



ANÁLISIS DE RIESGO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES

Por: Antonio Collazos
Subdirección para el Conocimiento del Riesgo

En los últimos tiempos el desarrollo tecnológico a nivel mundial ha llevado a una mejora en la calidad de vida, sin embargo, esto ha generado un crecimiento de las instalaciones industriales, las cuales llevan consigo la aparición de nuevos riesgos, que pueden ocasionar accidentes graves que podrían tener afectación en la población, el ambiente y la infraestructura. Esto hace que se deban llevar a cabo esfuerzos para reducir y mitigar estos riesgos con el fin de que estén a un nivel tolerable para poder tener un desarrollo sostenible en todos los aspectos. Por lo anterior debemos ser capaces de gestionar los riesgos haciendo una correcta identificación, caracterización, análisis y evaluación de los riesgos asociados a los procesos productivos.

En las últimas décadas se han presentado accidentes que han tenido graves consecuencias, claro está que esto es debido a que antes no se contaba con las herramientas, estudios, análisis, evaluaciones e investigaciones a los accidentes como ahora y al incremento de instalaciones industriales y manejo de sustancias peligrosas.

Como se puede observar en las tablas 1 y 2, entre los accidentes más comunes en las industrias a nivel mundial se encuentra la dispersión o fuga (escape) de sustancias tóxicas y la mayoría de los accidentes ocurren en instalaciones fijas o durante el transporte de dichas sustancias. Además, suelen ocurrir cerca de zonas pobladas.



	<i>Núm. de accidentes</i>	<i>% del total</i>
Accidentes de tipo conocido	5.921	96,0
Accidentes de tipo desconocido	247	4,0
	<i>Núm. de accidentes</i>	<i>% de tipo conocido</i>
Escape	3.022	51,0
Incendio	2.603	44,0
Explosión	2.133	36,0
Nube de gas	719	12,1

Tabla1. Tipos de Accidentes - Casal,J., Montiel H., Planas E., Vílchez J.A. Análisis del riesgo en instalaciones industriales. Ediciones UPC., Barcelona, 1999.

Distribución de los accidentes		
Origen	Nº casos	%
Transporte	2341	39.0
Planta proceso	1469	24.5
Almacenamiento	1044	17.5
Carga/descarga	494	8.3
Domestico/comercial	348	5.8
Otros	296	4.9
Total:	5992	100

Tabla 2. Distribución de los accidentes en el mundo - Casal,J., Montiel H., Planas E., Vílchez J.A. Análisis del riesgo en instalaciones industriales. Ediciones UPC., Barcelona, 1999.



A continuación, se describen ejemplos de accidentes graves representativos los cuales nos dan una dimensión del tema que estamos tratando.

- Tocoa (Venezuela), en 1982, se originó un incendio en la planta de generación eléctrica “Ricardo Zuloaga”, más de 150 muertos entre bomberos, personal de rescate, periodistas, personal de la misma empresa eléctrica, personal de seguridad y algunos habitantes que se encontraban en el lugar. Se produjo un boilover (acumulación de vapores calientes). Se liberó una gran cantidad de calor que con solo la radiación quema todo lo que está alrededor. El combustible se inflama, cubre las zonas cercanas y va avanzando quemando todo lo que encuentra a su paso. Ver figura 1.



Fig. 1. Foto tragedia Tocoa <https://bit.ly/3GhmCoA>



- Bhopal (India), en 1984, el desastre de Bhopal se originó en una fábrica de plaguicidas propiedad de la compañía estadounidense Union Carbide y del gobierno de la India, generó más de 5.200 fatalidades y aún se evidencian consecuencias en la población. Se produjo una fuga al aire libre de isocianato de metilo por una chimenea. La cadena de eventos generó que la nube tóxica se dispersara por la densamente poblada ciudad de Bhopal, que no estaba preparada para atender un evento de esta magnitud. Ver figura 2.

La tragedia de Bhopal, 1984

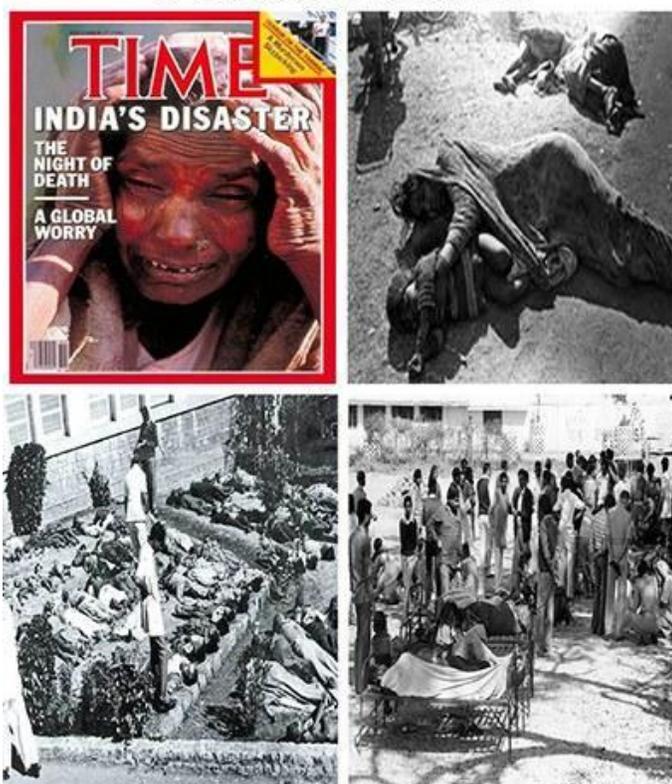
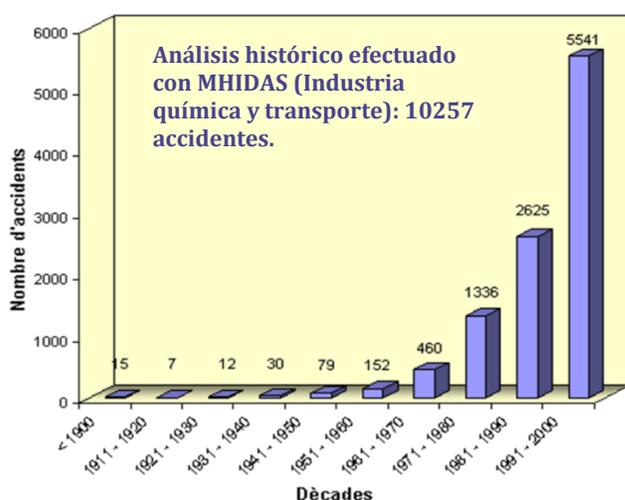


Fig. 2 Desastre Bhopal <https://bit.ly/3ncMCdi>



En la siguiente grafica se puede observar un incremento progresivo de los accidentes graves, esto debido al aumento de la actividad industrial en muchos países del mundo y al incremento de transporte de sustancias peligrosas.



ORIGEN	
Transporte	40%
Plantas de Proceso	25%
Almacenamiento	18%
Otros	17%

Figura 3. Distribución de los accidentes graves ocurridos en el siglo XX. Fuente: base europea de datos de accidentes MHIDAS.

Desde el punto de vista de las actividades industriales, se pueden clasificar los riesgos en tres categorías:

- **Riesgos convencionales:** están relacionados con la actividad y el equipo existentes en cualquier sector (electrocución, caídas).
- **Riesgos específicos:** estos riesgos están asociados al uso de productos o a su manipulación, que debido a su naturaleza pueden ocasionar daños (productos tóxicos, radioactivos).



- **Riesgos mayores:** relacionados con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar graves debido a la expulsión repentina de productos peligrosos o de energía que pueden afectar áreas considerables (escape de gases, un incendio o explosión de gran magnitud).

De estos tipos de riesgo, los dos primeros corresponden a un manejo de la seguridad e higiene en el trabajo y son generalmente fáciles de prever. Por el contrario, los riesgos mayores en caso de materializarse son de enorme gravedad y terribles consecuencias, porque pueden trascender el perímetro de la instalación industrial. Un accidente mayor puede constituir un escenario de desastre, siempre y cuando cumpla con la generación de una afectación intensa, grave y extendida sobre las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad como se puede ver en el Decreto 1347 del 26 de octubre de 2021.

Por todo lo anterior, luego de revisar y analizar toda la información de este tipo nos pone de manifiesto la necesidad de fortalecer y gestionar el riesgo tecnológico en instalaciones industriales, esto ha hecho que organizaciones internacionales hayan encaminado esfuerzos con el fin de fortalecer la gestión de este tipo de riesgos. Por ejemplo, la Directriz Seveso (Directiva 82/501/CEE), la cual trata sobre la prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales. En Colombia específicamente se cuenta con el Decreto 1347 de 2021, por el cual se adiciona el Capítulo 12 al Título 4 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, para adoptar el Programa de Prevención de Accidentes Mayores – PPAM y el Decreto 2157 de 2017 Plan de Gestión de Riesgos de desastres de las entidades públicas y privadas-PGRDEPP.

Para introducirnos en el proceso del análisis de riesgo en instalaciones industriales debemos abarcar varias temáticas y seguir una serie de pasos que nos permitirán hacer un adecuado análisis para tener una valoración del riesgo que nos permita tener información importante para la toma de decisiones.



El Riesgo

Existen varias definiciones del riesgo tanto de manera cualitativa como cuantitativa así:

Definiciones cualitativas

1. Situación que puede conducir a una consecuencia negativa no deseada.
2. Probabilidad de que suceda un determinado peligro potencial.
3. Consecuencias no deseadas de una actividad dada, en relación con la probabilidad de que ocurra.

Definición cuantitativa

- Riesgo= frecuencia x magnitud de consecuencias.
- Las unidades del riesgo son muertos/año, \$/año.
- La magnitud de consecuencias se puede expresar de varias formas, como letalidad, pérdidas económicas área afectada, etc.

Tipos de Riesgo

Riesgo Individual

Probabilidad de que una persona sufra unas consecuencias determinadas como resultado de su exposición, en un lugar determinado, a uno o varios peligros.

Riesgo social

Probabilidad por año de que un grupo de personas sea víctima de un determinado accidente al mismo tiempo.

Riesgo social = riesgo individual * densidad de población

Tolerabilidad del riesgo

El control del riesgo y su mantenimiento dentro de unos límites tolerables debe ser un objetivo tanto de la industria como del gobierno civil. Sin embargo, es difícil establecer unos valores de tolerabilidad.



Análisis de Riesgos

Entenderemos por análisis de riesgo el proceso que:

- Establece el sistema, proceso o activo a ser analizado y el contexto en el cual opera.
- Identifica las fuentes de peligro.
- Selecciona los escenarios posibles.
- Determina la probabilidad de ocurrencia y estima sus consecuencias, con el ánimo de calificar el riesgo mediante rangos o valores cualitativos o cuantitativos (Figura 4).

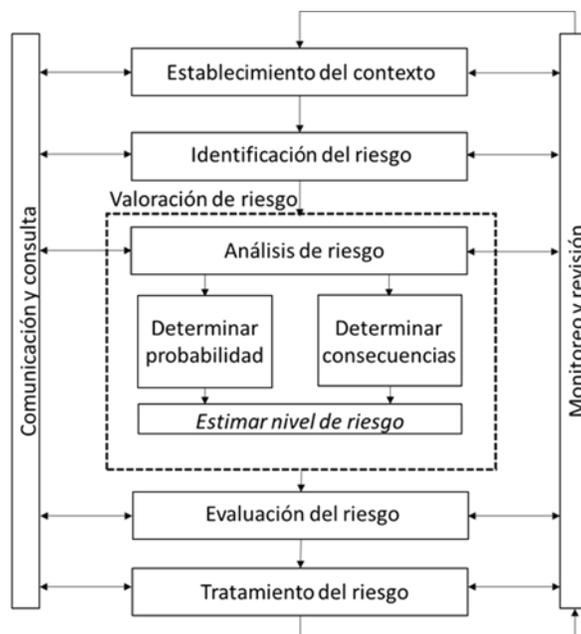


Figura 4. Procesos para la gestión del riesgo ISO 31000: 2009.

En la evaluación de los diversos riesgos asociados a una instalación industrial se debe hacer: Identificación de los accidentes, Frecuencia/probabilidad, Modelización de los accidentes (efectos), Vulnerabilidad (consecuencias).



Esquema del Análisis de Riesgo

- **Identificación de sucesos**

Identificación y caracterización de las sustancias: Propiedades físicas, Propiedades químicas, Toxicidad, Inflamabilidad y Explosividad.

- **Identificación de los posibles iniciadores**

Análisis históricos: está orientado a la obtención de información sobre accidentes ocurridos en el pasado y permite los puntos débiles del sistema, complementa el análisis sistemático y provee datos en los que el trabajo experimental es prácticamente imposible a escala real. Da información para detectar medidas técnicas y organizativas para disminuir la probabilidad de accidente, medidas de protección y para elaborar planes de emergencia.

Causas origen: rotura de manguera, derrame por rebosamiento, congelación de válvulas abiertas, rotura de conexiones de pequeño diámetro, impacto vehículos en maniobra, mantenimiento defectuoso, causas naturales, etc.

Fuentes de ignición: automóviles, motores e instalaciones eléctricas, llamas libres (hornos, etc.) **HAZOP (Hazard and Operability Analysis):** es el estudio de las desviaciones mediante las palabras guía (no, más, menos, otro, parte de, etc.) a los parámetros del sistema (caudal, presión, temperatura, nivel, etc.) que conduce a la identificación de las posibles causas y consecuencias.

El Hazop nos permite la Identificación rigurosa y sistemática de peligros, Análisis de problemas de operacionales para definir las acciones correctivas para reducir los riesgos o mitigar las consecuencias del problema operativo.



Árboles de fallo: Permiten la identificación de los sucesos y las cadenas de sucesos que pueden conducir a un incidente no deseado.

- **Cuantificación de efectos**

Los fenómenos peligrosos relacionados con los accidentes graves pueden ser de diferentes tipos:

De tipo térmico: radiación térmica, un escenario accidente de este tipo son los incendios. Entre los accidentes que pueden ocurrir en una industria, el incendio es el que suele tener un radio de acción más corto. Sin embargo, puede generar grandes consecuencias, ya que puede afectar a otros equipos y generar nuevos accidentes.

De tipo mecánico: ondas de presión y proyección de fragmentos. Los escenarios accidentales de tipo mecánico pueden ser: Explosión de una nube de vapor inflamable no confinada, Explosión de vapor confinado, Estallido de contenedor a presión, Blevé.

De tipo químico: emisión a la atmósfera o vertido incontrolado de sustancias tóxicas o muy tóxicas. Los escenarios accidentales asociados a la concentración de una sustancia emitida al ambiente pueden ser: Dardo gaseoso (turbulent free jet) donde la dispersión del producto depende de la velocidad y de la presión de salida, Dispersión atmosférica donde la nube, en función de las condiciones meteorológicas, se extiende y se desplaza mientras se va diluyendo.

Todos los fenómenos anteriormente mencionados pueden generar impactos sobre los seres humanos, sobre la naturaleza e impactos económicos para las empresas.



- **Determinación de las frecuencias de accidente**

- Valores estándares directos, las fuentes de información pueden ser: Bases de datos (Ejemplo: OREDA), Bibliografía: (Rijnmond Report, Canvey Report, entre otras), Guías (Process Equipment Reliability Data (CCPS – AIChE), Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CCPS – AIChE), CPR 18E “Purple Book”).
- **Árboles de fallas:** es una técnica deductiva para el analizar una falla o evento indeseado, que proporciona un método para determinar las causas del evento y cómo se relacionan las causas con el evento final. A través del análisis cuantitativo de los árboles de falla podemos estimar la frecuencia con que probablemente se producirá el accidente se materializa.

- **Evolución de los sucesos iniciadores hasta los accidentes finales:**

- **Árboles de sucesos:** es un método inductivo que describe como evolución un suceso iniciador con base en la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas involucradas; el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

- **Modelos de vulnerabilidad**

- **Evaluación de consecuencias:** establecen una relación entre la magnitud del impacto (sobrepresión, radiación, dosis tóxica) y el daño ocasionado.
- **Modelos de vulnerabilidad:** Los modelos de vulnerabilidad, por su parte, se utilizan para estimar los daños humanos debidos a la exposición a los efectos físicos



estudiados. Debido a que las normativas se basan en las probabilidades de muerte, por lo tanto, los efectos letales son los más relevantes.

Los modelos de vulnerabilidad nos permiten relacionar efectos y consecuencias, cuando estos incidan en las personas, los bienes y el entorno. Luego de llevar a cabo el proceso de análisis de riesgos con los pasos anteriores llegamos a un valor para el riesgo de un accidente determinado. Si dicho valor es demasiado alto se debe modificar el proyecto, la instalación o el método de trabajo hasta conseguir que el riesgo quede en un rango que se considere tolerable.

El análisis de riesgo en las instalaciones industriales es recomendado usarlo porque con esta metodología se logra disminuir el número y la magnitud de los accidentes que al final repercute en un aumento de la productividad por menos tiempo de paradas y disponibilidad de las instalaciones.



BIBLIOGRAFÍA

- BEVI (Bevi Risk Assessments, versión 3.2). National Institute of Public Health and Environment (RIVM). Bilthoven, Holanda, 2009.
- Casal, J. Evaluation of the effects of and consequences of major accidents in industrial plants. Elsevier. Amsterdam, 2008.
- Casal, J., Montiel H., Planas E., Vílchez J.A. Análisis del riesgo en instalaciones industriales. Ediciones UPC., Barcelona, 1999.
- http://simudatsalud-risaralda.co/normatividad_inv9/normas_tecnicas/NTC-ISO31000_Gestion_del_riesgo.pdf. Procesos para la gestión del riesgo ISO 31000: 2009.