



# BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS

Año 2 N° 10, Febrero, 2006

Responsable: Ing. Jorge Eduardo Loayza Pérez - Estudio de Investigación:  
Gestión Integral de Residuos Peligrosos. FQIQ. UNMSM. Lima. Perú

## PRESENTACIÓN

El *Boletín Informativo sobre Productos y Residuos Químicos* se publica periódicamente para dar a los lectores una visión integral y actualizada de las actividades que se realizan para promover un manejo ecológicamente racional de los productos y residuos químicos, con la finalidad de proteger la salud y el ambiente.

## GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

La concepción del ciclo de vida de productos y residuos es la base para el desarrollo de un modelo conceptual que permita abordar en forma sostenible y eficaz la gestión integral de residuos. El análisis del ciclo de vida de los productos y residuos contempla todas las etapas, desde la extracción de los recursos naturales para la obtención de las materias primas hasta el descarte del producto cuando ya no sirve para el fin o dejó de satisfacer las necesidades del propietario (usuario). En la Figura N° 1 se considera la generación de residuos peligrosos.

### RESIDUOS POR ETAPAS DEL CICLO DE VIDA

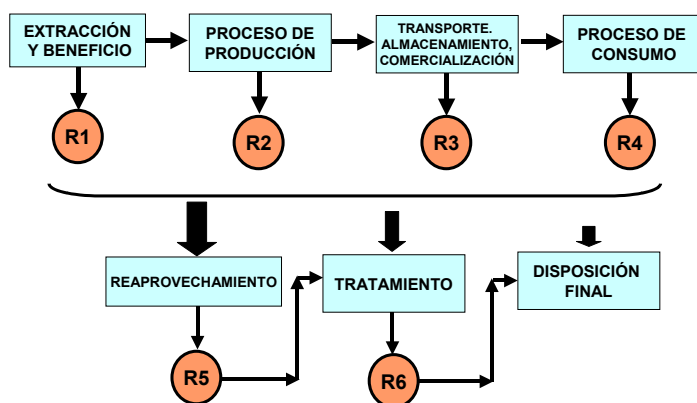
- Extracción y beneficio de las materias primas (**R1**: relaves mineros, insumos descartados, etc.).
- Proceso de producción (**R2**: envases vacíos, residuos del tratamiento de emisiones, etc.).
- Transporte, almacenamiento y comercialización (**R3**: productos siniestrados, productos vencidos, residuos generados en accidentes, etc.).
- Proceso de consumo (**R4**: envases, productos descartados luego de su utilización, etc.).
- Reaprovechamiento (**R5**: Residuos derivados de la recuperación o reciclado)
- Tratamiento (**R6**: Residuos derivados del tratamiento para disposición final: precipitados).

**Fuente:** Martínez Javier y colaboradores. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos. Tomo I. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina. Montevideo, Uruguay. Setiembre. 2005.



Recolección selectiva  
Universidad de Alicante  
www.ua.es

Figura N° 1 GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO



Los residuos peligrosos pueden estar constituidos por uno o varios componentes con distintos grados de peligrosidad. Por tal motivo, es muy importante caracterizar el residuo, clasificándolo como corrosivo reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico-infeccioso, para luego seleccionar la mejor opción de gestión.

### RESIDUOS PELIGROSOS SEGÚN LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (EPA)

En el RCA (Resource Conservation and Recovery Act, o Ley de Recuperación y Conservación de Recursos) – 40 CFR, parte 261 – se definen a los “residuos peligrosos” como los residuos sólidos o combinación de residuos sólidos, que a causa de su cantidad, concentración, o características físicas, químicas o infecciosas pueden:

- Causar o contribuir significativamente a un incremento de la mortalidad o un incremento de enfermedades irreversibles y serias o reversibles e incapacitantes.
- Representar un peligro sustancial actual o potencial para la salud humana o el ambiente, cuando son tratados, almacenados, transportados o dispuestos en forma inapropiada.

(En el próximo número: Clasificación. Residuos corrosivos. Métodos de tratamiento).

## HERRAMIENTAS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL

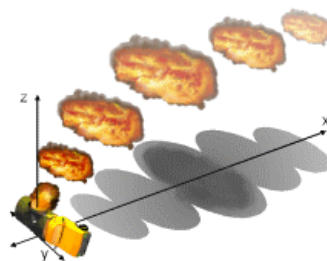
Una parte de la información contenida en el estudio de riesgo ambiental es la evaluación de riesgos o de consecuencias; en la cual, para los riesgos identificados y jerarquizados a través de alguna o algunas de las metodologías (AMFE, HAZOP, etc.) se determina las áreas de afectación a través de modelos matemáticos de simulación.

Los modelos que actualmente se utilizan para la evaluación de riesgos, son entre otros, los siguientes:

- PHAST
- TRACE
- SCRI
- ARCHIE
- SPILL
- ALOHA
- TSCREEN

### SCRI-MODELOS

El **SCRI-Modelos** es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.



Fuente: [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

[www.heuristicos.com](http://www.heuristicos.com)

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

### ¿CÓMO SE DEFINE EL RIESGO AMBIENTAL?

El riesgo ambiental es la probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades altamente riesgosas, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas. La evaluación de dicho riesgo comprende la determinación de los alcances de los accidentes y la intensidad de los efectos adversos en diferentes radios de afectación.

Por lo anterior, las instalaciones en operación que realicen actividades altamente riesgosas, están obligadas a sujetarse a la realización de un estudio de riesgo ambiental.



Fuente: [www.ecosorb.com.br](http://www.ecosorb.com.br)

### ¿QUÉ MÉTODOS SE EMPLEAN PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO?

Para la identificación y jerarquización de riesgos se puede recurrir a los siguientes métodos:

- Lista de verificación.
- ¿Qué pasa sí?
- Análisis de Modo, Falla y Efecto (AMFE)
- HAZOP
- Árbol de fallas
- Índice DOW
- Índice MOND

La selección de éstos depende del nivel de estudio de riesgo ambiental de acuerdo a la actividad en particular desarrollada.

### ¿QUE ELEMENTOS SE OBTIENEN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL?

Un estudio de riesgo ambiental debe permitir, entre otros, determinar:

- La probabilidad de que ocurran accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame que involucre materiales peligrosos;
- Los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes;
- La severidad de la afectación en los distintos radios;
- Las medidas de seguridad a implantar para prevenir que ocurran los accidentes;
- El programa de prevención de accidentes, en caso de que ocurra un accidente.

Fuente: [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

## ACCIDENTE DE BHOPAL (INDIA, 1984)



<http://theonlytrunks.tripod.com>

Entre el 2 y 3 de diciembre de 1984, una válvula de alivio de un depósito de almacenamiento de la planta de Union Carbide, India, que contenía una sustancia altamente tóxica, el isocianato de metilo (MIC), produjo un escape al exterior de cerca de 40 TM de esta sustancia. La nube tóxica que se formó, afectó a la ciudad de Bhopal, de aproximadamente 800.000 habitantes. Aunque las cifras de muertos y heridos son muy imprecisas, se puede decir que se produjeron entre 2.500 y 4.000 muertos y más de 180.000 heridos y afectados. Muchos investigadores lo consideran el peor desastre de toda la industria química.



[www.greenpeace.ch](http://www.greenpeace.ch)

La planta elaboraba un plaguicida que se comercializaba bajo la forma de un polvo blanco, denominado SEVIN, producto biodegradable. El problema se presentaba en su proceso de producción, ya que se utilizaba una sustancia muy volátil, el isocianato de metilo, capaz de reaccionar al mínimo contacto con el agua. En la fecha que ocurrió el accidente la planta estaba parada, con el sistema de refrigeración desconectado, y en tres cisternas se encontraban almacenadas casi 68 TM del MIC ( $T = 15-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), no se contaba con un sistema de corte en las tuberías, la antorcha estaba fuera de servicio, además se carecía de un lavador de gases.

## ACCIDENTES AMBIENTALES

Se define un accidente ambiental a un evento o circunstancia de origen natural o antropogénico (antrópico) que afecta directa o indirectamente el medio ambiente. Como para el resto de los accidentes la dificultad de su definición radica en establecer a partir de que escala de afectación del medio puede considerarse un accidente ambiental, se presentan a continuación, algunas consideraciones al respecto:

- Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (*cantidad de reporte o de control*).
- Cualquier fuego mayor que de lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta o instalación, que exceda de  $5\text{ kW/m}^2$  por varios segundos.
- Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de  $1\text{ lb/pulg}^2$ .
- Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
- Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del *nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana* (IDLH por sus siglas en inglés), en áreas aledañas a la fuente emisora.
- En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.



Aznalcóllar, España, 1998

## ACCIDENTES QUÍMICOS

Se utilizan los términos "accidente químico" y "emergencia química" para hacer referencia a un acontecimiento o situación peligrosa que resulta de la liberación de una sustancia o sustancias riesgosas para la salud humana y/o el medio ambiente, a corto o largo plazo. Estos acontecimientos o situaciones incluyen incendios, explosiones, fugas o liberaciones de sustancias tóxicas que pueden provocar enfermedad, lesión, invalidez o muerte (a menudo de una gran cantidad) de seres humanos.

Aunque la contaminación del agua o de la cadena alimenticia que resulta de un accidente químico puede afectar a poblaciones dispersas, a menudo la población expuesta está dentro o muy próxima a una zona industrial. En un área urbana la población expuesta puede estar en las cercanías de un vehículo accidentado que transportaba sustancias peligrosas. Con menos frecuencia, la población expuesta está a cierta distancia del sitio del accidente, incluyendo zonas al otro lado de las fronteras nacionales. Las áreas potencialmente afectadas en países vecinos podrían incluir a aquellos que tienen planes o capacidades limitadas para responder a una emergencia química. Además de los efectos para la salud humana, los accidentes químicos pueden resultar en un daño considerable o a largo plazo al medio ambiente, con cuantiosos costos humanos y económicos.

### ISOCIANATO DE METILO (CH<sub>3</sub>NCO)

- Número CAS: 624-83-9
- Número ONU: 2480
- Líquido inflamable altamente tóxico.
- Puede inflamarse bajo todas las condiciones de temperatura ambiente.
- El vapor es más pesado que el aire.
- Reacciona de forma violenta en contacto con el agua o con ciertos metales como zinc, hierro, estaño, cobre, sales de otros metales y otros catalizadores, formando monometilamina.
- Su descomposición química puede producir cianuro de hidrógeno.
- Los fabricantes sugieren una evacuación rápida en un radio de 3.000 m para descargas insignificantes.
- Olor agudo, sofocante, que provoca lagrimeo.

### LECTURA RECOMENDADA



Editorial Planeta. Colección BOOKET, Barcelona, 2004

**PRÓXIMO CURSO:**  
**“Gestión de sustancias químicas peligrosas en el Perú”**  
**8,9 Marzo, 2006**  
**(18:00-21:00 Horas)**

**Organiza:** Centro de Eficiencia Tecnológica (CET-PERÚ)  
**Local:** SNI (Los Laureles N° 365. San Isidro)

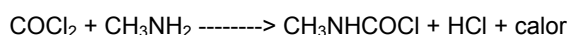
**INFORMES:**  
www.cet.org.pe  
comunicaciones@cet.org.pe

### PRODUCCIÓN DE ISOCIANATO DE METILO - BHOPAL

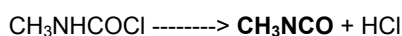
El isocianato de metilo (MIC), es un producto intermedio que se usa en la fabricación de determinados plaguicidas (insecticidas). Es un producto altamente tóxico y muy reactivo que polimeriza en presencia de determinados reactivos como hierro o cloruros.

El proceso de fabricación de MIC utilizado en la planta de la Union Carbide estaba formado por cuatro etapas:

1. Producción de fosgeno.
2. Producción de cloruro de metilcarbamilo (MCC) y cloruro de hidrógeno a partir del fosgeno en fase vapor y metilamina (MMA):



3. Pirólisis para la obtención del MIC



4. Separación por destilación del MIC

### ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DEL ACCIDENTE

Dos son las principales hipótesis que se han formulado:

1. Reacción espontánea del MIC en el interior del tanque de almacenamiento. Posiblemente por introducir en el **depósito 610** un lote de MIC que resultó de mala calidad (contenía un 15% de cloroformo, cuando debía contener un máximo de 0,5%) y al estar fuera de servicio el sistema de refrigeración, comenzó, al principio lentamente, una reacción de descomposición del MIC. El sistema de aislamiento del depósito favoreció el aumento de temperatura y la velocidad de reacción.
2. Reacción motivada por presencia de agua en el depósito. El análisis de los compuestos después del accidente reveló la presencia de agua en el interior del depósito, lo que produjo una reacción entre el cloroformo y el agua para formar ácido clorhídrico que actúa como catalizador en la polimerización del MIC. El agua podría proceder del sistema de lavado de tuberías. También es posible que la presencia de agua fuera por algún tipo de sabotaje.

**RIESGOS DE EXPOSICIÓN:** La exposición a bajos niveles de MIC puede producir irritación de los ojos y la garganta. Las personas expuestas a altos niveles de MIC en el aire pueden sufrir graves daños a los ojos y a los pulmones.

Fuente: GUIAR (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos). Universidad de Zaragoza. www.unizar.es

### En el próximo número:

Residuos peligrosos. Clasificación. Residuos corrosivos. Métodos de tratamiento. Accidentes químicos. SEVESO.

### CONSULTAS Y SUGERENCIAS:

Dirigirse al Ing. Jorge Loayza (Oficina N° 222).  
Facultad de Química e Ingeniería Química. Pabellón de Química.  
Ciudad Universitaria. UNMSM. Lima. Perú.  
Correos electrónicos: [jeloayzap@yahoo.es](mailto:jeloayzap@yahoo.es) / [jloayzap@unmsm.edu.pe](mailto:jloayzap@unmsm.edu.pe)

Se autoriza la reproducción y difusión del material presentado, citando la fuente.