

N.42675
R.41266

J O R N A D A D E E S T U D I O D E A G E R S

LA CONSULTORIA ANTE EL RIESGO DE LA RESPONSABILIDAD DE LA EMPRESA

APROVECHAMIENTO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ANALISIS DE RIESGOS UTILIZADOS EN LAS INDUSTRIAS QUIMICAS Y AFINES PARA MEJORAR LA SEGURIDAD, EL CONTROL DE LOS RIESGOS Y LOS SISTEMAS PREVENTIVOS DE SUS INSTALACIONES.

Donación de AGERS al Centro de Documentación de FUNDACIÓN MAPFRE

SEGUCONSULT, S.A.
Consultora en Seguridad,
M.P. y Análisis de Riesgos

José L. MAÑAS LAHOZ.
Dr. Ingeniero Industrial
Madrid, 23 Junio de 1992

APROVECHAMIENTO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ANALISIS DE RIESGOS UTILIZADOS EN LAS INDUSTRIAS QUIMICAS Y AFINES PARA MEJORAR LA SEGURIDAD, EL CONTROL DEL RIESGO Y LOS SISTEMAS PREVENTIVOS DE LAS INSTALACIONES.

1. ASPECTOS PREVIOS E INTRODUCCION.

Lo expresaremos de entrada y con toda claridad: nuestra impresión es que una gran mayoría de las empresas químicas (y afines) españolas que han acometido los estudios conocidos como "Análisis de Riesgos" (A.R) lo han hecho impulsados principalmente por la normativa legal derivada de la entrada de España en la Comunidad Económica Europea. Concretamente por la Directiva 82/501/CEE (denominada, en los campos profesionales afectados, como Directiva Post-Seveso) y Directivas subsiguientes, cuya aplicación ha sido en nuestro país, fundamentalmente el R.D. 886/88 "Prevención de Accidentes Mayores en determinadas Actividades Industriales" y toda la legislación complementaria publicada al efecto por las Autoridades nacionales y autonómicas.

Es decir, en la mayoría de los casos, al menos según nuestras experiencias, en los 3 últimos años, las empresas afectadas hacían, o, más frecuentemente, encargaban hacer a empresas o consultores especializados ajenos, la realización de estos estudios, simplemente porque existía una nueva normativa que había que cumplir.

Lo anterior nos parece un hecho incuestionable, ahora bien, ¿es positivo o no?. Aquí hay opiniones para todos los gustos. Nosotros también daremos algunas ideas al respecto.

El que las empresas fuesen impelidas a realizar los A.R. sólo por la necesidad del cumplimiento de la legislación vigente, objetivamente hablando, no nos parece rechazable pero, mucho menos, creemos que deba ser considerado como encomiable ni que represente una visión abierta y creativa sobre la utilización de las técnicas modernas que las nuevas tecnologías nos ofrecen.

Por otro lado, consideramos que son dos tipos de opiniones bien distintas las que sobre la utilidad de los A.R. son dichas por ciertos responsables de algunas empresas. Ambas opiniones son incluso puestas de manifiesto por las mismas personas que, según la oportunidad y el momento, tienden a expresarse en un doble lenguaje:

- a) Lo que dicen en público, en artículos o revistas técnicas, etc: ..."Aún con los inevitables defectos que la implantación de cualquier innovación conlleva, los A.R. representan un gran paso para la mayoría de edad de las industrias afectadas en todo lo relativo a la Seguridad y a la Prevención de los Riesgos..."
- b) Lo que dicen en privado: ..."Los Análisis de Riesgos no sirven, a nivel práctico, para nada. Sólo para cubrir el expediente, pero no ayudan a mejorar, DE VERDAD, los niveles de Seguridad de las plantas y almacenamientos de las Mercancías Peligrosas (M.P.) afectados. Así, pues, son un gasto inútil de tiempo y dinero..."

Por nuestra parte, pensamos que, si los A.R. se realizan con honestidad, eficacia y sentido práctico, pueden representar una mejora sustancial, como luego veremos, de la Seguridad y contribuir a la disminución objetiva de los riesgos de "Accidentes Mayores" de las empresas implicadas.

Sin embargo, si los A.R. se hacen simplemente para cumplimentar un requisito exigido por las Autoridades, sin la profundidad requerida y fiándonos de hojas y más hojas con listados de ordenador, que muy poca gente entiende y que casi nadie lee con minuciosidad, más que de la lógica técnica, el buen diseño, el adecuado mantenimiento de las instalaciones y de una consideración previa a todo A.R., a saber, "que las personas fallamos mucho más que las máquinas y los dispositivos de las instalaciones" y sin tratar de entender lo que en otro lado denominaremos como "percepción social de riesgo", entonces, sí, evidentemente, los A.R. van a servir para muy poco y representan un gasto inútil de tiempo, esfuerzos y dinero. Y que no se nos entienda mal, el ordenador y sus programas -y somos utilizadores de ellos- representan hitos importantes para la evaluación de los riesgos y una gran ayuda para el control de los mismos, pero son un medio más a disposición de la técnica. Debemos servirnos de ellos pero nunca pueden sustituir al sentido común, a la observación directa y a la experiencia acumulada dentro de lo que se denominan como "reglas del buen hacer técnico".

No nos cansaremos de repetirlo, los Análisis de Riesgos son unas herramientas, que ni son las únicas, ni seguramente las mejores de cuantas disponen las industrias que desarrollan actividades consideradas como peligrosas para el control de sus riesgos. Decimos esto porque creemos que el mundo de la Seguridad ya disponía antes de producirse la eclosión de las nuevas tecnologías de A.R (y algunas no tan nuevas, pues las hay que tienen 30, o más, años) de herramientas eficaces para el control de los riesgos.

Bastantes de las técnicas existentes eran consideradas como muy positivas para realizar una Seguridad eficaz. Además, indirectamente, servían, y pueden seguir sirviendo, al menos para iniciar ciertos tipos de Análisis de Riesgos. Concretamente nos referimos a:

- 1) Seguridad Integrada y Control Total de Pérdidas.
- 2) Mantenimiento Preventivo.
- 3) Procedimientos de Operación y Normas de Seguridad.
- 4) Auditorías de Seguridad y Revisiones Periódicas.
- 5) Formación y Mentalización continua de Trabajadores y Mandos.
- 6) Preparación de Supuestos y Realización de Simulacros de Emergencias.
- 7) Mejoras en el Diseño de las Instalaciones.
- 8) Verificación e Inspección continua de Materiales y Equipos.
- 9) Preparación de Planes de Emergencia y Entrenamiento Práctico sobre ellos.
- 10) Investigación de Accidentes e Incidentes.
- 11) Mejoras reglamentarias en los Campos de Fabricación, Almacenamiento, Transporte y Uso de M.P.

2. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL RIESGO.

Está internacionalmente aceptado que la Magnitud del Riesgo (M.R.) de un determinado suceso o actividad, se exprese aproximadamente por la fórmula:

$$\text{MR} = \text{P} \times \text{G} \times \text{E}$$

en la que MR = magnitud del riesgo

P = probabilidad de que se produzca un suceso

G = gravedad de las consecuencias del suceso

E = exposición al riesgo (tiempo, n^o de personas, etc.)

Es decir, los valores del riesgo se determinan teniendo en cuenta la frecuencia con que se pueden producir determinados accidentes y las posibles consecuencias que de ellos se derivarían para la población, el entorno y los bienes materiales públicos o privados.

También, como es sabido, existen unos métodos ya clásicos en los estudios de análisis de los riesgos. Concretamente:

- 1 - Identificación de sucesos (no deseables) en los que se ven involucradas materias o energías peligrosas.
- 2 - Determinación de la magnitud de los efectos que resulten de esos sucesos.
- 3 - Determinación de los daños que pueden ser causados por ellos. (Cálculo de EFECTOS).

- 4 - Determinación de la probabilidad de estos daños.
Probabilidad que es estimada de acuerdo con:
 - probabilidad de error humano y/o fallo del equipo (probabilidad de fallo)
 - riesgo de que de este error o fallo resulten los efectos negativos considerados (probabilidad de desarrollo de consecuencias negativas)
 - probabilidad de exposición a estos efectos.
- 5 - Estimación del riesgo.
- 6 - Evaluación y valoración final del riesgo.

La ejecución práctica de cada uno de los métodos de análisis relacionados anteriormente se suele realizar con la ayuda de unas determinadas técnicas de A.R. que también están divulgadas y aceptadas por la comunidad científico-técnica internacional.

3. RELACION DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE ANALISIS DE RIESGOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA QUIMICA Y AFINES (IOA).

A continuación relacionamos algunos de las principales técnicas de Análisis de Riesgo divulgados internacionalmente para su estudio en las Industrias Químicas y Afines (IOA). Los Análisis de Riesgos resultan aplicables tanto para prevenir los Accidentes Mayores, como otros tipos de posibles accidentes/incidentes. Los tipos de A.R. más relevantes son:

- a) Revisión de las instalaciones según las Listas de Comprobaciones o de Chequeo (Check-List).
- b) Revisiones de los componentes de los procesos según la técnica del "WHAT IF" (¿Qué ocurre si?).
- c) Análisis de las posibles consecuencias significativas de la actividad (vertidos, fugas, explosiones, etc) o sea, el estudio de los posibles efectos negativos importantes.
- d) Realización de Análisis de Riesgos de tipo HAZOP: HAZard OPERability (Estudios Funcionales de Riesgos y Operabilidad).
- e) Análisis Cuantitativo del Riesgo según las pautas y sistemas de evaluación del riesgo señaladas en los Análisis del tipo HAZAN: HAZard ANALYSIS.
- f) Estudio de los FTA: Fault Tree Analysis (Análisis según el sistema de "Arboles de Fallos" de los acontecimientos que conducen a situaciones de peligro por fallos de los componentes).

- g) Estudio de los ETA: Event Tree Analysis (Análisis según el sistema de "Arboles de Efectos" que consiste en estudiar los accidentes que se pueden provocar a partir de que supuestamente se produzca un fallo en un determinado equipo o que se cometa un determinado error en la operación).
- h) Estudio de los FMEA: Failure Mode and Effects Analysis (Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos. Detección de fallos críticos en el funcionamiento de los componentes individuales).
- i) Cálculos cuantitativos de los riesgos según los Indices DOW/MOND, etc.
- j) Identificación de sucesos (Accidentes, Incidentes y Fallos) a través de las Bases de Datos.

En el Cuadro 1 "Principales Características de los Métodos de A.R. en las Industrias Químicas y Afines" se hace una descripción sinóptica de los principales tipos de A.R. utilizados en las I.Q.A., sus singularidades y las ventajas e inconvenientes de cada método de A.R.

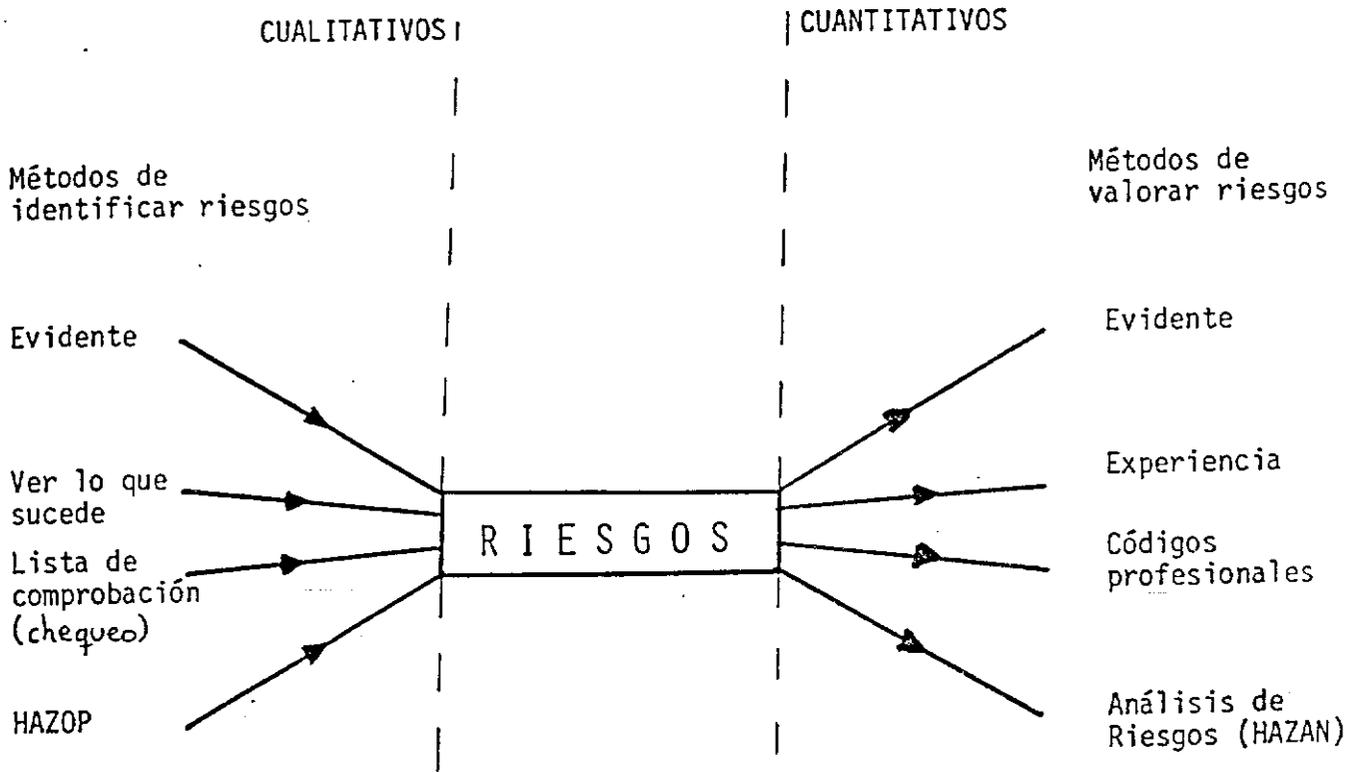
4. LA IDENTIFICACION Y LA EVALUACION DE RIESGOS.

Las técnicas utilizadas para identificar cualitativamente los riesgos -para descubrir qué riesgos están presentes en una instalación o proceso- y las técnicas para evaluar cualitativamente dichos riesgos -para decidir hasta dónde deberíamos llegar a la hora de eliminar los riesgos o proteger a la gente de ellos- a menudo se confunden. La Figura adjunta tomada de la publicación de T.KLETZ "HAZOP & HAZAN (Notes on the Identification and Assessment of Hazards)" puede ayudar a dejar claras las diferencias.

El lado de la izquierda muestra algunos de los métodos usados para identificar riesgos y los posibles problemas que pueden dificultar la operación.

El método tradicional de identificar riesgos -utilizado desde el inicio de los conocimientos tecnológicos hasta la actualidad- fue construir la instalación y ver lo que pasaba. Como señala en la obra citada T.KLETZ "a todo perro se le permite un mordisco". Siguiendo al citado autor, hasta que muerda a alguien podemos decir que no sabíamos que lo haría. Este no es un mal método cuando el tamaño del incidente pueda ser limitado pero ya no es aceptable ahora que "tenemos perros que pueden matar a mucha gente" y de un solo mordisco.

Otro método utilizado es el de las "listas de comprobación" (chequeo) que se usan a menudo para identificar riesgos. Su desventaja radica en que muchas veces no se incluyen en dichas listas asuntos importantes que deberían ser tenidos en cuenta. Con ello nuestras mentes pueden permanecer cerradas respecto a los mismos. Las "listas de comprobación" pueden ser aceptables si hay poca o ninguna innovación y si hemos hecho frente a todos los riesgos con anterioridad, pero son menos satisfactorias cuando se trata de un nuevo diseño.



Métodos de identificación y valoración de riesgos.

Por esta razón las industrias de proceso han pasado a preferir otras técnicas de análisis. Entre ellas las conocidas como "Estudios de los Riesgos y de la Operabilidad" o HAZOP.

El método HAZOP se basa, fundamentalmente, en las técnicas que, entre otros, desarrolló inicialmente la multinacional química "Imperial Chemical Industries" de la Gran Bretaña. Este método posteriormente y durante su aplicación se ha ido puliendo y mejorando.

El Instituto de Seguridad de la Industria Química Británica, tomando como base dicha técnica, lo define como "un examen crítico y sistemático del proceso e ingeniería de una planta química para evaluar el riesgo potencial de fallos en la operación, o funcionamientos defectuosos de los equipos individuales, y los efectos consecuentes sobre la planta, considerada ésta en su conjunto".

Actualmente el HAZOP se usa extensamente, en muchos países europeos, en diseños para nuevas instalaciones y en ampliaciones de factorías. Sin embargo, debido al esfuerzo que es necesario hacer para su realización, se ha usado menos para el análisis de las plantas ya existentes. En España, salvo en muy contadas excepciones, sólo se está empezando a usar recientemente.

Existen bastantes métodos para identificar riesgos. Estos métodos se han desarrollado para adaptarse a la creciente complejidad de las instalaciones modernas y a las nuevas normativas de protección promulgadas, particularmente europeas y norteamericanas.

Después de haber identificado los riesgos tenemos que decidir hasta dónde debemos llegar en su eliminación o en la posible protección de las personas y de los bienes. Algunos de los métodos utilizados se relacionan en el lado derecho de la Figura adjunta. A veces hay una forma barata y evidente de eliminar el riesgo, otras veces nuestra experiencia o lo señalado en los "códigos de buena práctica profesional" nos dicen lo que deberíamos hacer. Otras veces es menos fácil decidir. Entonces podemos intentar calcular la probabilidad del accidente y el alcance de las consecuencias y compararlos con un objetivo o criterio de protección. Este método suele ser conocido como Análisis -cuantitativo- de Riesgos (HAZAN, FTA, ETA, etc.). A veces, 5 minutos de HAZAN son suficientes para su cálculo aproximado. En otras ocasiones los estudios detallados llevan semanas o meses.

Algunas de las principales técnicas para el desarrollo de los A.R. son meramente descritas más adelante y pueden considerarse como herramientas relativamente sofisticadas que permiten a las empresas usar sus recursos más eficazmente. Para ello es necesario presuponer que el nivel general de motivación de la Dirección o Gerencia de la Empresa hacia estos temas es buena, que la instalación funciona y está mantenida de la manera supuesta por el equipo que la diseñó y de acuerdo con un buen criterio profesional de su dirección y de sus técnicos y mandos. En particular se presupone que los sistemas de protección se comprueban con regularidad y que se reparan con prontitud siempre que es necesario.

Si dichos supuestos no se cumplen, por lo menos de una manera aceptable, entonces los A.R., sobre todo los de caracter complejo pueden considerarse como pérdidas de tiempo. Según indica KLETZ no sirve de nada identificar los riesgos o calcular su probabilidad si nadie quiere hacer nada para neutralizarlos. Resulta inútil instalar mecanismos de control y alarmas si nadie va a usarlos o a mantenerlos. Como dice el autor citado: "El tiempo pasado en la realización de los A.R. seguramente se utilizaría mejor si se emplease en aumentar la motivación y la preparación de los técnicos y de la Dirección".

Si se desea introducir los A.R. sobre todo los más sofisticados (HAZOP, FTA, FMEA, etc.) en una organización en la que no se han usado antes, debería empezarse paso a paso. No se debe intentar establecer un gran equipo de trabajo capaz de estudiar todos los diseños nuevos, más todos los existentes. En su lugar es mejor aplicar los métodos a uno o a dos problemas, o casos. Si los colegas de la empresa descubren que los métodos son útiles pedirán más y el uso de las técnicas se extenderá. Si, por otro lado, los métodos no le convienen a su empresa, se habrá perdido muy poco.

Por otro lado, parece claro que necesitaremos una buena dosis de humildad para reconocer que, a pesar de nuestros esfuerzos, no vamos a prever hasta el último riesgo y alguno de los riesgos omitidos puede dar lugar a determinados accidentes. Podemos aprender de estos cuasi-accidentes, no sólo de los que resultan en perjuicio o daño grave sino también de los que no producen siniestros grandes o medianos. Resulta de la máxima importancia que estos casos en los que "faltó poco para la catástrofe" se investiguen y que las lecciones se den a conocer a los posibles implicados, pues "la próxima vez" pudieran tener como resultado daños importantes.

4.1. LA FIABILIDAD DEL COMPORTAMIENTO HUMANO EN LOS A.R.

En los albores de su uso algunos Análisis de Riesgos primarios pasaban por alto a la persona que debía ejecutar las operaciones, suponiendo que siempre haría lo que se esperaba de ella. Después, otros analistas fueron al otro extremo, suponiendo que el operario siempre fallaría, y recomendaron sistemas con automatización total.

Hoy en día, los analistas se dan cuenta de que hace falta calcular con que probabilidad un operario cerrará, o no, la válvula correcta dentro del tiempo estipulado cuando suene una alarma. Sin embargo, existe la tentación de sobrevalorar la fiabilidad del comportamiento humano para conseguir el resultado exigido.

Tanto como los errores llevados a cabo por los operarios, deben considerarse también los errores que realizan las personas que prueban y reparan los equipos.

El conocimiento, al menos aproximado, de las frecuencias de errores o fallos es lo mínimo que se puede esperar en una organización bien dirigida que ha asumido la existencia de los fallos inevitables de la naturaleza humana. Si no dirigen bien la planta, si la gente no está entrenada, si no hay instrucciones, si a nadie le importa ni controla, entonces las Frecuencias de error serán altas y el Análisis de Riesgos será una pérdida de tiempo.

Además, como hemos indicado anteriormente, a pesar de todos los esfuerzos, parece claro que no vamos a prever hasta el último riesgo e incluso puede que alguno de los riesgos omitidos genere determinados accidentes.

5. UTILIZACION DE LAS TECNICAS DE ANALISIS DE RIESGOS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD, CONTROLAR LOS RIESGOS Y PERFECCIONAR LOS SISTEMAS PREVENTIVOS DE LAS INDUSTRIAS QUIMICAS Y AFINES.

En el Cuadro 2 "Aprovechamiento de los Métodos de A.R. para aumentar la Seguridad en las Industrias Químicas y Afines" se hace una descripción sinóptica del aprovechamiento que puede hacerse de cada uno de los tipos de A.R., normalmente utilizados en las I.Q.A., para la mejora de la Seguridad, el control de los riesgos y de los Sistemas Preventivos de sus instalaciones, y la utilidad de los distintos métodos de A.R.

5.1. LISTAS DE CHEQUEO (Check List).

Las Listas de Chequeo son, posiblemente, junto con los análisis del tipo ¿Qué ocurre si? (What if?) uno de los sistemas más implantados en las Industrias Químicas y Afines (IQA) para la realización de Análisis de Riesgos, al menos como una primera identificación de los riesgos más comunes y, también, suelen servir para asegurarse del cumplimiento de los Reglamentos oficiales y de los Códigos profesionales y oficiosos.

Al ser rápidos, simples y económicos, pueden estar al alcance de cualquier técnico, siempre que, eso sí, la preparación de las listas haya sido minuciosa, y todavía mejor, si en ella han participado los técnicos de diseño y/u operación de la planta. Otra condición es que deben estar permanentemente puestas al día.

Puede utilizarse en las fases de: a) Diseño, b) Construcción, c) Puesta en marcha, d) Operación y e) Parada. Aunque su utilización suele ser de tipo general, pueden muy bien servir para detectar instalaciones, o partes de ellas, que necesitan de un estudio más profundo de sus riesgos o la utilización de métodos más sofisticados.

Sistemas, aunque limitados en su campo de aplicación, UTILES, BARATOS, SENCILLOS Y RAPIDOS.

5.2. REVISION DE PROCESOS (¿Qué ocurre si? = What if?).

La Revisión de Procesos según el sistema ¿Qué ocurre si? estuvo dentro de las IQA muy en boga en los años 1960/70 Actualmente, aunque se sigue usando, está siendo desplazado por los sistemas FMEA/FMECA (Modos de Fallos y sus Efectos) y, sobre todo, por los métodos HAZOP (AFO) mucho más completos y eficaces.

No obstante, como son sistemas sencillos, lógicos y relativamente baratos, siguen siendo útiles. Sobre todo resultan muy recomendables para estudiar, desde el punto de vista de los riesgos, las modificaciones que se hayan podido efectuar en las instalaciones. A pesar de su simplicidad deben ser aplicados por personal experto en la instalación. Los expertos de Seguridad y otros técnicos de cualificación similar lo pueden aplicar, pero es conveniente que cuenten con el asesoramiento de los responsables de la instalación a revisar.

Identifican las posibles secuencias de sucesos. De ahí se pueden sustanciar los peligros y las consecuencias de los fallos, los riesgos, y la posible reducción de los mismos.

Sistema UTIL y BIEN PROBADO. No obstante, su uso presenta ciertas limitaciones.

5.3. ANÁLISIS CONSECUENCIALES.

Son sistemas todavía bastante novedosos y que han tenido mucha propaganda y difusión hasta fines de los años 80. Actualmente están en revisión, y sus resultados puestos en cuestión, ya que son modelos teóricos físico-matemáticos que exigen determinadas simplificaciones que, en ciertos casos, pueden hacerlos inaplicables, sobre todo, por su gran dependencia de las condiciones geográficas, orográficas y meteorológicas (topografía, climas y microclimas de las áreas donde estén ubicadas las instalaciones a analizar). Así, se ha dicho sobre ellos: ... "alto grado de incertidumbre" ... "muy pocas experiencias prácticas" ... "pocas validaciones experimentales" ... "demasiadas simplificaciones"....

Por ello, a los representantes de las IQA les suele gustar que los Análisis Consecuenciales (Programas: EFFECTS, WHAZAN, etc.) sean hechos con carácter interno, por o para las empresas, sólo entre especialistas, y no para sacar datos oficiales, comunicaciones a la opinión pública, etc.

No obstante, aunque sean unas técnicas todavía muy mejorables (están en permanente cambio y mejora), el uso de las mismas y de sus resultados puede ser muy útil para los Servicios de Seguridad, pues simulando accidentes, fugas, derrames, etc. pueden poner a prueba sus capacidades de planificación y previsión, poner al día sus Planes de Emergencia, estudiar áreas de evacuación y/o descontaminación, etc.

Desde la estricta aplicación interna de las empresas pueden ser convenientes, pues sus resultados, frecuentemente pesimistas, pueden representar "lo peor que podría pasar", lo cual, desde el punto de vista preventivo, nos parece bueno ya que ayudan a calcular "por exceso" lo que podría suceder.

Además, en nuestro país, en el Apartado 3 del Artículo 7^º (Contenido de la Declaración Obligatoria) del R.D. 886/88 se indica la necesidad de que en el "Estudio de Seguridad de la Instalación" se determine si pueden existir consecuencias para el exterior de las instalaciones, para lo cual es preciso hacer algún tipo de evaluación de los efectos que para el exterior pueden tener las sustancias o energías manejadas en las instalaciones lo que, normalmente, hace necesaria la utilización de algún tipo de "Análisis Consecuencial".

5.4. ANÁLISIS FUNCIONALES DE OPERABILIDAD (AFO-HAZOP).

Posiblemente, al menos para nuestro gusto, junto con el Análisis Histórico (Consulta de las Bases de Datos), es uno de los mejores, más prácticos, simples y eficaces sistemas de Análisis de Riesgos, siempre que se realice correctamente, sin apriorismos esterilizantes ni condicionantes previos, para lo que debe ser hecho "con tiempo" y por el equipo técnico adecuado.

Entre sus ventajas cabe destacar que el HAZOP (HAZard OPerability), al hacer un estudio sistemático e integral del proceso, no sólo se dedica a identificar riesgos, sino que, además, suele sacar a la luz los estrictos problemas de operabilidad de la planta, que pueden tener más que ver con las disfunciones técnicas y las ineficiencias económicas que con los riesgos.

En manos de los Servicios de Seguridad, de los Departamentos de Prevención, o de las Gerencias de Riesgo, el HAZOP suele ser un arma poderosa si es aplicada con mesura, prudencia, sentido de la medida y profesionalidad. Para que la creatividad de los equipos que realizan los HAZOPS sea máxima, sus reuniones deben gozar de libertad y espontaneidad (¡incluso para decir tonterías que, a veces, no lo son tanto!).

En resumen, un sistema, MUY UTIL Y CREATIVO.

Además, tiene la ventaja de que se puede aplicar tanto en las fases de diseño como en las de operación, y tanto en las plantas de proceso continuo como en las discontinuas (batch).

Por otra parte, en nuestro país, en el Apartado 3 del Artículo 7º (Contenido de la Declaración Obligatoria) del R.D. 886/88 se indica la necesidad de que el "Estudio de Seguridad de la Instalación" contemple el "Análisis Funcional de Operabilidad" cuando se haya determinado que pueden existir consecuencias para el exterior de las instalaciones. Es decir, que en dichos casos, se exige la preparación de un Análisis Funcional de Operabilidad (AFO) y, aunque pudieran existir otros métodos, el más práctico, difundido y prestigiado internacionalmente, es el HAZOP. En una palabra, por ahora (1990), en España, es el único método que resulta de aplicación obligatoria, en los casos citados, según el R.D. 886/88 aunque, también, parece que, al menos de una manera indirecta, se obliga a realizar algún tipo de Análisis Consecuencial (Ver Punto 5.3).

5.5 ANÁLISIS DEL ARBOL DE FALLOS (FTA: Fault Tree Analysis).

El FTA es, posiblemente, de los métodos mixtos de A.R., o sea, que puede tener la doble faceta de cuantitativos (identificadores de riesgos) y cuantitativos (evaluadores de riesgos), el más conocido y aplicado.

Las bases de su desarrollo fueron realizados en las décadas de los años 50 y 60 para las industrias nucleares, aeronáuticas y espaciales, extendiéndose después su empleo para la evaluación de los riesgos, a las industrias electrónica, química, petroquímica, etc.

Los sistemas de análisis FTA tienen 2 inconvenientes:

- 1') Su aplicación exige un alto grado de formación, experiencia en las instalaciones a analizar y, al mismo tiempo, en el método FTA, y
- 2') Suelen ser sistemas caros, no sólo por las herramientas a usar (ordenadores y programas) sino por el tiempo que hay que emplear.

Por otro lado, cuando los FTA se utilizan con carácter cuantitativo, aunque nadie discute su utilidad como instrumentos de análisis, su fiabilidad parece estar en entredicho por las IQA, pues, aquí, las frecuencias de fallos y el grado de fiabilidad de los sistemas requieren de unos datos precisos de los que muchas veces no se dispone, o se disponen procedentes de industrias y equipos distintos a los puramente químicos o petroquímicos. Así, aunque la herramienta y los cálculos, frecuentemente realizados por ordenador, sean aceptables e, incluso, buenos, la incertidumbre de los datos de partida aconseja que sus resultados cuantitativos se acojan con prudencia.

En relación con los FTA cuantitativos debemos decir que gozan de un gran prestigio entre las IQA y deberían ser conocidos y divulgados por los distintos técnicos implicados para su utilización y para ser incorporados a los sistemas preventivos de las instalaciones, al menos las consideradas como críticas, problemáticas o más peligrosas.

5.6. ANALISIS DEL ARBOL DE SUCESOS (ETA: Event Tree Analysis).

En un método parecido al anterior en su estructura pero que parte de una base distinta. El FTA es un método deductivo puesto que a partir de un "Suceso Superior" va deduciendo e identificando las combinaciones de fallos humanos y de los equipos que pudieran desencadenar aquel "Suceso Superior" (Accidente importante).

El método ETA (Event Tree Analysis) es un método inductivo en el sentido de que funciona suponiendo que previamente sucede un determinado "Suceso Iniciador" y, a partir de ahí, va induciendo las secuencias de sucesos que describen los accidentes potenciales, teniendo en cuenta que algunos de los sucesos previstos llevarán a situaciones de no riesgo y que otros sucesos, y sus combinaciones, derivadas del mismo "Suceso Iniciador" pueden llevar a situaciones de riesgo, y todo ello con la doble suposición de que los sistemas de seguridad previstos en el proceso están bien diseñados y que no fallan.

Hasta ahora no parece ser un método muy difundido en nuestro país (a diferencia del FTA) aunque, para el estudio de las apropiadas medidas de seguridad a tomar ante las hipótesis de que sucedan determinados "Sucesos Iniciadores" importantes, resulta muy recomendable.

Es un método caro (tiempo) y que exige una alta cualificación de quienes lo aplican.

Método UTIL, sobre todo en ciertos casos, pero con las limitaciones apuntadas.

5.7. ANALISIS DE EFECTOS Y MODOS DE FALLO (FMEA).

Es un método que tuvo mucha importancia y aplicación en las décadas de los años 60 y 70 en los países industrializados. En España se aplicó fundamentalmente en la industria nuclear y aeronáutica, y aunque se sigue empleando en determinadas ocasiones, en cierta medida, ha sido sustituido por el más práctico, simple y eficaz sistema HAZOP.

El FMEA (Failure Modes and Effect Analysis), si se aplica en las etapas de diseño, permite ayudar a escoger aquellas protecciones adicionales que son fácilmente incorporables en dichas etapas.

Con sus resultados de tipo cualitativo, las listas de "Modos de Fallos y sus Efectos", se pueden estimar los casos más desfavorables, o críticos, producidos como consecuencia de ciertos "fallos simples".

Son sistemas que tienen 2 limitaciones: 1ª) No suelen estudiar los errores humanos, que en los últimos años se ha demostrado ser origen de graves accidentes (Alfaques, Bhopal, Three Mile Island, Chernobil, etc.) 2ª) Son sistemas caros (tiempo), difíciles de llevar a la práctica, aplicables únicamente por especialistas.

Es un sistema no muy utilizado en la actualidad (al menos en España). Por su complejidad, en la práctica, no parece ser muy utilizado, salvo en casos muy específicos y particulares, en las I.Q.A.

5.8. INDICES DE INCENDIO Y EXPLOSION DOW/MOND.

El Índice DOW y el posteriormente desarrollado Índice MOND, creados por las compañías DOW CHEMICAL (USA) E IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES (G.B.) son dos técnicas de A.R. que, en determinados casos y para ciertas utilizaciones, resultan muy útiles.

Fundamentalmente se refieren a los riesgos de fuego y explosión. Los otros riesgos químicos (corrosividad, toxicidad, etc.) o no son incluidos, o son sólo considerados como, riesgos coadyuvantes, o posibles agravantes, en los casos de incendio y explosión.

Por ello se aplican sobre todo en las industrias petroquímicas, petroleras y de gases inflamables.

Son métodos semicuantitativos en el sentido de que dan los "Grados de exposición al riesgo", de carácter relativo según unas gamas o escalas pero no dan los valores absolutos del riesgo. También permiten cuantificar los riesgos por evaluación de las consecuencias, incluso económicas y en tiempos de parada.

Son relativamente fáciles de utilizar, entre otros, por los Servicios de Seguridad de las empresas, pero suele ser necesaria una preparación teórico-práctica importante, a desarrollar por alguna persona entendida, empresa especializada ajena o consultor externo.

No son sistemas excesivamente costosos. Sus listas ordenadas por "Grados de riesgo" de las distintas plantas o unidades, permiten establecer graduaciones y urgencias en el desarrollo de las medidas a tomar.

Por ejemplo, a continuación se dan las "gamas" del Índice de Incendio y Explosión MOND.

Categorías de Catalogación del Riesgo Global

Factor de Riesgo global	Categoría de Riesgo global
0 - 20	Ligero
20 - 100	Bajo
100 - 500	Moderado
500 - 1.100	Alto (grupo 1)
1.100 - 2.500	Alto (grupo 2)
2.500 - 12.500	Muy Alto
12.500 - 65.000	Extremo
> 65.000	Muy Extremo

Similarmente se podría reproducir, con otros números y denominaciones, las "gamas" del Índice DOW de Incendio y Explosión.

Sistemas, pues, MUY UTILES, pero, como se ha dicho, sobre todo, para las industrias petroquímicas, petroleras y de gases inflamables.

5.9. ANÁLISIS HISTÓRICO (Identificación de suceso por Bases de Datos).

Es un sistema que aunque resulte aproximativo (puesto que no se conocen todos los accidentes y fallos, y, menos todavía, todas sus circunstancias) y muy poco cuantificable (sólo los % de los accidentes y las frecuencias de los fallos) resulta extraordinariamente útil para la identificación de posibles accidentes en instalaciones similares a las que los produjeron, o con los mismos productos o energías que los originaron, y para detectar fallos en los equipos o en sus componentes.

Para nuestro gusto, el Análisis Histórico de accidentes es una fuente riquísima de información que nos indica lo "que realmente ha pasado" y no lo que debería o podría pasar si..."

Sobre el Análisis Consecuencial tiene la gran ventaja de representar las verdaderas consecuencias y no las que indican los métodos físico-matemáticos, teóricos, que son elucubraciones abstractas producto, muchas veces, de hacer demasiadas simplificaciones.

Como contrapartida, las Bases de Datos han de gozar de 2 premisas:

- a) que sus datos de partida sean fiables y
- b) que el número de sucesos recogidos sea suficientemente grande.

Nosotros, además de las extranjeras, fundamentalmente WOAD (Noruega), Haris (Gran Bretaña), SONATA (Italia) y FACTS (Holanda), las Bases de Datos que más conocemos y aplicamos son las elaboradas con datos españoles e internacionales por SEGUCONSULT. Concretamente:

- 1) La Base de Datos "HERMES" (Accidentes e Incidentes en el Tte. de M.P. por carretera). Recoge los datos de unos 2.000 sucesos ocurridos en las carreteras españolas durante 12 años (1979-1991).
- 2) La Base de Datos "EOLO" sobre Accidentes e Incidentes en la Fabricación, Utilización, Transporte y Almacenamiento de Cloro y Derivados. Recoge unos 800 accidentes/incidentes sucedidos en España y en el mundo (principalmente EUROPA y USA) desde 1900 a 1989.
- 3) La Base de Datos "VULCANO" sobre Accidentes e Incidentes en la Fabricación, Utilización, Transporte y Almacenamiento de productos químicos. Recoge unos 6.000 accidentes/incidentes sucedidos en España y en el mundo (principalmente EUROPA y USA) durante el presente siglo y fundamentalmente, en las últimas décadas.

Madrid.
Junio 1992.

José L. Mañas Lahoz.
Dr. Ingeniero Industrial.

CARACTERISTICAS TIPOS DE A.R.	OBJETO DEL ANALISIS	TECNICAS USADAS	UTILIZACION DE LOS ANALISIS DE RIESGOS PARA MEJORAR LOS SISTEMAS PREVENTIVOS DE LAS I.Q.A.
LISTAS DE CHEQUEO (Check-Lists)	Comparación de materiales y equipos con los datos y códigos establecidos por la experiencia.	Identificación de riesgos.	Sirven como una primera identificación de los riesgos más comunes. Además, a los Servicios de Seguridad les pueden ayudar para asegurarse del cumplimiento de los Reglamentos Oficiales y de los Códigos Profesionales (Diseño, Mantenimiento, Operabilidad, etc) y de la Normativa de la Empresa (Normas, PO, Reglamentos internos, etc). Además, pueden servir para detectar partes de las instalaciones que necesiten A.R. más profundos.
REVISION DE PROCESOS ¿QUE OCURRE SI ...? (What if?)	Identificar posibles secuencias de accidentes para sustanciar consecuencias de los fallos, riesgos y posible reducción de los mismos.	Identificación de riesgos.	Pueden ser útiles para estudiar, desde el punto de vista de los riesgos, las modificaciones que se hayan podido efectuar en las instalaciones. Al identificar las posibles secuencias de los procesos, permiten sustanciar las consecuencias de los fallos y los riesgos, y su posible reducción.
ANALISIS CONSECUCIONAL (Cálculo de efectos)	Determinación de las posibles consecuencias (efectos) por fugas, derrames, etc., de materias o energías peligrosas.	Evaluación de consecuencias.	Pueden ayudar a que los Servicios de Seguridad pongan a prueba sus capacidades de planificación y previsión, actualicen sus Planes de Emergencia, estudien áreas de evacuación y/o descontaminación, etc. Además, ayudan a calcular "por exceso" lo que podría suceder, lo cual, desde el punto de vista preventivo, y para una estricta aplicación interna de las empresas, puede ser muy conveniente.
HAZOP (AFO) (Análisis Funcionales de Operabilidad)	Examen crítico y sistemático para evaluar el riesgo potencial de fallos en la operación o funcionamiento defectuoso de los equipos.	-Identificación de riesgos. -Predictivo.	Permiten sacar a la luz, además de los riesgos, los estrictos problemas de operabilidad de la planta, a menudo, muy relacionados con las disfunciones técnicas y las ineficiencias económicas. Pueden ser muy valiosos para los Servicios de Seguridad, Departamentos de Prevención y Gerencias de Riesgos.
FTA: ANALISIS DEL ARBOL DE FALLOS	Estudio de los acontecimientos que conducen a situaciones de riesgo por fallos de los componentes.	-Identificación y Evaluación de Riesgos. -Deductivo.	Sirven para deducir las combinaciones de fallos humanos y de equipos que pudieran desencadenar un determinado "Suceso Superior" (Accidente importante). Pueden ayudar tanto a la identificación de riesgos (cualitativos) como a la evaluación cuantitativa.
ETA: ANALISIS DEL ARBOL DE SUCESOS	Estudio de accidentes que puedan ser provocados por el fallo de un determinado equipo u operación.	-Identificación y Evaluación de riesgos. -Inductivo.	Ayudan en el proceso de inducción de las secuencias de los sucesos que describen los accidentes potenciales (a partir de la suposición de que ocurriese un determinado "suceso iniciador"). Permiten estudiar las "secuencias de Sucesos" y tomar las adecuadas medidas de seguridad.
FMEA/FMECA: ANALISIS DE EFECTOS Y MODOS DE FALLO	Identificación de los diferentes Modos de Fallo de los Equipos o Instalaciones, y sus posibles Consecuencias.	-Identificación de Riesgos. -Inductivo.	Con sus resultados de tipo cualitativo resultan adecuados para estimar los casos más desfavorables, o críticos, producidos como consecuencia de ciertos "fallos simples" de los equipos o instalaciones.
INDICES DOM / MOND	Evaluación cuali-cuantitativa de los daños de acontecimientos peligrosos en plantas con M.P.	Evaluación de áreas afectadas y daños.	Sirven para cuantificar, en grados relativos, los riesgos mediante la evaluación de sus consecuencias, tanto económicas como en tiempos de parada. Al ordenar, por "grados de riesgo" las distintas plantas o unidades, permiten establecer prioridades y urgencias en las medidas a tomar.
ANALISIS HISTORICO (Identificación de Sucesos) (BASES DE DATOS)	Identificación de accidentes (sucesos) y de fallos (los de componentes).	Análisis histórico de sucesos.	Permiten ayudar a conocer lo que "realmente ha pasado" no lo que debería o podría pasar. Nos informan, por tanto, de las verdaderas consecuencias y de los verdaderos fallos, sin las simplificaciones que a veces llevan consigo los métodos físico-matemáticos (teóricos).

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS USUALES DE ANÁLISIS DE RIESGOS EN LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS Y AFINES

Cuadro 1

TIPOS DE A.R.	CARACTERÍSTICAS	OBJETO DEL ANALISIS	TEC. USADAS	CUANTIFICACION	VENTAJAS DEL METODO	SISTEMAS PREVENTIVOS DE LAS I.Q.A.
LISTAS DE CHEQUEO (Check-Lists)		Comparación de materiales y equipos con los datos y códigos establecidos por la experiencia.	Identificación de riesgos.	NO	Método simple, rápido y muy económico. Lo puede utilizar cualquier técnico.	-La utilidad de las listas de chequeo está limitada por la experiencia de quienes la preparan. Deben ser continuamente puestas al día. -A veces se omiten en ellos asuntos importantes.
REVISION DE PROCESOS ¿QUE OCURRE SI ...? (What if?)		Identificar posibles secuencias de accidentes para sustanciar consecuencias de los fallos, riesgos y posible reducción de los mismos.	Identificación de riesgos.	NO	Es un método muy usado. Puede utilizarse en cualquier momento: diseño, funcionamiento y sobre todo recomendable para modificaciones.	-El personal que lo aplica debe ser muy experto. -Si no se tiene experiencia en su aplicación puede resultar costoso.
ANALISIS CONSECUCIONAL (Cálculo de efectos)		Determinación de las posibles consecuencias (efectos) por fugas, derrames, etc., de materias o energías peligrosas.	Evaluación de consecuencias.	SI	-Permite el uso de la informática. -Es de aplicación rápida. -Suele calcular "lo peor que podría pasar" (Bueno desde el punto de vista de la Seg.) -Método muy práctico.	-Son modelos teóricos que exigen hacer simplificaciones que, a veces, no se dan en la práctica. -Los modelos están en desarrollo y necesitan su verificación. Son sistemas aproximativos. -Sus resultados están en discusión.
HAZOP (AFO) (Análisis Funcionales de Operabilidad)		Examen crítico y sistemático para evaluar el riesgo potencial de fallos en la operación o funcionamiento defectuoso de los equipos.	-Identificación de riesgos. -Predictivo.	NO	-Resulta creativo y "muy abierto". -Permite ser utilizado en plantas nuevas y en instalaciones ya existentes.	-Es un método relativamente costoso (en tiempo). -Exige, como requisito previo, que los sistemas de protección se revisen con regularidad y que se reparan con prontitud. -Método de aplicación obligatoria expresamente citado en el R.D. 886/88.
FTA: ANALISIS DEL ARBOL DE FALLOS		Estudio de los acontecimientos que conducen a situaciones de riesgo por fallos de los componentes.	-Identificación y evaluación de Riesgos. -Deductivo.	Posible	-Muy adecuado para estudiar los efectos perniciosos de los errores humanos. -Permite ser usado cualitativa y cuantitativamente. -Permite la aplicación de ordenadores.	Debe ser utilizado por personas con experiencia, instrucción y mente deductiva. Requiere esfuerzos y tiempo para lograr análisis profundos. La fiabilidad de los datos de partida de los fallos de los componentes, en la IQA, están en discusión.
ETA: ANALISIS DEL ARBOL DE SUCESOS		Estudio de accidentes que puedan ser provocados por el fallo de un determinado equipo u operación.	-Identificación y Evaluación de riesgos. -Inductivo.	Posible (difícil)	-Personal de cualificación similar al del FTA. -Permite evaluar los distintos acc. que se pueden provocar tras un determinado fallo.	Resulta, como el FTA, caro de aplicación.
FMEA/FMECA: ANALISIS DE EFECTOS Y MODOS DE FALLO		Identificación de los diferentes Modos de Fallo de los Equipos o Instalaciones, y sus posibles consecuencias.	-Identificación de Riesgos. -Inductivo.	NO	En la etapa de diseño permite identificar protecciones adicionales fácilmente incorporables.	-No suele examinar los errores humanos. -Son sistemas costosos (en tiempo) y exigen ser hechos por especialistas que conozcan: a) el FMEA y b) que estén familiarizados con el funcionamiento de los sistemas que se analizan.
INDICES DOW / MOND		Evaluación cualitativa de los daños de acontecimientos peligrosos en plantas con M.P.	Evaluación de áreas afectadas y daños.	Grados de exposición (relativos al riesgo).	-Permiten una estimación de consecuencias en términos económicos y en tiempos de parada. -Identifican áreas críticas y medidas de protección.	-Exige personal preparado. -Método de un relativo costo. -Básicamente estudia el fuego y las explosiones, pero no la toxicidad, corrosividad, etc.
ANALISIS HISTORICO (Identificación de Sucesos) (BASES DE DATOS)		Identificación de accidentes (sucesos) y de fallos de componentes.	Análisis histórico de sucesos.	Solo en % de sucesos y fallos.	-Representan "lo que ha pasado" y no elucubraciones teóricas. Son pues, muy prácticos. -Permiten añadir los accidentes/incidentes de la instalación a estudiar a los de las Bases de Datos existentes. -Permiten un análisis histórico-estadístico.	-Necesita: a) Que los datos de partida sean fiables. b) Que el número de accidentes/incidentes sea lo suficientemente grande. -Su recogida y codificación es costosa.