuesta realizada sobre un panel de expertos (Wu et al. 2010), en el que el 98% de los expertos encuestados consideran útil (51%) o muy útil (47%) el contar con una herramienta que identifique los actos y condiciones inseguras en el lugar de trabajo.

Reason (1997) coincide en la necesidad de disponer de un sistema de información de seguridad. A través del modelo "Navigating the Safety Space", como se observa en la figura 1, Reason (1997) simboliza la gestión de seguridad con la navegación de un barco, y en este sentido al igual que un capitán de barco dirige la navegación de éste con la ayuda de las señales e indicaciones que le llegan de su entorno (radar, GPS, brújula, ...), para gestionar la seguridad es necesario tener indicadores que den conocimiento sobre el estado actual de la seguridad y sobre la evolución de la misma.

El presente articulo muestra Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) que da respuesta a las necesidades planteadas por autores como Wu et al. (2010) y Reason (1997), de contar con

una herramienta que funcione como una guía hacia el objetivo de cero accidentes. Dicha herramienta ha de permitir procesar la información que se obtiene en continuo o on-line, de tal forma que las personas que tengan capacidad de actuación sobre las actividades que se desarrollan, dispongan de información en tiempo real sobre el nivel de seguridad, así como conocimiento sobre las acciones más eficientes que se puedan emplear para mejorar estos niveles de seguridad.

Figura 1. Navigating the Safety Space (Reason, 1997)



Este artículo se encuentra estructurado en 6 apartados, comienza con la introducción y la descripción del modelo, posteriormente en el apartado 3 se indican las variables que se han de monitorizar, la gestión de esta información se expone a través del apartado 4. En el apartado 5 se muestra la interfaz de comunicación entre los usuarios y el SAD, y se culmina con las conclusiones en el apartado 6.

2. Descripción del modelo

Las ayudas a la navegación que se indican en la figura 1, se basan principalmente en dos tipos de indicadores o KPIs (Key Performance Indicators), los indicadores reactivos y los proactivos. Los indicadores reactivos (lagging indicators) dan información sobre eventos negativos que ya han pasado, es decir, estos indicadores no van a ayudar a prevenir lo que ya ha pasado, pero sí a prevenir que no vuelva a suceder lo mismo en el futuro, en definitiva son lecciones aprendidas bajo el sistema de aprendizaje tradicional de prueba y error. Por otro lado, los indicadores proactivos (leading indicators), son variables que se monitorizan para conocer el estado del sistema de seguridad, sin necesidad de que se produzca un evento negativo.

Conforme se han ido mejorando los niveles de seguridad, los eventos no deseados que se utilizan como fuente para los indicadores reactivos (accidentes mortales, accidentes con baja, ...), se han ido reduciendo. Por lo que cada vez se cuentan con menos información procedente de datos reactivos, Laitinen et al. (2010) indican que en las obras de construcción en Finlandia, la media es de 2 accidentes por obra. Este número de accidentes hace que no se pueda decir si el nivel de seguridad ha sido mejor o peor únicamente contemplando el número de accidentes, ya que este dato al ser tan bajo, se encuentra muy influenciado por aspectos aleatorios. Es por tanto necesario acudir a indicadores proactivos para conocer el nivel de seguridad, y poder actuar sobre él.

Reason (1997), indica que un Sistema de Información en Seguridad efectivo no debe únicamente ser capaz de revelar las causas por las que se han producido los hechos no deseados en el pasado (indicadores reactivos – “lagging indicators”), sino que también ha de ser capaz de realizar chequeos periódicos sobre las actividades que se llevan a cabo (indicadores proactivos – “leading indicators”). Estos indicadores proactivos serán los que se han de utilizar como guía para diseñar las medidas de mejora. Por lo que para conseguir mejorar los niveles de seguridad laboral, el SAD tiene que basarse en indicadores proactivos.

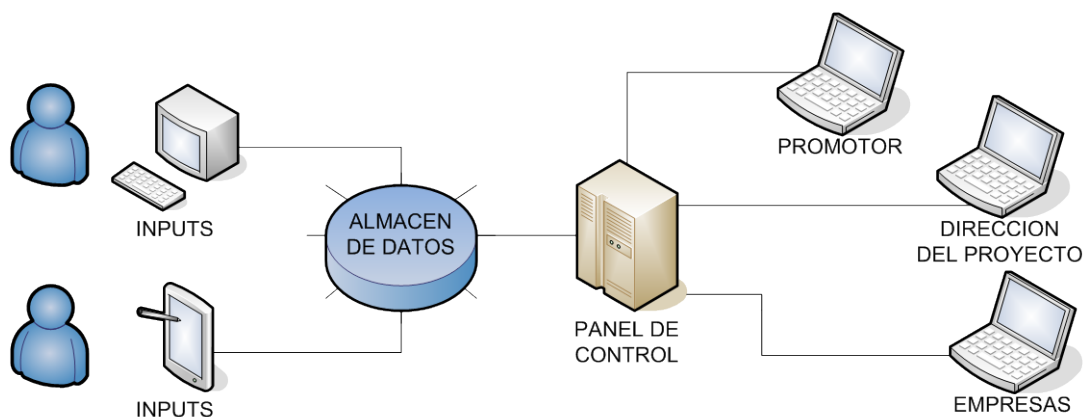
No cabe duda de que todos los procesos productivos no son iguales, existen procesos que tienen poca variabilidad, y por el contrario otros en los que la variabilidad es una de sus cualidades principales, como es el caso de la Gestión por Proyectos.

Las características propias de un proyecto como la disponibilidad limitada de tiempo y recursos, hacen que las personas con capacidad de dirección y decisión sobre las actividades que se realizan en el proyecto, reciban una gran cantidad de información con poco tiempo para procesarla, y pocos recursos para afrontarla. Estos condicionantes mencionados, se unen a la necesidad de caminar hacia el objetivo de cero accidentes.

El modelo que se presenta, tiene el objetivo de crear un SAD que permita procesar la información que se obtiene de las actividades del proyecto de forma continua, de tal manera que las personas que tengan responsabilidad sobre la dirección del proyecto dispongan de información en tiempo real sobre el nivel de seguridad, así como conocimiento sobre las acciones más eficientes que se puedan emplear para mejorar estos niveles de seguridad.

La figura 2, ilustra el modelo que se presenta, dicho modelo utiliza a los técnicos de seguridad de campo como “sensores” del estado de seguridad, estos técnicos estarán encargados de alimentar el almacén de datos con los valores de las variables predictivas. Con los datos procesados del almacén de datos, el SAD creará un Panel de Control en el que resulte sencillo visualizar los datos clave.

Figura 2. Representación del modelo (elaboración propia)



El Panel de Control, además de mostrar los datos clave filtrados en función del usuario que accede al sistema (promotor, dirección del proyecto, dirección de las empresas contratistas), tendrá disponibles una serie de estrategias que permitirá localizar y priorizar las áreas de mejora, así como las acciones más eficientes a emplear. De esta forma este modelo propuesto se convierte en una valiosa herramienta para tomar decisiones efectivas de manera ágil y rápida.

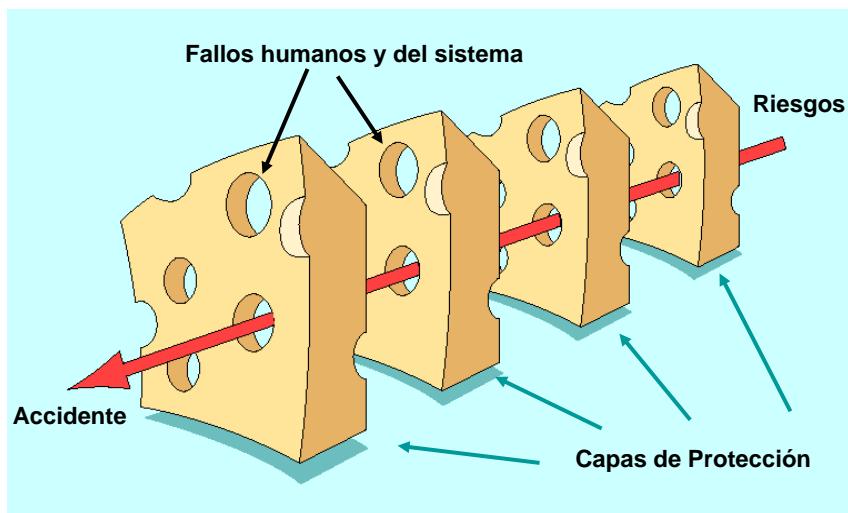
3. Variables a medir

En el apartado 2 se definieron las variables predictivas como la fuente de información sobre la que se sustenta el Sistema de Ayuda a la Decisión. A partir de aquí el siguiente paso es definir que variables predictivas han de monitorizarse. Para ello es necesario entender como se producen los accidentes, en este sentido a lo largo de los años se han propuesto varios modelos de casualidad de accidentes, desde la teoría del efecto dominó de Heinrich hasta teorías más modernas como la del Queso Suizo de Reason (Conesa et al, 2012).

El modelo del Queso Suizo (Reason, 1990) que se observa en la figura 3, indica que todos los sistemas de seguridad se pueden modelar como una serie de capas o láminas de protección que se localizan entre los riesgos y las personas o instalaciones. El objetivo de estas capas es contener el riesgo para que éste no se transforme en un accidente. En un mundo perfecto o ideal, las capas se comportarían como muros impenetrables, sin embargo en el mundo real, y debido a que las personas no son perfectas, estas capas se encuentran perforadas. Los huecos presentes en una capa permitirán que un incidente potencial pueda atravesarla. En muchos de los casos la capa posterior podrá interceptar la trayectoria del incidente, mientras que en otros casos, y debido a que todas las capas están perforadas, será posible que la capa consecutiva también posea un hueco en el mismo lugar que la primera, permitiendo que la posibilidad de incidente avance hasta las capas siguientes, o hasta materializarse en un accidente.

La teoría de Reason o del Queso Suizo indica que en el momento en que se encuentren alineados los huecos de capas sucesivas, el incidente potencial tendrá vía libre para convertirse en un accidente real. Además, estos huecos no se comportan de manera estática, sino que se mueven sobre la capa en la que se encuentran.

Figura 3. Modelo del Queso Suizo (Reason, 1990)



Por tanto, para conocer las fortalezas o debilidades de las capas de protección es necesario monitorizar la información relativa al tipo de huecos que se dan, el tamaño de los huecos y donde se ubican dentro del sistema de gestión de seguridad.

Dicha información, que alimentará el almacén de datos, se obtendrá a partir de chequeos periódicos realizados por los técnicos de seguridad durante su labor de supervisión.

3.1 Identificación de los huecos en las capas de protección

El modelo del Queso Suizo ha resultado ser una herramienta muy útil para explicar la complejidad de los accidentes, así como las interacciones entre los distintos elementos en los sistemas de seguridad (Center for Chemical Process Safety, 2009; Gibb et al., 2006). De igual forma es un modelo que presenta una gran flexibilidad para adaptarse a la variedad de sectores y actividades en los que se pueden producir los accidentes. Wiegmann y Shappell (2003) han utilizado esta óptica para generar su modelo Human Factor Analysis and Classification System (HFACS), en él se identifican 4 capas de protección que modelan la naturaleza de los accidentes dentro del sector aeronáutico.

El modelo HFACS ha conseguido traducir el modelo conceptual del Queso Suizo, en un modelo práctico que se pueda utilizar en el día a día. Para ello se han identificado las capas o laminas del queso suizo, y se han definido cuales son los huecos que se pueden dar en cada una de estas laminas, como se observa en la tabla 1. El SAD se basa en la identificación de huecos propuesta en el modelo HFACS.

3.2 Tamaño de los huecos

El tamaño de los huecos que existen en cada capa de protección, esta directamente relacionado con el nivel de riesgo, a mayor tamaño de un hueco, más posibilidad existe que sea atravesado por una oportunidad de accidente, y por tanto el riesgo que representa es mayor.

A la hora de conocer si los riesgos son mayores o menores, es común utilizar las matrices de evaluación de riesgos. Estas matrices poseen dos variables de entrada, por un lado la probabilidad de que se produzca el daño, y por otro la consecuencia del mismo (formula 1). Es decir, para evaluar los riesgos, los Técnicos de Prevención estiman por un lado la frecuencia asociada a ese riesgo (por ejemplo: 1 vez/semana, 1 vez/mes, 1 vez/año, ...), y por otro la consecuencia que tendría en caso de producirse (por ejemplo. trivial, leve, moderado, grave y muy grave). Entrando en la matriz de riesgo con estas dos variables obtenemos la evaluación del riesgo (por ejemplo: trivial, tolerable, moderado, importante, intolerable)

$$\text{Evaluación del riesgo} = f(\text{probabilidad, consecuencia}) \quad (1)$$

Dado que el tamaño de los huecos esta directamente relacionado con el nivel de riesgo, el mismo sistema que se utiliza para evaluar el nivel de riesgo, se puede utilizar para cuantificar el tamaño de los huecos.

En el caso del SAD que se esta presentando, se utilizan las observaciones de campo para conocer estos valores. Para ello, en cada una de las observaciones se indicará mediante etiquetas lingüísticas cual es la consecuencia potencial de haberse producido el accidente. La segunda variable que se necesita, la frecuencia, vendrá dada por la cantidad de observaciones que se realicen para un mismo hueco. De esta forma, se puede evaluar el tamaño de dicho hueco como se indica en la formula 2.

$$\text{Tamaño del hueco} = f(\text{número de observaciones, consecuencia}) \quad (2)$$

3.3 Ubicación de los huecos

Una vez identificados los huecos que se pueden dar en cada una de las capas de protección, se hace necesario completar la información que es recabada por los técnicos de seguridad, con una información adicional que ayude a posicionar esos huecos dentro del sistema de gestión de seguridad.

Para ello, y entendiendo que el campo de aplicación del SAD es la gestión por proyectos, junto a cada observación será necesario indicar los datos de las siguientes variables de ubicación: Fecha, Proyecto, Empresa y Área.

Tabla 1: Identificación de las capas y los huecos en el modelo HFACS (Wiegmann y Shappell, 2003)

Capa	Huecos	Sub-huecos	
Influencias de la Organización	Gestión de recursos Clima Laboral Organización de los procesos Otros		
Supervisión	Supervisión inadecuada Mala planificación de trabajos No se corrigen los problemas Infracciones de la supervisión Otros		
Precondiciones para que se produzcan Actos Inseguros	Factores ambientales	Ambiente físico Ambiente tecnológico Otros	
	Condiciones de los trabajadores	Estado mental adverso Estado Psicológico adverso Limitaciones físicas/mentales Otros	
	Factores personales	Gestión de equipos Preparación personal Otros	
	Otros		
Actos Inseguros	Errores	Errores basados en habilidades Errores basados en el conocimiento Errores basados en reglas Otros	
		Infracciones	Habituales Excepcionales Otros
			Otros

4. Panel de control

Este apartado, representa la parte neuronal del SAD, la que indica cuales son las debilidades, y como resolverlas de la forma más eficiente posible. Ser eficiente implica ser capaz de conseguir el mayor rendimiento empleando los mínimos recursos, recursos que son limitados en el entorno de las organizaciones.

En la naturaleza, cuando los leones salen a cazar y encuentra una manada de cebras, lo primero que hacen es identificar cual es el ejemplar más débil, si dentro de la manada se encuentra una cebra coja, esta será el objetivo de los leones. Cazar la cebra coja cumplirá el objetivo de conseguir alimentación, empleando el esfuerzo justo, es decir aplicando la regla del máximo rendimiento con el mínimo esfuerzo.

Muchos son los autores que están alineados con la idea que representa este símil de la naturaleza, buscar la “cebra coja”, Heinrich (1950) indicaba que los fallos más importantes son los que hay que atacar primero, en función de su gravedad y frecuencia. Reason (1997) por otro lado indicaba que los sistemas de seguridad necesitan vías que permitan identificar los problemas más urgentes, para así poder destinar los recursos de la forma más eficiente y a tiempo.

Para conocer cuales son las áreas que requieren la atención más inmediata, es decir encontrar la “cebra coja”, el Panel de Control crea los mapas de riesgo. Una vez identificadas estas áreas, el Panel de Control muestra las recomendaciones de mejora, e indica el porcentaje de mejora que representa cada una.

4.1 Mapas de riesgo.

Llegado a este punto la estrategia a seguir es encontrar donde esta la “cebra coja”, para ello el Panel de Control permite generar diversos mapas de riesgo. El usuario tiene que navegar por los distintos mapas, para conocer donde esta el hueco más grande, es decir, donde esta el riesgo que hay que atacar primero. Este proceso se realiza de forma reiterativa, primero se identifica el riesgo más importante, este se elimina, y se continúa el proceso buscando el siguiente riesgo en importancia. De esta forma se van eliminando los huecos que existen en las capas de protección, desde los más grandes y que requieren una atención más inmediata, a los más pequeños.

Para generar los mapas de riesgo el SAD procesa los datos del almacén de datos, una vez procesados, los datos se muestran segregados por Proyecto, Área, Empresa y Tipo de observación o Tipo de hueco. A su vez, se puede hacer un filtrado sobre estos datos para enmarcarlos dentro de una fecha dada, o mostrar únicamente los pertenecientes a un determinado proyecto, una determinada área, una empresa o un tipo de hueco. La figura 4 indica como se realiza este proceso.

Este doble proceso de segregación de datos y filtrado, permite una gran flexibilidad a la hora de encontrar la información que se busca.

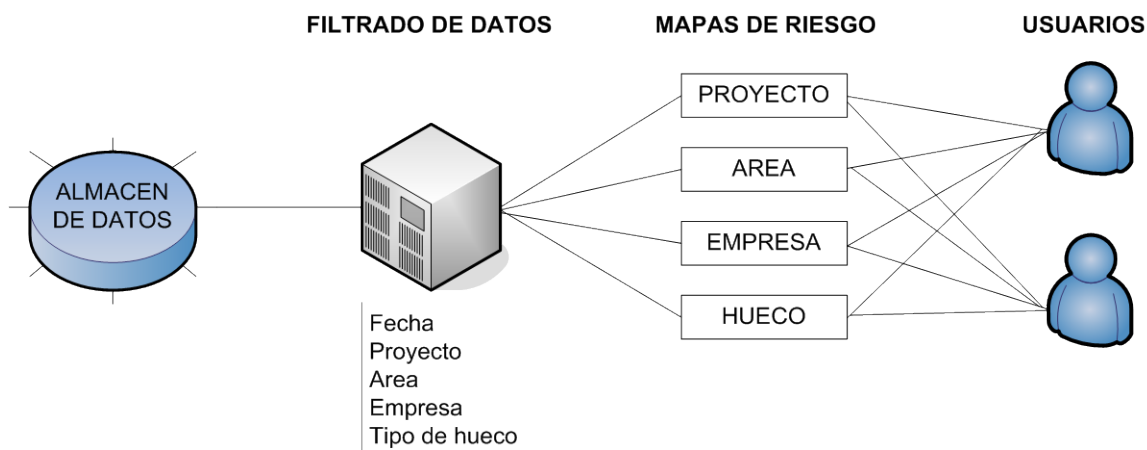
4.2 Token de recomendaciones.

Tan importante es saber donde esta el problema, como conocer como resolverlo. El modelo de las cuatro etapas de la competencia, simboliza el proceso de aprendizaje a partir de 4 fases que se van atravesando para avanzar desde la ignorancia hacia el conocimiento: Incompetencia Inconsciente, Incompetencia Consciente, Competencia Consciente y Competencia Inconsciente (Conesa et al, 2010b).

Cada una de las etapas mencionadas, tiene asociada un estado de consciencia sobre lo que se realiza, y de competencia sobre lo que se hace, a su vez estas etapas tienen asociado mayoritariamente un tipo de fallo humano (Conesa et al, 2010b).

Una vez conocidas las fases que se atraviesan y los fallos asociados a cada una de ellas, es necesario conocer como se puede avanzar desde una etapa a la siguiente. Para ello Geller (2000) indica los tipos de intervención a emplear para avanzar por estas etapas, la Intervención Instructiva permitirá pasar de la etapa 1 a la 2; la Intervención Motivacional para pasar de la etapa 2 a la 3, y la Intervención de Apoyo para pasar de la etapa 3 a la 4.

Figura 4. Funcionamiento de los Mapas de Riesgo (elaboración propia)



Así conociendo el tipo de fallo humano que se observa, se puede conocer en que etapa de la competencia se encuentra cada persona, y con ello saber cual es la intervención que hay que aplicar para hacer que la persona evolucione en su aprendizaje, y por ende reducir el numero de fallos humanos, y con ellos el riesgo o huecos en las capas de protección. La tabla 2 muestra esta relación.

Tabla 2: Relación entre fallos humanos e intervención a aplicar (elaboración propia)

Tipo de Fallo Humano	Etapas de Competencia	Tipo de Intervención
Errores basados en el conocimiento	Incompetencia Inconsciente	Intervención Instructiva
Infracciones	Incompetencia Consciente	Intervención Motivacional
Errores basados en reglas	Competencia Consciente	Intervención de Apoyo
Errores basados en habilidades	Competencia Inconsciente	

5. Interfaz entre los usuarios y el SAD

“La información que no se comparte ni utiliza, únicamente ocupa espacio y gasta recursos” Reason (1990).

La interfaz es el lenguaje informático que va a servir de vínculo entre los usuarios y SAD, se utilizará a la hora de alimentar el almacén de datos, y también a la hora de analizar esos datos a través del panel de control.

Para crear la interfaz de comunicación se han tenido en cuenta principalmente 3 consideraciones. La primera es crear una interfaz que sea intuitiva y fácil de usar, la segunda es conseguir que sea ágil y rápido trabajar con ella, y la tercera es que se pueda acceder a ella desde cualquier punto.

Para dar solución a la tercera de las consideraciones planteadas, y teniendo en cuenta que hoy día las organizaciones disponen de varios centros de trabajo, la interfaz se ha creado vía Web.

Para acceder al sistema, es necesario identificarse en la página principal, como se observa en la figura 5. Una vez se ha identificado el usuario, la interfaz permite que el usuario acceda al tipo de información que este disponible según su perfil de acceso. Los usuarios que accedan con perfil de Inspector, serán los únicos que puedan introducir información en la base de datos, los usuarios que tengan el perfil Empresa, solo podrán acceder a los datos relacionados a su empresa, y los usuarios que accedan con el perfil Dirección tendrán acceso a todos los datos.

Figura 5. Pantalla de identificación de la Interfaz del SAD (elaboración propia)

En la figura 6, se puede ver un ejemplo del aspecto que presenta la pantalla de Panel de Control, en este ejemplo se ve el mapa de riesgo para el grupo proyectos. Este mapa de riesgo muestra los valores de riesgo de cada uno de los proyectos, con objeto de localizar el proyecto que alberga un nivel de riesgo mayor, también se indican las recomendaciones sobre las acciones que se pueden tomar, y el grado de incidencia que tiene cada una de ellas. En el grafico inferior del mapa de riesgo, se pueden observar donde se encuentran las debilidades o los huecos en las capas de protección Trabajadores, Mandos y Organización.

Revisando el ejemplo de la figura 6, se puede observar que el 97% de las debilidades o huecos del sistema se encuentran en las capas Trabajadores y Mandos, que el proyecto de mayor nivel de riesgo es el "Proyecto 1", que trabajando sobre los trabajadores se puede reducir el riesgo del "Proyecto 1" en un 65%, y que realizando una intervención Instructiva sobre trabajadores y mandos, se puede reducir el riesgo del conjunto de proyectos listados en un 70%. Además se observa que el "Proyecto 2" y el "Proyecto 4" tienen un valor medio de riesgo por observación elevado, por lo que aparecen con un código de color rojo.

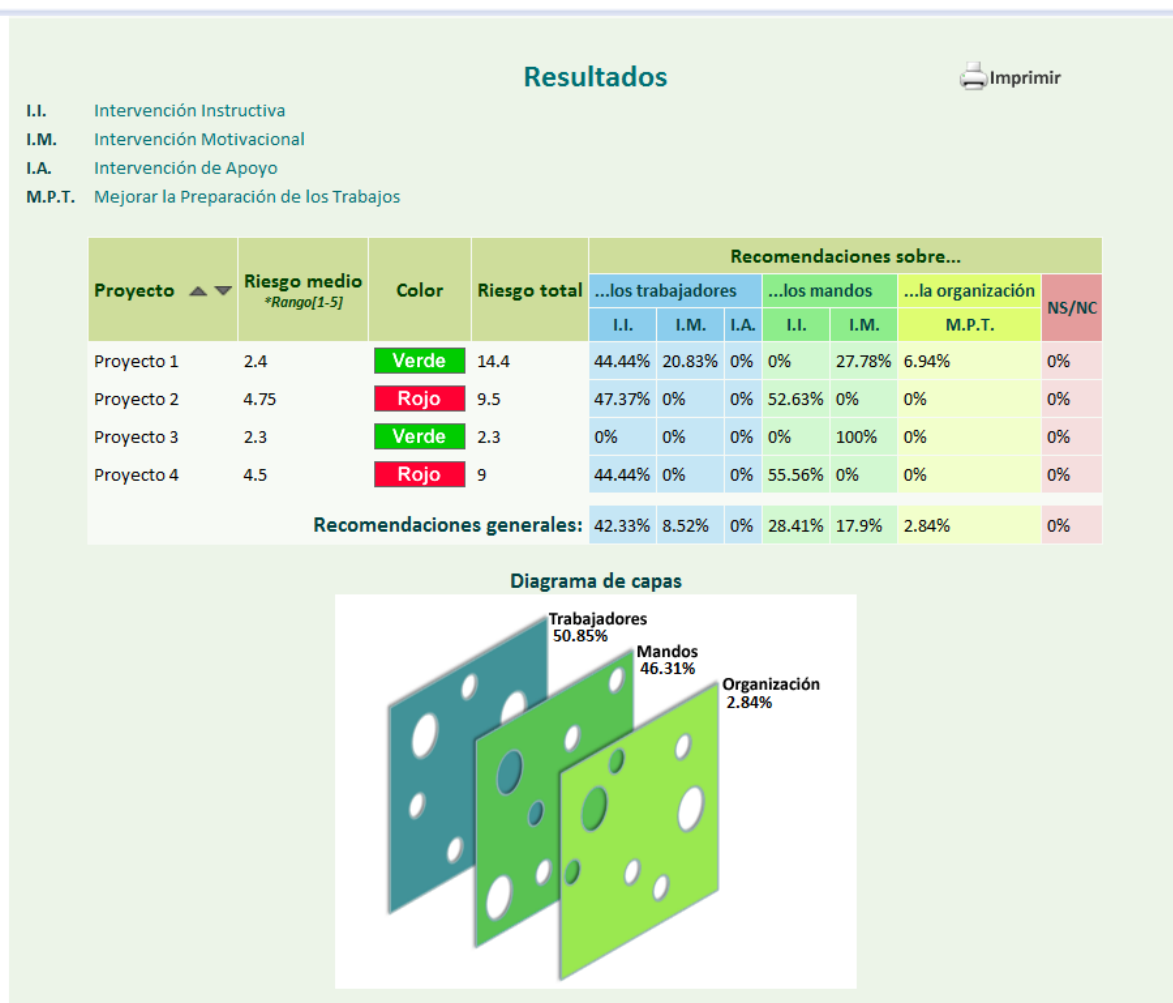
6. Conclusiones

A lo largo de este artículo se ha ido modelando el SAD que se presenta para realizar un chequeo en continuo del funcionamiento de los sistemas de seguridad. La necesidad de crear este SAD se vio en los primeros apartados, desde aquí se ha ido confeccionando el modelo desde la definición de las variables de medida, hasta la configuración de la

información que se tiene que mostrar a través del Panel de Control (Mapas de Riesgo e identificación de recomendaciones).

Esta herramienta es capaz de indicar cuales son las debilidades del Sistema de Seguridad, y mostrar como corregirlas de forma eficiente. Además, al ser una herramienta vía Web, se permite que los datos estén disponibles para cualquiera de las personas que tengan capacidad de decisión sobre las actividades que se realizan, o responsabilidad sobre ellas.

Figura 6. Pantalla del Panel de Control del SAD (elaboración propia)



A partir de este SAD, el siguiente paso es su aplicación a una escala mayor que la que representa este estudio, para colaborar con el objetivo de cero accidentes que demandan hoy día gobiernos y sociedad.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos FEDER y por la DGICYT mediante los proyectos (TIN2008-06872-C04-04, TIN2011-27696-C02-01) y por La Junta de Andalucía (P07-TIC02970, P11-TIC-8001), respectivamente.

Referencias

- Center for Chemical Process Safety (2010). *Guidelines for process safety metrics*. John Wiley & Sons Inc.
- Conesa, J., García-Cascales, M. S. y Lamata, M. T. (2010a). Gestión eficiente de riesgos laborales: aplicación del criterio ToR (Tolerability of risk) a la fase de construcción de los proyectos. *XIV International Congress on Project Engineering* (250-261). Madrid: AEIPRO.
- Conesa, J., García-Cascales, M. S. y Lamata, M. T. (2010b). La seguridad laboral: el factor humano y la certificación de los sistemas de gestión de seguridad. *XIV International Congress on Project Engineering* (238-249). Madrid: AEIPRO.
- Conesa, J., García-Cascales, M. S. y Lamata, M. T. (2012). Del dominó al queso suizo: La evolución en el campo de la seguridad laboral. *Dyna*, 87(1), 98-106.
- Geller, E. S. (2000). *The psychology of safety handbook* (2 ed.). CRC Press.
- Gibb, A., Haslam, R., Gyl, D., Hide, S. y Duff, R. (2006, Noviembre) What causes accidents?. *Civil Engineering*. 159, 46-50
- Health & Safety Executive (1999). *Reducing error and influencing behaviour*. <http://www.hse.gov.uk>
- Heinrich, H. W. (1950). *Industrial accident prevention* (3 ed.). McGraw Hill.
- Laitinen, H., y Paivarinta, K. (2010). A new-generation safety contest in the construction industry - A long-term evaluation of a real-life intervention. *Safety Science*, 48(5), 680-686.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate Publishing Limited.
- Wiegmann, D. A. & Shappell, S. A. (2003). *A human error approach to aviation accident analysis: the human factors analysis and classification system*. Ashgate publishing Limited.
- Wu, W. W., Gibb, A. G. F., y Li, Q. M. (2010). Accident precursors and near misses on construction sites: An investigative tool to derive information from accident databases. *Safety Science*, 48(7), 845-858.

Correspondencia (Para más información contacte con):

M^a del Socorro García-Cascales
Dpto Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos
Universidad Politécnica de Cartagena
C/Dr Fleming s/n 30201 Cartagena (Murcia)
Teléfono +34 968 326574
FAX +34 924 32 65 00
E-mail: socorro.garcia@upct.es