

Futuro de los EPI's antiincendios con TRIZ

Vicente Chulvi

Sergio Ralda

Universitat Jaume I, Dep. De Ingeniería Mecánica y Construcción, Castellón (Spain)

Abstract

TRIZ is the Russian acronym of Theory of Inventive Problem Solving, and it is based on the analysis and classification of millions of patents in order to know their innovation principles, and conclude in the elaboration of a set of tools for leading the process of idea generation and innovative solution search for problem solving. Within these tools there are some of them oriented to achieve a bird's eye over the technological framework we are moving, as the case of innovation trees (Shpakovsky, 2003), and another group of tools addressed to solve specific inventive problems for finding concrete solutions, as the case of Su-Fields (Belski, 2007). The present work shows the possibilities of the named tools as for innovation management as innovative solution finding in the practical case of firefighting protection equipment.

Keywords: *TRIZ; innovation management; innovation; firefighting protection equipment.*

Resumen

TRIZ es el acrónimo ruso de la Teoría de Resolución de Problemas Inventivos y se fundamenta en el análisis y clasificación de millones de patentes para conocer sus principios de innovación, y concluir en la elaboración de un conjunto de herramientas para guiar en el proceso de generación de ideas y búsqueda soluciones innovadoras para resolver problemas. Dentro de dichas herramientas disponemos de unas dirigidas a obtener una vista de pájaro sobre el marco tecnológico donde nos movemos, como son los árboles de innovación (Shpakovsky, 2003), y de otro grupo dirigido a resolver problemas inventivos específicos para encontrar soluciones concretas, como es el caso de los campos-sustancia (Belski, 2007). El presente trabajo muestra las posibilidades de dichas herramientas tanto para la gestión de la innovación como para la búsqueda de soluciones innovadoras en el caso práctico de las prendas de protección antiincendios.

Palabras clave: *TRIZ; gestión de la innovación; innovación; prendas de protección antiincendios.*

1. Introducción

Resulta un hecho indiscutible que la innovación y la creatividad han estado en el punto de mira de la industria durante las últimas décadas. Las preguntas a responder han sido siempre las mismas ¿Hacia dónde innovar?, ¿Qué innovar? y ¿Cómo innovar? Como resultado de ello existen en la actualidad un gran número de metodologías y herramientas para ayudar a los diseñadores en la búsqueda de soluciones innovadoras y en la prospección de nuevos campos de negocio: Brainstorming, Benchmarking, Delphi, 6 sigma,

análisis morfológico, y un largo etcétera. Una metodología a destacar entre ellas es TRIZ, pues será ésta la que utilizaremos en el presente trabajo.

TRIZ es el acrónimo ruso de la Teoría de Resolución de Problemas Inventivos (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch) (Altshuller, 1984). TRIZ comenzó hace más de seis décadas con la hipótesis de que existen unos principios inventivos universales que son la base para las creaciones innovadoras que hacen avanzar la tecnología, y que estos principios pueden ser identificados y codificados para hacer el proceso inventivo más previsible. Desde entonces hasta hoy, más de dos millones y medio de patentes han sido analizadas y clasificadas para conocer sus principios de innovación, para concluir en la elaboración un conjunto de herramientas para guiar en el proceso de generación de ideas y búsqueda soluciones innovadoras para resolver problemas (Abdalla, 2006; Altshuller, 1997a,1999; Altshuller, 1997b; Belski, 2007; Mann, 2005,2009; Moehrle, 2005; Shpakovsky, 2003).

En el presente trabajo se buscan nuevos horizontes en los equipos de protección individual (EPI) antiincendios. Por EPI entendemos el conjunto de elementos adosados al cuerpo para disminuir el riesgo de exposición ante condiciones ambientales adversas. Para un bombero este conjunto de elementos se compone de un casco, capucha, chaquetón, pantalones, guantes, botas y equipo de respiración autónoma. Aunque no siempre fue así. La historia señala a la Roma de Augusto César (22 a.C.) como el primer lugar en donde aparecen los cuerpos de bomberos con organización tal que les acredita para llamarles así (Vigilantes del Fuego o “Vigili del Fuoco”), aunque su vestimenta de bombero como tal era la misma que la del legionario romano, tal vez añadiendo un paño envuelto sobre la cara para proteger las vías respiratorias del humo como único EPI. No fue hasta el siglo XIX cuando en Europa aparecieron los bomberos de una forma concreta y definitiva, creándose en el año 1833 la “London Fire Engine Establishment”, primera compañía dedicada a la extinción de incendios. Las organizaciones de bomberos aparecidas a lo largo de este siglo empezaron a pensar en adaptar sus prendas a la protección contra los incendios. A partir de ahí comenzó la verdadera aparición y evolución de los EPI antiincendios hasta llegar a como los conocemos hoy en día (Díaz-Toledo, 2004; Fernández-Sora, 2006).

2. Metodología

En el presente trabajo se pretenden cumplir dos objetivos. El primero consiste en discernir cuales son los nuevos horizontes que se debe trabajar para innovar en el campo de los EPI antiincendios, es decir, a nivel global del sector, mientras que el segundo consiste en el planteamiento de innovaciones futurísticas respecto a los EPI actuales, esto es, a un nivel más concreto que el anterior. Para conseguir estos objetivos se han empleado sendas herramientas de TRIZ, los árboles de evolución (Shpakovsky, 2003) para la innovación a nivel global y los campos sustancia Su-Fields (Belski, 2007) para la innovación a nivel específico.

2.1 Árboles de evolución

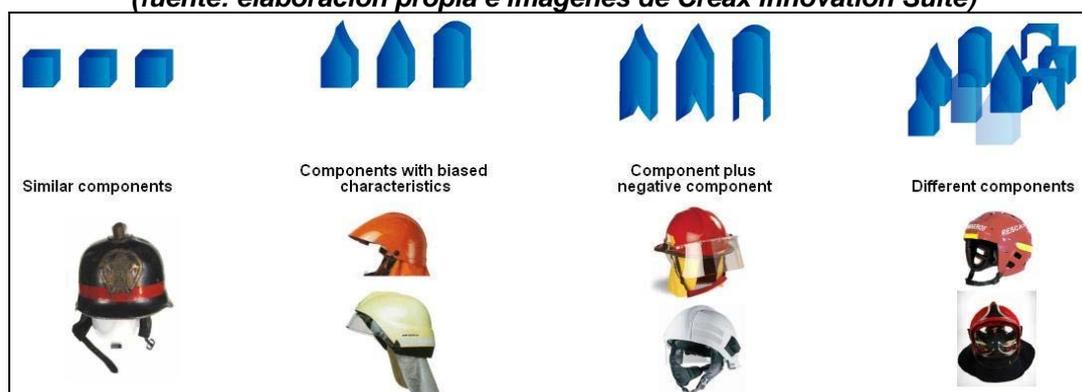
Los árboles de evolución son una mejora de la herramienta de TRIZ líneas de evolución que utiliza a las mismas para analizar la historia y futuras prospecciones del instrumento objeto de estudio. Las líneas de evolución provienen de la idea de que todo sistema técnico sigue las mismas tendencias en su evolución, independientemente de que puedan pertenecer a campos dispares. Así pues, existen 31 líneas de evolución (Mann, 2001) capaces de predecir los saltos tecnológicos capaces de resolver problemas inventivos. La elaboración de un árbol de evolución empieza por la selección de una línea de evolución y el análisis evolutivo del ítem seleccionado en lo concerniente a esa línea.

En lo que se refiere a las prendas de protección antiincendios, el tronco del árbol se ha definido con la línea evolutiva *mono-bi-poli objetos diferentes*, tal y como se muestra en la Figura 1. De cada uno de los nodos de este tronco surgen otras líneas de evolución a modo de ramas primarias. Por ejemplo, del nodo *tri-sistema* del tronco salen diversas ramas, entre ellas la correspondiente a la línea evolutiva *mono-bi-poli incremento de diferencias* (Figura 2). El árbol de evolución continua de este modo, y más líneas de evolución pueden ser añadidas a las ramas primarias como ramas secundarias hasta alcanzar el nivel de detalle deseado. El resultado es un árbol de conceptos relacionados con la herramienta analizada, dónde pueden apreciarse huecos en las líneas o límites de las mismas no alcanzados que dejan espacio para el desarrollo de nuevos conceptos que pueden derivar en nuevas invenciones. Así pues, el árbol de evolución indica las direcciones en las que deben dirigirse los esfuerzos investigadores con el objeto de alcanzar el máximo provecho en términos de innovación.

Figura 1: Línea “mono-bi-poli objetos diferentes” aplicada a las prendas de bomberos (fuente: elaboración propia e imágenes de Creax Innovation Suite)



Figura 2: Línea “mono-bi-poli incremento de diferencias” aplicada a las prendas de bomberos (fuente: elaboración propia e imágenes de Creax Innovation Suite)

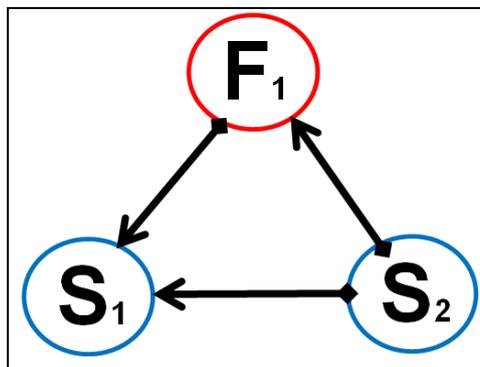


2.2 Su-Fields

La herramienta de Su-Fields (campos-sustancia) requiere de de un desglose y definición del sistema a nivel de componentes e interacciones, y una conversión del mismo a campos y sustancias interrelacionados entre sí formando triadas, es decir, conjuntos de tres elementos interconexos, frecuentemente dos sustancias y un campo (Figura 3), que se lee como que la sustancia S_2 actúa sobre la sustancia S_1 a través de un campo F_1 . El análisis de este sistema representado por campos y sustancias nos permitirá identificar aquellas triadas con conflictos para actuar sobre ellas por medio de cinco reglas, partiendo todas del mismo

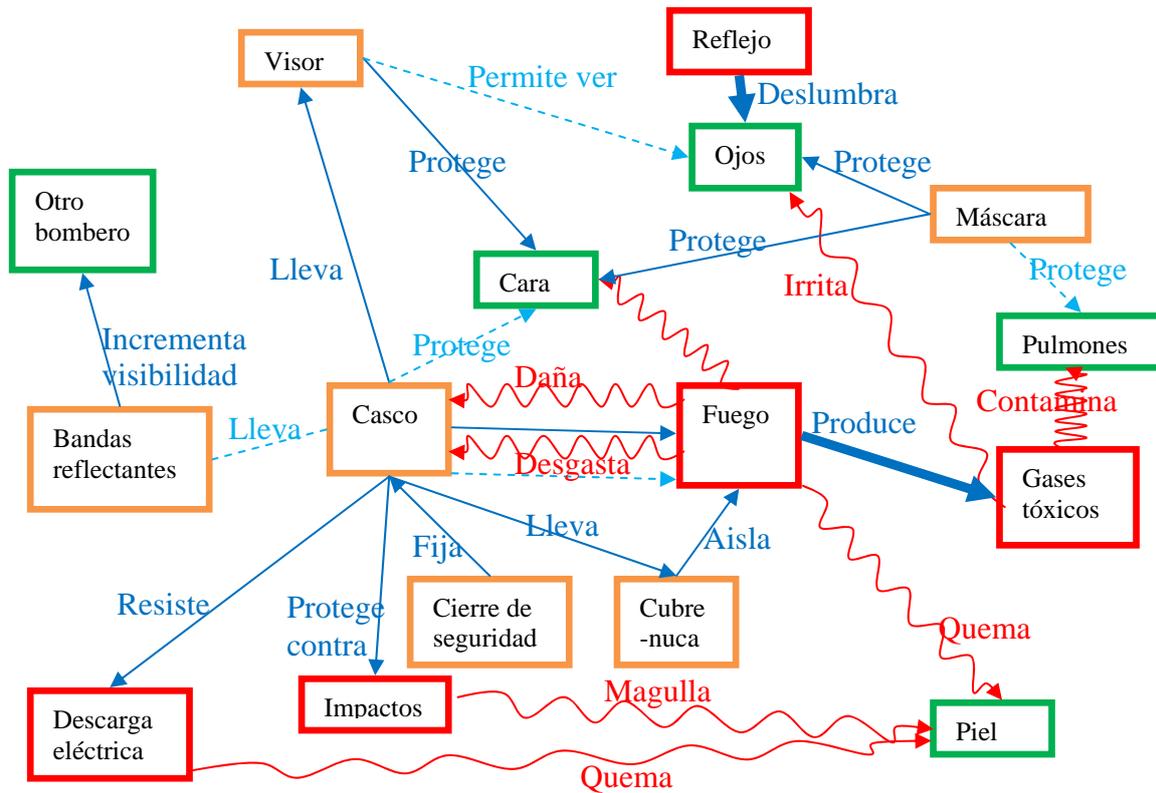
enunciado o conflicto, consistente en una interacción conflictiva entre S_2 y S_1 , bien sea ésta insuficiente, excesiva, dañina, no existente (y necesaria) o simplemente no deseada. Así, la regla 1 nos dice que hay que sustituir la sustancia S_2 por otra sustancia S_3 , de modo que genere un nuevo campo F_2 cuya acción no sea perjudicial o no deseada sobre S_1 . La regla 2 indica que hay que añadir una nueva sustancia S_3 que genere un nuevo campo F_2 que actúe sobre S_2 y lo modifique, de modo que este no ejerza negativamente sobre S_1 . La regla 3 pide añadir una nueva sustancia S_3 que genere un nuevo campo F_2 que actúe sobre S_1 y lo modifique, de modo que la acción de S_2 sobre este no sea negativa. Por su parte, la regla 4 dice de añadir una nueva sustancia S_3 intermedia entre S_1 y S_2 , a través de la cual actúe F_1 , que genere un nuevo campo F_2 que actúe sobre S_1 o S_2 y lo modifique para evitar su interacción negativa. Por último, la regla 5 nos dice que hay que añadir una nueva sustancia S_3 que genere un nuevo campo F_2 que actúe sobre S_1 y S_2 y los modifique para evitar su interacción negativa.

Figura 3: Triada: conjunto básico del análisis Su-Field (fuente: elaboración propia)



Para el presente trabajo, del modelado del sistema de un casco de bomberos moderno se han escogido tres casos de estudio diferentes: El casco afectado por el fuego, el visor que permite ver a los ojos y la máscara que protege a los pulmones (Figura 4). Para cada caso se han aplicado sucesivamente las 5 reglas de los Su-Fields para obtener una batería de soluciones al mismo.

Figura 4: Modelado del sistema de un casco (fuente: elaboración propia)

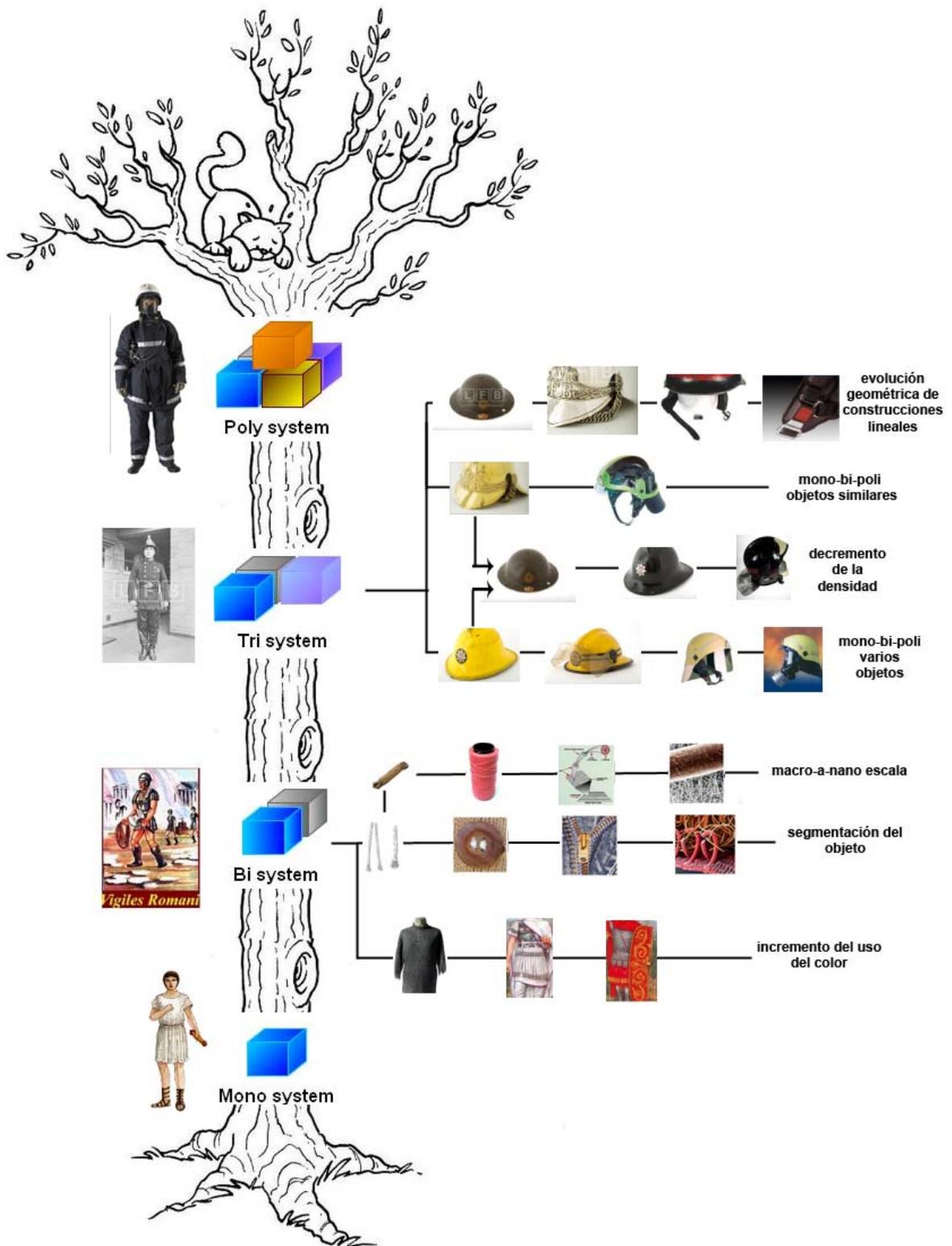


3. Resultados

3.1 Árbol de evolución de las prendas de protección antiincendios

La Figura 5 muestra un esquema abreviado del árbol de evolución de las prendas antiincendios elaborado durante la realización del presente trabajo. En él se puede observar la línea principal ubicada en el tronco, y como se expanden las ramas primarias a partir de sus diferentes niveles. En la imagen se pueden observar las líneas *segmentación del objeto*, referido a los tipos de uniones o cierres, e *incremento del uso del color* partiendo del nodo *bi-sistema*, y las líneas *mono-bi-poli varios objetos*, referido a la adición de elementos que generan nuevas funciones en el objeto, *mono-bi-poli objetos similares*, referido a la adición de capas para mejorar la protección, y *evolución geométrica de construcciones lineales*, referido al tipo de enganche, que parten las tres del nodo *tri-sistema*. También queda ejemplificada en la imagen la aparición ramas secundarias, que tienen su origen en un nodo de las ramas primarias. Así, la rama *macro-a-nano escala* en los hilos para unir elementos aparece del primer nodo de *segmentación del objeto*, y la rama *decremento de la densidad* puede surgir tanto de la rama *mono-bi-poli varios objetos*, como de *mono-bi-poli objetos similares*.

Figura 5: Extracto del árbol de evolución de las prendas de protección antiincendios (*fuente: elaboración propia*)



De la observación del árbol de evolución completo se pueden destacar, por un lado, las líneas completas u obsoletas por las que no se debería seguir invirtiendo recursos en buscar mejoras, y las líneas incompletas y con perspectivas para crear futuras innovaciones. Como ejemplos del primer caso tenemos:

- *Mono-bi-poli varios objetos*: La evolución histórica de las prendas de protección ha consistido generalmente en añadir más y más elementos para cumplir cada uno con una función específica, hasta el punto de saturar la capacidad de la persona destinada a llevar los equipos, y con ello perder su funcionalidad.
- *Mono-bi-poli aumento de diferencias*: Las gamas de uniformes, prendas ignífugas, resistentes a condiciones extremas, a ataques químicos, etc. se encuentra muy desarrollada, hasta el punto de tener una pieza de equipo para cada función específica. Nos encontramos, por tanto, frente a una línea evolutiva muy desarrollada, dónde no es conveniente seguir investigando.
- *Incremento de transparencia*: El grado de transparencia en prendas de protección antiincendios tiene simplemente un nivel funcional ya alcanzado en cuanto a visibilidad del usuario, mientras las prendas que no han alcanzado un nivel elevado de transparencia es debido únicamente a su no-funcionalidad o funcionalidad inversa. Por tanto, se considera como una línea muerta.

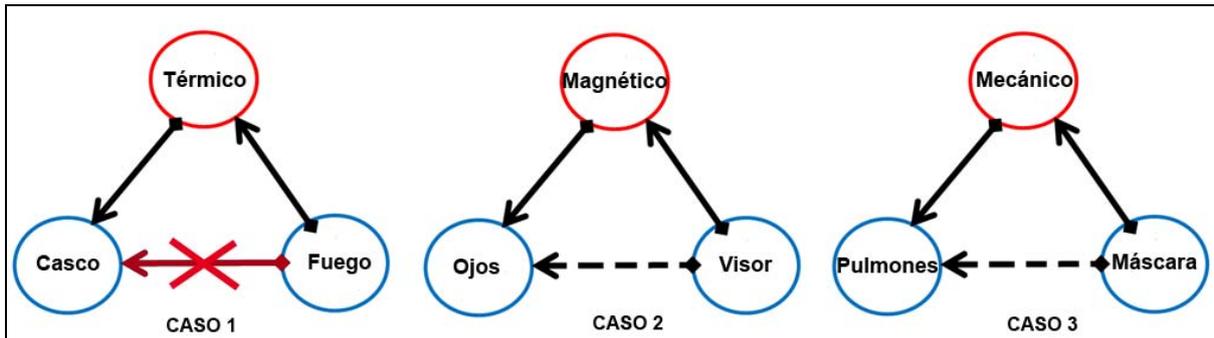
Por otro lado, como ejemplos de líneas abiertas en las que conviene volcar esfuerzos tenemos:

- *Macro-a-nano escala*: Actualmente se utilizan materiales a escala microscópica. La utilización de materiales a escala cada vez más diminuta (nanopartículas) posibilita un amplio desarrollo favoreciendo las propiedades de los textiles técnicos, y más concretamente, de los tejidos ignífugos.
- *Introducción de aditivos*: Combinado esta línea con la anterior aparecen los nanoaditivos. Para que estos puedan tener funciones ignífugas es necesario mejorar el proceso de incorporación de los mismos en el material base. Por tanto, las líneas de trabajo en la protección de fibras o substratos textiles frente al fuego deben centrarse en la búsqueda de nuevos métodos o procesos para la introducción de aditivos. De este modo se puede lograr la mejora de las características ignífugas de las fibras y tejidos.
- *Disminución de la densidad*: Una menor densidad implica un menor peso del equipo y por tanto mayor movilidad y menor fatiga para el bombero. Solucionaría el problema presentado por el exceso de elementos explicado en la línea *Mono-bi-poli varios objetos*. Las tendencias actuales apuntan al uso de fibras o compuestos de baja densidad para la fabricación de equipos para hacerlos más ligeros y cómodos sin que pierdan ninguna de sus propiedades contra el fuego y las condiciones extremas.

3.2 Su-Fields

Como se ha dicho en el punto 2.2, los tres casos analizados con la herramienta Su-Fields son el casco afectado por el fuego, el visor que permite ver a los ojos y la máscara que protege a los pulmones, tal y como aparecen representados en campos y sustancias en la Figura 6.

Figura 6: Enunciados de los casos en terminología Su-Field (*fuente: elaboración propia*)



Con la herramienta Su-Fields se han conseguido 42 diferentes soluciones para evitar daños en el casco, 41 para mejorar la visión a través del visor, y 47 para mejorar la protección a los pulmones. Como muestra de los resultados, la Tabla 1 muestra las soluciones aportadas con la regla 3 para el caso 1, la Tabla 2 muestra soluciones para el caso 2 conseguidas a través de la regla 1, y la Tabla 3 muestra las soluciones para el caso 3 proporcionadas por la regla 2.

Tabla 1. Soluciones al caso 1 con la regla 3

Regla 3	
Campo F_2	Sustancia S_3
Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un pequeño compresor que arroje aire comprimido sobre el fuego, cuya función sea el desplazamiento de éste para lograr una mayor protección del casco. - Instalar un pequeño aparato que lance agua a presión, de modo que el peligro a que el fuego dañe el casco sea menor.
Acústico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un sistema emisor de ultrasonidos en el casco, cuyas elevadas frecuencias se transformen en vibraciones que debiliten cualquier agente externo.
Térmico	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar un material de revestimiento que al estar en contacto con el fuego cree un aislamiento térmico con el fin de mantener la temperatura del interior del casco constante.
Químico	<ul style="list-style-type: none"> - Forrar el casco con un material compuesto por determinados elementos que al reaccionar con gases nocivos los conviertan en gases no tóxicos para el organismo.
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Crear un campo electrostático alrededor del casco en el que las partículas sólidas presentes en el humo del fuego sean repelidas y no puedan entrar en contacto con la superficie de dicho casco.
Magnético	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión de rayos X por parte del casco. Consiste en una radiación electromagnética, invisible y capaz de atravesar cualquier cuerpo. Dichos rayos han de ser capaces de introducirse en el interior de las partículas nocivas y de este modo destruirlas por completo.

Intermolecular	<ul style="list-style-type: none"> - Reforzar el casco con un material compuesto por nanofibras de elevada resistencia a los impactos y a las condiciones extremas. - Utilizar un material de revestimiento cuyas partículas se encuentren fuertemente unidas entre sí y que de esta manera proporcionen una elevada resistencia mecánica al casco.
Biológico	<ul style="list-style-type: none"> - Recubrir la superficie exterior del casco con una funda fabricada a partir de fibras vegetales de modo que éstas retengan fácilmente las partículas sólidas nocivas y no se deterioren con el humo y con las altas temperaturas.

Tabla 2. Soluciones al caso 2 con la regla 1

Regla 1		
Campo F_2	Sustancia S_3	
Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar gafas de sol adecuadas que protejan los ojos del humo y de los potentes destellos del fuego. 	
Acústico	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de una máscara provista de unos pequeños aparatos emisores de sonidos que produzcan vibraciones evitando así que gases y demás sustancias se aproximen a los ojos e impidan su correcta visión. 	
Térmico	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de una protección ocular confeccionada a base de materiales específicos que al reaccionar con las sustancias tóxicas presentes en el humo las convierta en inofensivas y, de este modo, no perjudiquen a la visión. 	
Químico	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de lentes de contacto (lentillas) fabricadas de un material de elevada resistencia mecánica que actúen de barrera y faciliten la visión, impidiendo que los gases tóxicos penetren en los ojos. 	
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de unas gafas capaces de crear un campo eléctrico a su alrededor en el que al impactar cualquier partícula nociva ésta reciba una pequeña descarga eléctrica que haga desintegrarla por completo. 	
Magnético	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de un cubre ojos fabricado a partir de materiales que presenten propiedades magnéticas como son el níquel, hierro, cobalto y sus aleaciones que comúnmente se llaman imanes. El resultado es la creación de un campo magnético que impide que partículas sólidas del ambiente se acerquen a los ojos y así éstos mantengan una visión óptima. 	
Intermolecular	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de un tejido que cubra la cara y/o cabeza cuya estructura esté constituida por nanopartículas capaces de impedir que sustancias dañinas para los ojos puedan dañarlos y dificultar su correcta visión. 	
Biológico	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar un pasamontañas que esté confeccionado con tejido vegetal y que a la altura de los ojos presente unas células que aporten transparencia y ayuden a la perfecta visión. 	

Tabla 3. Soluciones al caso 3 con la regla 2

Regla 2	
Campo F_2	Sustancia S_3
Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un respirador de suministro de aire autónomo que libere aire a la mascarilla durante un periodo largo de tiempo (las usadas actualmente sólo pueden trabajar 30-60 min.). - Instalar ventiladores de tamaño reducido y de gran potencia para repeler parte de los gases tóxicos que perjudican al organismo.
Acústico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un aparato emisor de ultrasonidos no perceptibles por el oído humano pero que gracias a su elevada frecuencia permita la desintegración de las partículas contaminantes para el organismo.
Térmico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un filtro depurador de humo y gases tóxicos, de modo que haga precipitar dichos gases convirtiéndolos en agua sucia (cambio de fase). - Introducir en el filtro un compuesto formado por nanoporos, también llamados centros activos, que admiten que se instalen moléculas de naturaleza distinta a la suya, procedentes de un gas en contacto con su superficie (adsorción = proceso exotérmico).
Químico	<ul style="list-style-type: none"> - Introducir determinadas sustancias (productos basados en zeolitas o en carbones activos) en el filtro que reaccionen químicamente con los gases tóxicos (monóxido de carbono, cianuro, amoníaco, benceno, formaldehído, óxido nítrico y nítrico) transformándolos, así, en inocuos para el organismo (N_2, CO_2, etc.). - Instalar un pequeño dispositivo de absorción cuya función sea separar uno o más componentes de la mezcla de gases tóxicos con la ayuda de un disolvente líquido.
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un aparato para emitir descargas eléctricas, de modo que al detectar humo elimine al instante las pequeñas partículas presentes en el ambiente.
Magnético	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un detector de humos en la mascarilla que genere un campo magnético en el cuál las partículas sólidas presentes en el humo del fuego queden adheridas a este campo y no se introduzcan en el organismo.
Intermolecular	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar un filtro y/o respirador de nanopartículas, para evitar que éstas entren en contacto con las vías respiratorias.
Biológico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar componentes orgánicos (tipo plantas) en la máscara que absorban los gases tóxicos generados por el fuego y los transformen en otros no tan perjudiciales.

4. Conclusiones

En el presente trabajo se ha visto la utilidad de las herramientas de TRIZ para innovar, y se han visto dos extremos diferentes de resultados, desde las posibles soluciones concretas para un problema definido, hasta nuevos horizontes para una gama de productos genéricos.

Con la herramienta de los árboles de evolución se han presentado orientaciones de hacia dónde se deben volcar los esfuerzos, tanto humanos como económicos, si se pretende obtener nuevas innovaciones fructíferas en el mercado. En concreto, los campos de investigación aconsejados son la nanociencia (nanopartículas y nanoaditivos) y los materiales de baja densidad.

En cuanto a la herramienta de los Su-Fields, se ha visto cómo es capaz de presentar una batería completa de soluciones para un mismo problema que abarcan todos los campos de la ciencia. Dentro de éstas, algunas parecen perfectamente viables con las tecnologías actuales, y otras se presentan como conceptos radicales difíciles (o aparentemente imposibles) de alcanzar con los recursos de hoy en día. Sin embargo, estos dos grupos nos presentan sendas ventajas a la hora de llevarlo a la práctica: por un lado, los conceptos viables actualmente nos presentan soluciones o nuevos productos que pueden salir al mercado a corto plazo; mientras que por otro lado las propuestas más futuristas nos indican las tecnologías que deben ser investigadas o mejoradas y posibles aplicaciones que pueden llevarse a cabo con ellas una vez hayan sido alcanzadas.

La combinación de ambas herramientas puede ayudar a mejorar los beneficios obtenidos en la búsqueda de nuevos horizontes, pues estas nuevas tecnologías que deben ser investigadas para obtener nuevos productos presentados por la herramienta de Su-Fields pueden aparecer (de hecho aparecen) en el árbol de evolución, y ya se puede prever si los esfuerzos en esa dirección en concreto van a ser excesivos, o por el contrario es una dirección poco evolucionada y se pueden obtener grandes avances con pocos recursos invertidos. Además, las propuestas a priori irrealizables presentadas por la herramienta Su-Fields ya nos muestra propuestas de aplicación para cuando se alcance el nivel adecuado de evolución en la tecnología, por lo que ya se presenta una perspectiva de beneficio antes de emprender el proceso investigador en dicha dirección.

Referencias

- Abdalla A.A. (2006). Systematic innovation: An evaluation of the methodologies implementing triz. *Journal of TRIZ in Engineering Design*, 2, 74-92.
- Altshuller G. (1984). *Creativity as an exact science: The theory of the solution of inventive problems*. Gordon and Breach Science Publishers, Luxembourg.
- Altshuller G. (1997a). *Introducción a la innovación sistemática: Triz*. Internet Global S.L.,
- Altshuller G. (1999). *The innovation algorithm. Triz, systematic innovation and technical creativity*. Technical Innovation Center, Inc, Worcester.
- Altshuller G. and Shulyak L. (1997b). *40 principles: Triz keys to technical innovation*. Technical Innovation Center, Worcester, MA.
- Belski I. (2007). *Improve your thinking: Substance field analysis*. Melbourne, Australia.
- Díaz-Toledo B.L. (2004). *Diseño de la estación central de bomberos voluntarios de guatemala*. Facultad de Arquitectura, Guatemala.
- Fernández-Sora A. and Ciria J.J.d.P. (2006). Estudio comparativo de los distintos diseños de cascos de bomberos, a través de la historia. Ventajas e inconvenientes de cada diseño. *en XVIII Congreso de Ingeniería Gráfica Ingegraf*, Barcelona, Spain.
- Mann D. (2005). New and emerging contradiction elimination tools. *Creativity and Innovation a Management*, 14, 14-21.
- Mann D. (2009). Smart materials solve contradictions. *The TRIZ Journal*,

- Mann D. and Dewulf S. (2001). Evolving the world's systematic creativity methods. *en 7th European Association of Creativity and Innovation conference*, University of Twente, Netherlands.
- Moehrle M.G. (2005). How combinations of triz tools are used in companies – results of a cluster analysis. *R&D Management, Vol 35*, 285-296.
- Shpakovsky N. (2003). Evolution trees. Analysis of technical information and generation of new ideas. Japan.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Vicente Chulvi Ramos.
Phone: +34 964729252
Fax: + 34 964728106
E-mail: chulvi@emc.uji.es
URL: www.gjd.uji.es