

---

# Riesgos y medidas preventivas en diversas actividades económicas (I)

---

PID\_00267932

Jaume Abat Dinarès

---

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 4 horas

---



**Jaume Abat Dinarès**

Técnico superior en prevención de riesgos laborales y licenciado en Ciencias Empresariales, es además, ingeniero técnico industrial y profesor consultor de la Universitat Oberta de Catalunya.

El encargo y la creación de este recurso de aprendizaje UOC han sido coordinados por el profesor: August Francesc Corrons Giménez (2019)

Primera edición: septiembre 2019  
© Jaume Abat Dinarès  
Todos los derechos reservados  
© de esta edición, FUOC, 2019  
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona  
Realización editorial: FUOC

*Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.*

# Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Industria química: riesgos y medidas preventivas.....</b>	<b>7</b>
1.1. Caracterización de la industria química .....	7
1.2. Operaciones y actividades principales de las unidades de proceso .....	9
1.2.1. Disposición de la planta .....	9
1.2.2. Disposiciones de unidades de proceso .....	10
1.2.3. Almacenes .....	12
1.2.4. Equipos de proceso .....	14
1.2.5. Carga y descarga .....	21
1.3. Elaboración de un programa de gestión de seguridad de procesos .....	24
1.4. Productos químicos .....	24
<b>2. Fabricación de pinturas y revestimientos: riesgos y medidas preventivas.....</b>	<b>27</b>
2.1. Introducción .....	27
2.2. Procesos de fabricación .....	27
2.2.1. Proceso general .....	27
2.2.2. Pinturas .....	28
2.2.3. Lacas .....	28
2.2.4. Barnices .....	29
2.2.5. Revestimientos en polvo .....	29
2.3. Riesgos y medidas preventivas .....	29
2.3.1. Riesgos derivados de la manipulación manual de cargas .....	29
2.3.2. Riesgos derivados de la utilización de productos químicos .....	30
<b>3. Industria farmacéutica.....</b>	<b>32</b>
3.1. Introducción .....	32
3.2. Procesos de producción .....	32
3.2.1. Producción básica de principios activos a granel .....	33
3.2.2. Fabricación farmacéutica de formas galénicas .....	34
3.3. Seguridad y salud de los trabajadores .....	35
3.3.1. Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de fermentación .....	36

3.3.2.	Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de síntesis química .....	36
3.3.3.	Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de extracción biológica y natural .....	37
3.3.4.	Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de fabricación farmacéutica de formas galénicas .....	38
<b>4.</b>	<b>Industria del plástico: riesgos y medidas preventivas.....</b>	<b>39</b>
4.1.	Introducción .....	39
4.2.	Procesado de plásticos .....	39
4.2.1.	Materias primas .....	39
4.2.2.	Aditivos .....	40
4.2.3.	Procesos de conversión .....	40
4.3.	Riesgos y su prevención .....	43
4.3.1.	Riesgo de atrapamiento (lesiones) .....	44
4.3.2.	Riesgo de incendio y explosión .....	46
4.3.3.	Riesgos para la salud .....	46
<b>5.</b>	<b>Industria de las artes gráficas: riesgos y medidas preventivas.....</b>	<b>48</b>
5.1.	Caracterización del sector .....	48
5.2.	Técnicas de impresión .....	48
5.2.1.	Tipografía o impresión con formas en relieve .....	49
5.2.2.	Huecograbado .....	49
5.2.3.	Impresión planográfica o litográfica .....	49
5.2.4.	Serigrafía y permeografía .....	50
5.3.	Fases del proceso de impresión .....	50
5.3.1.	Preimpresión o preparación antes de la entrada en prensa .....	50
5.3.2.	Confección de planchas .....	51
5.3.3.	Preparación de tintas .....	52
5.3.4.	Impresión .....	53
5.3.5.	Acabado .....	54
5.4.	Riesgos y medidas preventivas .....	54

## Introducción

Siguiendo el esquema iniciado en la asignatura *Especialidad en seguridad en el trabajo 1*, se analizan en este módulo cinco sectores más de la actividad económica, desde el punto de vista de la seguridad y salud en el trabajo.

Los cuatro primeros se engloban en el sector químico y el quinto, en las denominadas industrias manufactureras.

Dentro del sector químico se analiza en primer lugar la industria química propiamente dicha, que se ocupa de modificar la estructura química de los materiales naturales con el fin de obtener productos útiles para otras industrias o para la vida cotidiana.

En segundo lugar, se analiza la fabricación de pinturas y revestimientos, que engloba no solo la fabricación de pinturas, sino también la fabricación de barnices, lacas, colorantes, tintas para impresión y otros productos.

A continuación, se analiza la industria farmacéutica, debido a que, como tiene por objetivo producir sustancias con actividad farmacológica, muchos agentes utilizados, tanto en la investigación como en la fabricación farmacéutica, son peligrosos para los trabajadores.

El estudio del sector químico concluye con el análisis de la industria del plástico, que comprende, básicamente, dos sectores: el primero incluye los proveedores de materias primas que fabrican polímeros y compuestos de moldeo a partir de productos intermedios, y el segundo está integrado por los manipuladores que convierten las materias primas en artículos vendibles utilizando diversos procesos, como moldeo por extrusión e inyección.

El módulo concluye con el estudio de la industria de las artes gráficas, que incluye el conjunto de las diferentes maneras de transmitir la letra y los gráficos al papel. Este sector se estructura en cuatro subsectores (preimpresión, impresión, encuadernación y manipulación de papel y cartón).

## Objetivos

Los estudiantes, al acabar el estudio del módulo, deben haber alcanzado los objetivos siguientes:

- 1.** Conocer las características básicas y generales de las distintas actividades económicas estudiadas.
- 2.** Conocer los riesgos laborales específicos de las actividades económicas estudiadas.
- 3.** Conocer las medidas preventivas que el empresario debe adoptar, en relación con los riesgos laborales existentes, en las actividades económicas estudiadas.

# 1. Industria química: riesgos y medidas preventivas

## 1.1. Caracterización de la industria química

La industria química se ocupa de modificar la estructura química de los materiales naturales con el fin de obtener productos útiles para otras industrias o para la vida cotidiana. Los productos químicos se obtienen a partir del procesamiento, en una serie de etapas, de materias primas diversas (minerales, metales e hidrocarburos, fundamentalmente), que suelen requerir tratamientos ulteriores para conseguir el producto final.

Así pues, la industria química no se limita exclusivamente a los denominados «productos químicos», sino que abarca otros productos, como son, entre otros:

- las fibras artificiales
- las resinas
- los jabones
- las pinturas
- las películas fotográficas

Hay dos tipos principales de productos químicos: orgánicos e inorgánicos.

- Los **orgánicos** tienen una estructura básica de átomos de carbono, a la que se añaden hidrógeno y otros elementos. Actualmente, las fuentes del 90 % de la producción mundial de productos químicos orgánicos son el petróleo y el gas, que han sustituido, con diferencia, al carbón y las sustancias vegetales y animales.
- Los productos químicos **inorgánicos** proceden principalmente de fuentes minerales.

Los productos de la industria química se pueden clasificar en tres grupos, que corresponden a las principales etapas de fabricación:

- **Productos químicos básicos** (orgánicos e inorgánicos), producidos normalmente a gran escala y convertidos en otros productos químicos.
- **Productos intermedios**, obtenidos a partir de los productos químicos básicos, en su mayoría requieren un tratamiento posterior en la industria química, aunque algunos, como los disolventes, se utilizan sin procesar.
- **Productos químicos terminados**, que requieren tratamientos químicos ulteriores. Algunos de ellos (fármacos, cosméticos, jabones) se consumen tal cual; otros, como las fibras, los plásticos, los colorantes y los pigmentos, deben someterse aún a otros tratamientos.

Los principales sectores de la industria química son los siguientes:

- 1) Productos inorgánicos básicos: ácidos, álcalis y sales, utilizados sobre todo en otros sectores industriales, y gases industriales, como el oxígeno, el nitrógeno y el acetileno.
- 2) Productos orgánicos básicos: materias primas para plásticos, resinas, cauchos sintéticos y fibras sintéticas; disolventes y materias primas de detergentes; colorantes y pigmentos.
- 3) Fertilizantes y plaguicidas (incluidos herbicidas, fungicidas e insecticidas).
- 4) Plásticos, resinas, cauchos sintéticos, fibras sintéticas y celulósicas.
- 5) Productos farmacéuticos (fármacos y medicamentos).
- 6) Pinturas, barnices y lacas.
- 7) Jabones, detergentes, productos limpiadores, perfumes, cosméticos y otros productos de perfumería.
- 8) Productos químicos diversos, como líquidos para abrillantar, explosivos, adhesivos, tintas, películas fotográficas y productos para revelado.

En España, la **Clasificación Nacional de Actividades Económicas** (CNAE-2009) engloba a la industria química en los siguientes epígrafes:

## 20. Industria química

201. Fabricación de productos químicos básicos, compuestos nitrogenados, fertilizantes, plásticos y caucho sintético en formas primarias

202. Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos

203. Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares; tintas de imprenta y masillas

204. Fabricación de jabones, detergentes y otros artículos de limpieza y abrillantamiento; fabricación de perfumes y cosméticos

205. Fabricación de otros productos químicos

206. Fabricación de fibras artificiales y sintéticas

21. Fabricación de productos farmacéuticos

211. Fabricación de productos farmacéuticos de base

212. Fabricación de especialidades farmacéuticas

## **1.2. Operaciones y actividades principales de las unidades de proceso**

Existen dos categorías básicas en cuanto a la disposición de las instalaciones de tratamiento químico:

- Disposición de la planta (que comprende todas las unidades de proceso, servicios, zonas de almacenamiento, zonas de carga y descarga, edificios, áreas comerciales y almacenes).
- Disposición de la unidad o proceso (que comprende solamente la localización del equipo para un proceso específico, denominado también área de proceso).

### **1.2.1. Disposición de la planta**

La localización o situación de una planta completa depende de varios factores generales, que varían considerablemente en función de los lugares, los Gobiernos y las políticas económicas. Entre estos distintos factores, las consideraciones en materia de seguridad ocupan un lugar destacado, y en algunos lugares constituyen el factor principal que rige la situación de la planta.

Un aspecto importante de la seguridad de la instalación en cuanto a su localización es contar con una separación o zona de amortiguación entre la planta donde se realicen procesos peligrosos y otras plantas, viviendas, colegios, hospitales, carreteras, cursos de agua y pistas de aterrizaje cercanos.

La importancia de la zona de amortiguación radica en que la distancia tiende a reducir o mitigar las exposiciones potenciales debidas a distintos accidentes. La distancia necesaria para reducir las concentraciones tóxicas a niveles aceptables a través de la interacción atmosférica y la dispersión de materiales tóxicos de una emisión accidental es algo que puede definirse.

Asimismo, el lapso de tiempo entre una emisión tóxica y la exposición del público (mientras atraviesa la zona de amortiguación) se utiliza para advertir a la población mediante programas de respuesta de emergencia planeados previamente. Debido a que las plantas tienen distintos tipos de instalaciones con materiales tóxicos, se deben realizar análisis de dispersión sobre los sistemas peligrosos para asegurar que la zona de amortiguación es adecuada en todas las áreas que rodean el perímetro de la planta.

El fuego es un riesgo potencial en las plantas e instalaciones de proceso. Los grandes incendios causan a veces radiación térmica, que puede mitigarse también con la distancia. Los dispositivos de recogida de gases y vapores situados en lugares elevados son también una fuente de radiación térmica durante una operación de emergencia o de puesta en marcha/parada. Lo que hacen es quemar automáticamente gases de escape o emisiones de vapor en posiciones elevadas o en lugares especiales sobre el suelo; deben estar emplazados fuera

del perímetro de la planta (para proteger a las comunidades cercanas) y debe prohibirse a los trabajadores el acceso a una determinada zona alrededor de su base. Si no se manipula correctamente, el sobrante del líquido que entra en estos dispositivos puede originar gotas de líquido en combustión. Además del fuego, es posible que se produzcan explosiones en el equipo o una nube de vapor que, al inflamarse, cause ondas explosivas. La distancia que ocupe la zona de amortiguación reducirá los efectos de la explosión; aun así, esta afectará a la comunidad vecina.

Asimismo, deben considerarse posibles emisiones o incendios accidentales en las instalaciones existentes cercanas al lugar en cuestión. Se deben prever y evaluar los eventuales incidentes para determinar el posible efecto sobre la disposición propuesta para la planta y las respuestas de emergencia a un suceso externo, coordinando estas respuestas con las de otras plantas y comunidades afectadas.

Al trazar la disposición general de una planta es importante considerar los vientos dominantes. Las fuentes de ignición deben estar situadas en contra del viento con respecto a las posibles fugas. En esta categoría se incluyen los calentadores, hervidores, incineradores y dispositivos de recogida de vapor. Otra recomendación es la colocación de los tanques de almacenamiento a favor del viento con respecto a las unidades y servicios de procesado. La legislación ambiental ha reducido significativamente las fugas de los tanques.

Asimismo, son necesarias carreteras para emergencias y acceso de vehículos o equipos de mantenimiento; requieren un cuidadoso emplazamiento entre las unidades de proceso y a través de las distintas secciones de la planta. Deben dejarse espacios libres para tuberías y otros equipos elevados, además de los requeridos en los laterales de cruces y entradas a todas las instalaciones.

### **1.2.2. Disposiciones de unidades de proceso**

La disposición de un proceso requiere tener en cuenta algunos aspectos, además de las distancias específicas de separación entre equipos, entre las que podemos señalar las siguientes:

- Definición del área para expansión y accesibilidad a la unidad.
- Accesibilidad al equipo de reparación para mantenimientos frecuentes.
- Requisitos espaciales para reparaciones de equipos (área necesaria para empujar el haz del intercambiador de calor o accesibilidad para la válvula de control).
- Barreras para equipos de alta presión o reactores con potencial explosivo.
- Requisitos espaciales y mecánicos para carga y descarga de reactores o torres rellenas de sólidos.
- Espacio para venteo de explosiones de polvo.
- Separación entre los equipos abiertos o inspeccionados con frecuencia y las tuberías, los recipientes, etc., a altas temperaturas.

- Edificios o estructuras especiales y espacio libre necesario (cabina del compresor con puente grúa interno o grúa externa).

Uno de los aspectos importantes que se debe considerar en la disposición de las unidades de proceso son las salas o edificios de control.

En el pasado, el diseño de cada unidad de procesado incluía una sala desde donde se llevaba el control operativo del proceso. Con la aparición de la instrumentación electrónica y el proceso controlado informáticamente, las salas individuales de control han sido sustituidas por una sala central, que controla varias unidades de proceso en muchas operaciones. La sala de control centralizado es económicamente rentable debido a la optimización del proceso y los aumentos en la eficacia del personal. Aún existen unidades individuales de proceso, y en algunas plantas especializadas los antiguos edificios de control sustituidos por salas de control centralizado todavía pueden utilizarse para el seguimiento de procesos locales y controles de emergencia. Aunque las funciones y el emplazamiento de la sala de control están condicionados generalmente por cuestiones económicas, el diseño de la sala o edificio de control es muy importante para mantener el control de emergencia y para la protección del trabajador.

He aquí algunas consideraciones para los edificios de control central y local:

- Presurización del edificio de control para prevenir la entrada de vapores tóxicos y peligrosos.
- Diseño del edificio de control de forma que sea resistente a explosiones y estallidos.
- Establecimiento de un lugar con un riesgo mínimo (basado en la distancia de separación y la probabilidad de escapes de gases).
- Purificación de todo el aire de entrada e instalación de un bloque de entrada que minimice la entrada de vapores peligrosos o tóxicos.
- Sellado de todas las salidas de desagües procedentes del edificio de control.
- Instalación de un sistema de extinción de incendios.

Un aspecto importante en las disposiciones del proceso y de las plantas es la cantidad de materiales tóxicos y peligrosos en existencia, incluido el equipo. Las consecuencias de una fuga son más graves al aumentar el volumen del material. Por consiguiente, deben reducirse las existencias al mínimo posible. Las mejoras del proceso que reducen el número y el tamaño de las piezas del equipo reducen las existencias, disminuyen el riesgo y la inversión, y mejoran también la eficacia.

Son medidas para limitar las existencias de materiales tóxicos y peligrosos las siguientes:

- Reducción de las existencias en tanques de almacenamiento mediante mejora de los controles del proceso y control puntual de las operaciones y existencias.
- Eliminación o minimización de existencias en tanques en planta mediante integración de los procesos.
- Utilización de análisis y desarrollo de las variables de las reacciones para reducir el volumen del reactor.
- Sustitución de los reactores discontinuos por reactores continuos, lo que reduce también las retenciones aguas abajo.
- Disminución de las retenciones de la columna de destilación mediante reducciones del volumen de residuos y retención de bandejas empleando bandejas o empaquetamientos más avanzados.
- Sustitución de calderines por termosifones.
- Minimización de los volúmenes de los depósitos elevados y de los depósitos de compensación.
- Mejora de la disposición y el tamaño de las tuberías para minimizar las retenciones.
- Donde se produzcan materiales tóxicos, minimizar su retención.

### 1.2.3. Almacenes

Los almacenes de una planta de tratamiento de productos químicos pueden albergar sustancias sólidas y líquidas, productos intermedios, subproductos y productos del proceso. Los productos almacenados en muchas instalaciones son intermediarios o precursores de otros procesos. Es posible también que se almacenen diluyentes, disolventes u otros materiales del proceso.

Todos estos materiales se almacenan por regla general en tanques sobre el suelo. En algunas instalaciones se utilizan aún los tanques subterráneos, pero su uso está muy limitado debido a los problemas de acceso que plantean y a su capacidad limitada. Además, las posibles fugas de dichos tanques subterráneos presentan problemas ambientales cuando las fugas contaminan el agua subterránea. La contaminación de la tierra puede provocar exposiciones atmosféricas por evaporaciones de materiales de elevada presión de vapor. Las fugas o evaporaciones de materiales entrañan un problema de exposición durante los trabajos de descontaminación del suelo. En muchos países, las fugas de los tanques subterráneos han provocado la elaboración de estrictas normas ambientales, como los requisitos para los tanques de doble pared y el control del subsuelo.

En la disposición de los tanques hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La separación según las distancias de un contenedor a otro puede basarse en referencias, y es posible calcular la distancia de radiación térmica en caso de incendio en un tanque adyacente.
- Se deben separar los tanques de las unidades de proceso.

- La localización del tanque, a ser posible, a sotavento de otras áreas minimiza los problemas de ignición en caso de que el tanque emita una cantidad importante de vapor.
- Los tanques de almacenamiento deben tener cubetos, exigidos por ley en algunos países.
- Se pueden agrupar los tanques para la utilización de cubetos y equipos contra incendios comunes.
- Los cubetos deben tener capacidad de aislamiento en una emergencia.

Asimismo, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Un problema que va agravándose con el transcurso de los años son las fugas de los tanques debidas a la corrosión de la parte inferior. Los tanques suelen tener capas de agua en el fondo, que pueden contribuir a la corrosión, y existe la posibilidad de que se produzca corrosión electrolítica debido al contacto con la tierra.
- La descarga manual periódica de agua desde el fondo del tanque entraña riesgo de exposición a sustancias peligrosas. La observación visual para determinar el interfaz mediante un drenaje abierto manual puede exponer al trabajador. Para minimizarlo, se instala una descarga cerrada con un sensor de interfaz y una válvula de control.
- Con frecuencia los tanques se llenan en exceso, lo que entraña riesgos para la seguridad, exponiendo a los trabajadores. Una manera de prevenirlo es la utilización de instrumentos de doble nivel que controlen las válvulas de bloqueo de entrada o las bombas de alimentación.
- Los tanques se retiran del servicio periódicamente para su inspección y limpieza, labores que han de controlarse cuidadosamente para prevenir la exposición del trabajador y reducir al mínimo los riesgos. Después del drenaje, los tanques se lavan con un chorro de agua para eliminar los restos de líquido del proceso.
- En el caso de tanques con techos fijos o con techos flotantes convertidos, el purgado a la atmósfera no resulta aceptable en muchas situaciones. Al eliminar de estos tanques el respiradero de presión y vacío, los vapores fluyen a través de un conducto cerrado a un dispositivo de control en el que los contaminantes se destruyen o recuperan.
- La inflamabilidad es uno de los mayores motivos de preocupación del almacenamiento en tanques; se requieren sistemas de lucha contra incendios para el control y la protección de las zonas de propagación de incendios.

### 1.2.4. Equipos de proceso

En el tratamiento de productos químicos se utiliza una gran variedad de equipos debido a los numerosos procesos, los requisitos especiales para cada uno de ellos y las variaciones de los productos. Así pues, es imposible revisar todos los equipos químicos utilizados hoy en día, y solo nos ocuparemos de los equipos más aplicados, según la secuencia del proceso.

#### a) Reactores

En la industria química existen muchos tipos de reactores.

Figura 1. Reactores químicos



Fuente: <https://all.biz/ar-es/proyecto-y-diseno-de-reactores-quimicos-g115420>

La selección del reactor depende de algunas variables, entre ellas si la reacción es discontinua o continua. Con frecuencia las reacciones discontinuas se convierten en continuas cuando se tiene más experiencia con las reacciones y mejoran algunas circunstancias, como disponer de mejores catalizadores. El proceso de reacción continua es generalmente más eficaz y da lugar a un producto más consistente, lo cual favorece el cumplimiento de los objetivos en cuanto a la calidad del producto. No obstante, aún existen un gran número de operaciones discontinuas.

En todos los reactores los aumentos de presión constituyen un motivo de preocupación importante, ya que no debe superarse la presión del recipiente. Esos aumentos pueden deberse a un control deficiente del proceso, a un fallo en el funcionamiento o a una reacción incontrolada. En consecuencia, se necesitan sistemas limitadores de presión para mantener la integridad del recipiente, de manera que impidan la sobrepresión del reactor. Las descargas de las válvulas

limitadoras deben estar cuidadosamente diseñadas para mantener una protección adecuada en todas las condiciones, incluido su mantenimiento. Es posible que ello requiera muchas válvulas. Si una válvula limitadora está diseñada para descargar en la atmósfera, el punto de descarga debe situarse por encima de todas las estructuras próximas y debe realizarse un análisis de dispersión para asegurar una protección adecuada de los trabajadores y las comunidades vecinas.

Si se instala un disco de ruptura con una válvula de seguridad, la descarga debe ser cerrada, y se debe diseñar la descarga final del modo anteriormente descrito. La ruptura de un disco no significa rectificación, por lo que un disco sin válvula de seguridad liberará probablemente la mayor parte del contenido de un reactor y al final del proceso de liberación podrá entrar aire en el reactor. Esto requiere un análisis cuidadoso para asegurar que no exista peligro de inflamación y que no se producen reacciones indeseables. Además, la descarga de un disco libera a veces líquido; el sistema de ventilación debe diseñarse para contener todos los líquidos con el vapor descargado, como se ha descrito antes. Las emisiones de emergencia a la atmósfera deben estar aprobadas por las autoridades legislativas antes de su instalación.

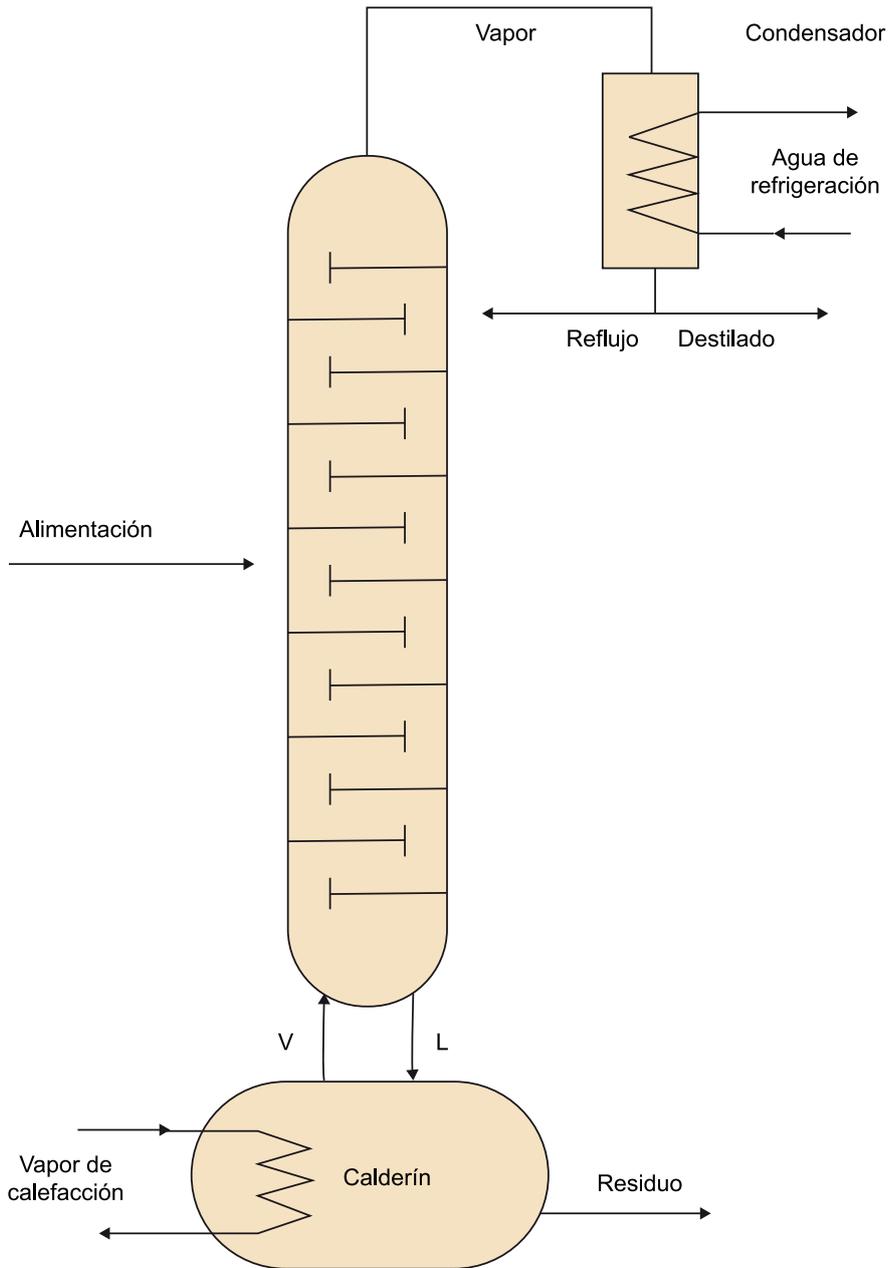
Los agitadores de mezcla instalados en los reactores se sellan, ya que las fugas pueden ser peligrosas; si se producen, el sello debe repararse, lo que requiere la parada del reactor. Tal vez sea necesaria una manipulación o tomar precauciones especiales para el contenido del reactor; la parada de emergencia debe incluir la finalización de la reacción y la disposición del contenido del reactor. La inflamabilidad y el control de la exposición deben revisarse cuidadosamente en cada etapa, incluida la disposición final de la mezcla del reactor. Dado que una parada resulta costosa y supone pérdidas de producción, se han introducido mezcladores magnéticos y sistemas de sellado más modernos para reducir el mantenimiento y las paradas del reactor.

La entrada a todos los reactores exige el cumplimiento de los métodos seguros de entrada a espacios confinados.

## **b) Torres de fraccionamiento o destilación**

La destilación es un proceso en el que las sustancias químicas se separan mediante métodos que aprovechan las diferencias de sus puntos de ebullición. Las torres más comunes en las plantas químicas y refinerías son las de destilación.

Figura 2. Esquema de una columna de rectificación de pisos



Fuente: <http://www4.ujaen.es/~fespino/Proyecto/unidad2/unidad2.htm>

En sus distintas modalidades, la destilación es una etapa de procesado presente en la mayor parte de los procesos químicos. Es posible encontrar el fraccionamiento o la destilación en las etapas de purificación, separación, lavado, azeotrópicas y de extracción. Estas aplicaciones incluyen ahora la destilación de los reactivos, en la que se produce una reacción en una sección independiente de la torre de destilación.

La destilación se realiza con una serie de bandejas en una torre, o en una torre con un material de relleno. Los rellenos tienen configuraciones especiales que permiten el paso de líquido y de gases rápidamente, pero proporcionan un área suficiente para el contacto líquido-gas y un fraccionamiento eficaz.

Todas las torres y tambores deben estar protegidos de las sobrepresiones que pueden causar los fallos en el funcionamiento, los incendios o los defectos en los servicios. Una válvula limitadora de presión actúa descargando a la atmósfera o a un sistema cerrado. Suele estar instalada en la parte superior de la torre para eliminar la gran carga de vapor, aunque en algunas instalaciones están en otros puntos de la torre. En ocasiones se encuentran en el tambor elevado de recuperación del destilado, siempre que las válvulas no estén situadas entre la válvula limitadora de presión y la parte superior de la torre. Si las válvulas de bloqueo están instaladas en los tubos del proceso que llegan al condensador, la válvula limitadora de presión debe instalarse sobre la torre.

En la mayor parte de las situaciones el dispositivo de control preferido para la eliminación del vapor es una antorcha. Normalmente, hay varias válvulas limitadoras de presión conectadas a una sola antorcha. No obstante, tanto este como todo el sistema deben estar diseñados cuidadosamente para cubrir las posibles contingencias.

En el caso de la eliminación directa a la atmósfera, debe realizarse un análisis de dispersión detallado de los vapores de descarga de la válvula para asegurar que los trabajadores no están expuestos y que las concentraciones en la comunidad circundante están dentro de los límites permitidos. Al controlar la dispersión, los tubos de descarga de la válvula de seguridad a la atmósfera se pueden elevar para prevenir concentraciones excesivas en las estructuras próximas. Tal vez sea necesaria una chimenea alta semejante a una antorcha para controlar la dispersión.

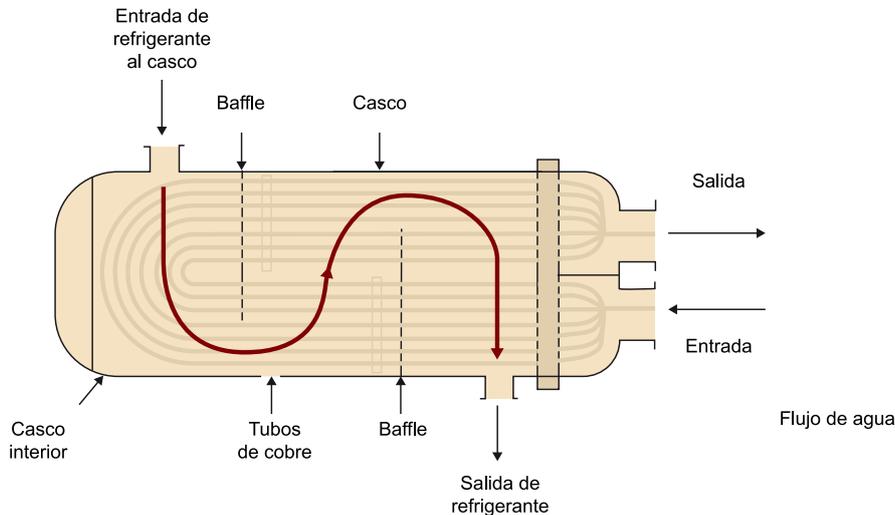
Otro motivo de preocupación es la entrada a una torre para mantenimiento o para realizar cambios mecánicos durante una parada. Al tratarse de un espacio confinado, los trabajadores están expuestos a los riesgos que ello lleva asociados.

### **c) Intercambiadores de calor**

Son dispositivos mecánicos para la transferencia de calor a o desde un flujo del proceso. Se seleccionan conforme a las condiciones del proceso y el diseño del intercambiador. La elección del más conveniente para un proceso es complicada y requiere una investigación detallada. En muchas situaciones algunos tipos no son adecuados debido a la presión, la temperatura, la concentración de sólidos, la viscosidad, la cantidad de flujo y otros factores. Se dispone de varios tipos, de tubos de cabeza flotante e intercambiadores de chapas. Suele preferirse la cabeza flotante cuando hay posibilidad de que las temperaturas provoquen una expansión excesiva del tubo que de otra forma no podría mantener la integridad en un intercambiador de chapas de tubo fijo. En el intercambiador de cabeza flotante simplificado, la cabeza flotante está inserta

completamente en el intercambiador y no tiene ninguna conexión con la cubierta. En otros modelos de cabeza flotante puede haber empaquetamiento en torno a la chapa de la tubería flotante.

Figura 3. Intercambiador de calor casco-tubo



Fuente: <http://www.climayoreo.com/blog/tipos-de-intercambiador-de-calor-para-enfriadora-de-l%C3%ADquido-casco-tubo-y-placas>

El empaquetamiento de las chapas de tuberías flotantes está en contacto con la atmósfera y puede ser una fuente de fugas y exposición. En consecuencia, es necesaria una instalación mecánica cuidadosa para prevenir las fugas y los posibles riesgos. La abundancia de precintos exige un control cuidadoso para minimizar las posibilidades de exposición.

Las fugas se producen en los tubos de cualquiera de los intercambiadores que hay en el mercado, a excepción de los de placa y otros especiales. No obstante, estos últimos presentan otros problemas: cuando la fuga de los tubos va hacia un sistema de refrigeración por agua, el agua refrigerante descarga el contaminante en una torre refrigerante, que puede ser una fuente de exposición para los trabajadores y la comunidad próxima y, por lo tanto, debe controlarse.

La dispersión de los vapores de la torre refrigerante se extiende a veces a causa de los ventiladores de las torres refrigerantes de tiro por aspiración (inducida o forzada). Además, las torres de convección natural descargan los vapores a la atmósfera, que después los dispersa. Ahora bien, la dispersión varía considerablemente según las condiciones meteorológicas y la elevación de la descarga. Los materiales tóxicos menos volátiles permanecen en el agua refrigerante y en el flujo de vaciado de la torre refrigerante, que debe tener la suficiente capacidad de tratamiento como para destruir los contaminantes. La torre refrigerante y el recipiente de la torre deben limpiarse periódicamente. Los contaminantes se suman a los posibles riesgos del recipiente y del relleno de la torre. Para la mayor parte de este trabajo es necesario llevar equipo de protección personal.

#### d) Bombas

Una de las funciones más importantes del proceso es el movimiento de líquidos, para lo cual existen en la industria química todo tipo de bombas. Las bombas herméticas y magnéticas son bombas centrífugas sin precintos. Existen accionadores de bombas magnéticas para su instalación en otros tipos de bombas para prevenir fugas.

Las bombas que se utilizan con mayor frecuencia, en la industria química, son las siguientes:

- centrífugas
- alternativas (pistón)
- herméticas
- magnéticas
- de turbina
- de engranajes
- de membrana
- de flujo axial
- de hélice
- de cavidad móvil
- de lóbulos
- de paletas

Figura 4. Bomba para la industria química



Desde el punto de vista de la salud y la seguridad, el sellado y la reparación de las bombas centrífugas son los principales motivos de preocupación. Los precintos mecánicos, que constituyen los principales sistemas de sellado, pueden presentar fugas y, en ocasiones, hincharse.

En caso de fluidos altamente tóxicos se instalan con frecuencia bombas sin fugas o sin precintos, herméticas o magnéticas.

Un motivo de inquietud importante con respecto a las bombas es el drenaje y rociado de la bomba para su mantenimiento o reparación. El drenaje o purgado y la retirada incluyen el fluido del proceso y del amortiguador. Estos procedimientos requieren la descarga de todos los fluidos en un sistema de drenaje de conexión cerrada. En el manguito prensaestopas de la bomba en el que el manguito aislador separa el propulsor de los prensaestopas, el manguito actúa como un aliviadero, ya que recoge parte del líquido.

Las salidas de alivio del manguito o del drenaje de los prensaestopas permiten la eliminación completa del líquido del proceso mediante drenaje y rociado. En el caso de fluidos amortiguadores, debería existir un método para drenar todo el fluido del área de sellado dual. El mantenimiento requiere la eliminación del precinto y, si el volumen no se drena y rocía completamente, los precintos pueden suponer una fuente de exposición durante la reparación.

#### e) Polvos

La manipulación de polvos en el equipo de procesado de sólidos constituye un motivo de preocupación debido a la posibilidad de incendio o explosiones. La explosión de un equipo puede hacerlo traspasar una pared o cierre como resultado de la presión generada, y enviar una onda de presión y fuego al área de trabajo. Los trabajadores pueden correr peligro, y el equipo adyacente recibir impactos fuertes con efectos drásticos. En ocasiones, el polvo suspendido en el aire o en un gas con oxígeno y en un espacio confinado explota.

Las posibles fuentes de explosión en los equipos son:

- equipo de transporte:
  - conducciones neumáticas
  - transportadores mecánicos
  
- almacenamiento:
  - contenedores
  - tolvas
  - válvulas rotativas
  
- equipo de proceso:
  - colectores de polvo en filtros
  - secadores de lecho fluido

- secadores de banda
- tamizado
- trituradores
- molinos de balas
- mezclado de polvos
- ciclones

Una explosión produce calor y la expansión rápida del gas (aumento de presión), y generalmente produce deflagración, que es un frente de llama que se desplaza rápidamente, pero a una velocidad menor que la del sonido para estas condiciones. Cuando la velocidad del frente de la llama es mayor que la velocidad del sonido o es una velocidad supersónica, la condición se denomina detonación, que es más destructiva que la deflagración. La explosión y la expansión del frente de la llama ocurren en milisegundos y no dan tiempo suficiente para dar las respuestas del proceso. En consecuencia, deben definirse las características de los posibles incendios y explosiones para determinar los riesgos que existen en las distintas etapas del tratamiento.

Básicamente, son dos los métodos para controlar las explosiones o frentes, de forma que no se propaguen de un lugar a otro o para contener las explosiones en un aparato: supresores químicos y válvulas de aislamiento.

### **1.2.5. Carga y descarga**

Los productos finales, los intermedios y los subproductos se cargan en camiones cisterna y vagones (en algunos casos, en función de la situación de las instalaciones y los requisitos del muelle, se utilizan camiones tanque y remolques). Es importante la situación de las instalaciones de carga y descarga. Aunque los materiales cargados y descargados son habitualmente líquidos y gases, también se cargan y descargan sólidos en lugares preferentes en función del tipo de sólidos desplazados, el riesgo potencial de explosión y el grado de dificultad de la transferencia.

#### **a) Escotillas abiertas**

Durante la carga de vagones cisterna o vagones a través de escotillas superiores abiertas, un aspecto muy importante es minimizar las salpicaduras al llenar el contenedor. Si la tubería de llenado se encuentra mucho más arriba del fondo del recipiente, se producen muchas salpicaduras y vapor o mezclas de líquido y vapor. Las salpicaduras y la generación de vapor pueden reducirse situando la salida de la tubería de llenado muy por debajo del nivel de líquido. La tubería de llenado normalmente se extiende a través del recipiente a una distancia mínima del fondo. Debido a que el llenado de líquido también desplaza vapor, los vapores tóxicos pueden entrañar un riesgo para la salud y suscitar preocupación en cuanto a la seguridad, por lo que deben recogerse.

En el sistema de escotilla abierta del camión cisterna, el brazo se eleva para permitir el drenaje en el camión cisterna y parte del líquido del brazo puede presurizarse con nitrógeno al retirar el brazo, pero durante esta operación las tuberías de llenado deben permanecer dentro de la abertura de la escotilla. Cuando el brazo de llenado deja la escotilla, debe colocarse un cubo sobre la salida para recoger el goteo del brazo.

### **b) Vagones**

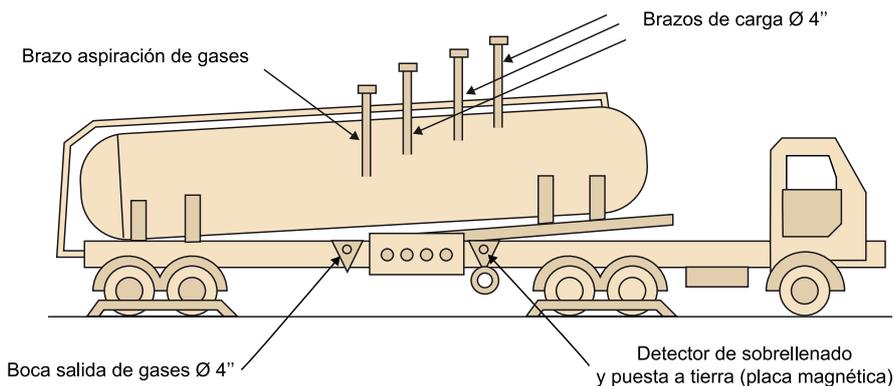
Muchos vagones tienen escotillas cerradas con cañas de llenado muy próximas al fondo del recipiente y una salida independiente de recogida de vapor. El líquido se carga a través de un brazo que se extiende hacia la escotilla cerrada, y el vapor se recoge de forma similar al método del brazo de la escotilla abierta. En los sistemas de carga de vagones, después del cierre de la válvula en la entrada del brazo, se inyecta nitrógeno en la parte del recipiente de los brazos para impulsar el líquido remanente en el brazo dentro del vagón antes de que se cierre la válvula de llenado de este.

### **c) Camiones cisterna**

Muchos camiones cisterna se llenan a través del fondo para minimizar la generación de vapor. Los conductos de llenado pueden ser mangueras especiales o brazos maniobrables. En su extremo y en las conexiones del fondo del camión cisterna se colocan acoplamientos secos. Cuando está lleno y el conducto se bloquea automáticamente, el brazo o la manguera se desconecta del acoplamiento, que automáticamente se cierra.

En la carga de fondo, el vapor se recoge mediante una válvula de vapor superior y se conduce a través de una línea externa que termina cerca del fondo del recipiente. Esto permite que los trabajadores accedan a las conexiones del vapor. El vapor recogido, a una presión ligeramente superior a la atmosférica, debe ser recogido y enviado a un dispositivo de recuperación. Estos dispositivos se eligen en función del coste inicial, la eficacia, el mantenimiento y la capacidad operativa. En general, es preferible el sistema de recuperación a una antorcha, que destruye los vapores recuperados.

Figura 5. Semirremolque cisterna soportado por bastidor con disposición de bocas para carga y descarga inferior lateral



Fuente: [https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_357.pdf](https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_357.pdf)

#### d) Control de carga y descarga

En los camiones cisterna hay sensores de nivel instalados permanentemente en el cuerpo del camión, que indican cuándo se ha alcanzado el nivel de llenado y envían una señal a una válvula de bloqueo de control remoto, que detiene el flujo al camión. Puede haber más de un sensor en el camión cisterna para asegurar que este no se ha llenado en exceso, ya que podría dar lugar a graves problemas de exposición para la salud y la seguridad.

Si los productos químicos tienen una presión de vapor muy alta y el vagón o el camión cisterna tienen una presión relativamente alta, el producto químico se descarga por debajo de su propia presión de vapor. Si la presión de vapor cae hasta un nivel que dificulte el procedimiento de descarga, se inyecta gas nitrógeno para mantener una presión satisfactoria. Asimismo, se puede comprimir e inyectar el vapor de un tanque del mismo producto químico para aumentar la temperatura.

En el caso de productos químicos tóxicos con una presión de vapor relativamente baja, el líquido se descarga bajo presión de nitrógeno, lo que elimina el bombeo y simplifica el sistema. Los camiones cisterna y los vagones para este servicio están diseñados para resistir las presiones y variaciones soportadas. No obstante, después de descargar un contenedor se mantienen presiones más bajas hasta que el camión cisterna o el vagón se vuelve a llenar; la presión se crea de nuevo durante la carga. Se puede añadir nitrógeno si no se ha conseguido una suficiente presión durante la carga. Dos de los problemas de las operaciones de carga y descarga son las líneas de drenaje y de purga, y el equipo en las instalaciones de carga y descarga. Se necesitan drenajes cerrados y en particular drenajes de punto bajo con purgas de nitrógeno para eliminar todas las trazas de productos químicos tóxicos. Estos materiales pueden recogerse en un tambor y trasladarse a una instalación receptora o de recuperación.

### **1.3. Elaboración de un programa de gestión de seguridad de procesos**

Siempre que existan procesos en los que se utilicen la temperatura y la presión para modificar la estructura molecular o crear nuevos productos a partir de productos químicos, existe la posibilidad de incendio, explosión o emisión de líquidos, vapores, gases u otros productos químicos intermedios tóxicos e inflamables. El control de estos sucesos no deseados requiere lo que se denomina gestión de seguridad de procesos.

La gestión de la seguridad de los procesos forma parte del programa general de seguridad de las instalaciones de procesos de productos químicos. Un programa eficaz de gestión de seguridad de procesos requiere el liderazgo, el apoyo y la participación activa de los directivos, los gestores de las instalaciones, los supervisores, los trabajadores, los contratistas y los empleados de estos últimos.

Todos los programas de gestión de seguridad de procesos de la instalación abarcan los mismos requisitos básicos, aunque el número de elementos del programa varía en función de los criterios utilizados. Con independencia de que se utilice como guía un documento gubernamental, de una empresa o de una asociación, todo programa de gestión de seguridad de procesos químicos debe incluir los requisitos básicos siguientes:

- información sobre seguridad de los procesos
- participación de los trabajadores
- análisis de los riesgos del proceso
- gestión de los cambios
- procedimientos de trabajo
- prácticas de trabajo seguras y autorizaciones
- información y formación de los trabajadores
- personal del contratista
- revisiones de seguridad antes de la puesta en marcha
- garantía de calidad del diseño
- mantenimiento e integridad mecánica
- respuesta ante emergencias
- auditorías de seguridad periódicas
- investigación de los incidentes durante el proceso
- normas y reglamentos
- secretos comerciales

### **1.4. Productos químicos**

La presencia, la manipulación y el transporte de productos químicos peligrosos en los lugares de trabajo son habituales en prácticamente todos los sectores productivos, pero es en la industria química donde su presencia, manipulación y transporte es más significativa.

Por ello, para completar el estudio de los riesgos existentes en la industria química y de las medidas de prevención y protección que hay que adoptar frente a estos riesgos, es necesario analizar la identificación y gestión de los riesgos derivados de la utilización de los productos químicos.

Dicha información está contenida en el módulo «Productos químicos», de la parte troncal del máster, dedicada a la seguridad en el trabajo, que hace referencia a las siguientes materias:

- Concepto y caracterización del producto químico
  - Definición
  - Aspectos básicos de los Reglamentos comunitarios 1907/2006 y 1272/2008
  - Clasificación de los productos químicos: tipos de peligrosidad, palabras de advertencia, pictogramas, indicaciones de peligro y consejos de prudencia
  - Identificación de los productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad
  - Protección de la salud y seguridad de los trabajadores: Real Decreto 374/2001, de 6 de abril
  
- Almacenamiento de productos químicos: normativa de referencia y las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento
  - Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias
  - ITC-MIE-APQ-0. Definiciones generales
  - ITC-MIE-APQ-1. Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos
  - ITC-MIE-APQ-2. Almacenamiento de óxido de etileno en recipientes fijos
  - ITC-MIE-APQ-3. Almacenamiento de cloro
  - ITC-MIE-APQ-4. Almacenamiento de amoníaco anhidro
  - ITC-MIE-APQ-5. Almacenamiento de gases en recipientes a presión móviles
  - ITC-MIE-APQ-6. Almacenamiento de líquidos corrosivos en recipientes fijos
  - ITC-MIE-APQ-7. Almacenamiento de líquidos tóxicos en recipientes fijos
  - ITC-MIE-APQ-8. Almacenamiento de fertilizantes a partir de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno
  - ITC-MIE-APQ-9. Almacenamiento de peróxidos orgánicos y de materias autorreactivas
  - ITC-MIE-APQ-10. Almacenamiento en recipientes móviles
  
- Transporte de mercancías peligrosas
  - Transporte de mercancías peligrosas por carretera

- Aspectos fundamentales de la normativa vigente: clases de mercancías peligrosas, identificación de peligros y materias, y documentación
- Normas de actuación en caso de avería o accidente
- Consejero de seguridad
  
- Residuos peligrosos
  - Definición
  - Normativa básica sobre residuos
  - Gestión de residuos industriales
  
- Accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas

## 2. Fabricación de pinturas y revestimientos: riesgos y medidas preventivas

### 2.1. Introducción

Bajo los términos de *pinturas* y *revestimientos* se agrupan pinturas, barnices, lacas, colorantes, tintas para impresión y otros productos.

- Las pinturas tradicionales consisten en una dispersión de partículas de pigmentos en un vehículo formado por un agente reticulante o un secante (un aceite o una resina, por lo común) y un diluyente (por lo general, un disolvente volátil). Asimismo, puede contener una gran variedad de cargas y otros aditivos. Las pinturas tradicionales constaban de menos de un 70 % de sólidos y el resto eran en su mayor parte disolventes. A raíz de las normas sobre contaminación atmosférica que limitan la cantidad de disolventes que pueden ser emitidos a la atmósfera, se han elaborado múltiples tipos de pinturas con poco o ningún disolvente orgánico. Entre estas se encuentran: pinturas de látex a base de agua; pinturas catalizadas mixtas; pinturas con alto contenido en sólidos, incluidas las pinturas formadas principalmente por pigmentos y plastificantes; y revestimientos de pintura en polvo.
- Un barniz es una solución de aceite y resina natural en un disolvente orgánico. También se utilizan resinas sintéticas.
- Las lacas son revestimientos en los que la película se seca o endurece completamente por evaporación del disolvente.

### 2.2. Procesos de fabricación

#### 2.2.1. Proceso general

La fabricación de pinturas y revestimientos consiste en una serie de operaciones unitarias en las que se emplean procesos discontinuos. Las reacciones químicas son pocas o ninguna; las operaciones son en su mayoría mecánicas.

La fabricación, en general, implica las siguientes fases:

- **Formulación:** consiste en la selección de materias primas y el cálculo de los porcentajes adecuados de la mezcla para obtener un producto con las propiedades definidas.
- **Recepción de materias primas:** las materias primas se reciben en camiones cisterna, vagones cisterna y barriles. La forma normal de descarga consiste en el bombeo a través de un sistema central, a los tanques de alma-

cenamiento. Se utilizan cintas transportadoras, elevadores y plataformas de rodillos.

- **Dosificación:** es el pesado individual de cada una de las materias primas indicadas en la orden de producción, mediante balanzas e instrumentos volumétricos.
- **Dispersión:** es la etapa de separación de los aglomerados de pigmento, hasta obtener una distribución homogénea y estable en un medio líquido a través de agitación continua.
- **Molienda:** tiene por objeto completar la dispersión y busca reducir aún más el tamaño de los grumos cuando es necesario. Se utilizan molinos de bolas, molinos de arena, molinos de rodillos, molinos amasadores o molinos cinéticos.
- **Dilución:** es la etapa en donde se adiciona un vehículo de dilución formado por disoluciones de resinas, aceites y disolventes. La operación consiste fundamentalmente en mezclar y homogenizar el pigmento dispersado con los demás materiales de la pintura.
- **Tinturación:** consiste en tinturar la pintura con pastas de color, hasta obtener el tono deseado.
- **Envasado del producto en recipientes predeterminados.**

### 2.2.2. Pinturas

Las materias primas utilizadas para fabricar pinturas se encuentran en forma de líquidos, sólidos, polvos, pastas y suspensiones. Se pesan y se mezclan. Las partículas aglomeradas de pigmento deben disgregarse al tamaño original y humectarse con aglutinante para asegurar la dispersión en la matriz líquida.

Después del tratamiento inicial, se añade resina a la pasta y se repite el proceso de molienda durante un periodo más corto. El material disperso se transfiere a un tanque de decantación en el que se pueden añadir otros materiales, como colorantes. En el caso de pinturas a base de agua el aglutinante se añade en esta etapa.

A continuación, se diluye la pasta con resina o disolvente, se filtra y se transfiere al área de llenado de envases, que se realiza manual o mecánicamente.

Después del proceso de dispersión puede ser necesario limpiar los tanques y los molinos antes de introducir un nuevo lote. En esta etapa se utilizan herramientas manuales y eléctricas, así como limpiadores alcalinos y disolventes.

### 2.2.3. Lacas

La fabricación de lacas se realiza habitualmente en equipos cerrados, como tanques y mezcladores, con el fin de minimizar la evaporación del disolvente. Por lo demás, la producción de laca tiene lugar de la misma forma que la producción de pintura.

#### **2.2.4. Barnices**

En la fabricación de barnices de oleorresinas se calientan el aceite y la resina para hacerlos más compatibles, desarrollar moléculas o polímeros de alto peso molecular y aumentar la solubilidad en el disolvente.

Se utilizan grandes reactores cerrados. Estos reactores son similares a los utilizados en la industria de procesos químicos. Están provistos de agitadores, mirillas, tuberías para llenar y vaciar los reactores, condensadores, dispositivos de medición de la temperatura, fuentes de calor, etc.

#### **2.2.5. Revestimientos en polvo**

Los revestimientos en polvo son productos sin disolventes basados en la fusión de resinas y otras partículas de aditivos sobre las superficies de objetos calientes.

Pueden ser termoestables o termoplásticos e incluyen resinas de tipo epoxi, polietileno, poliéster, cloruro de polivinilo y acrílicas.

El método más habitual de fabricación consiste en la mezcla en seco de los ingredientes pulverulentos y el mezclado por fusión y extrusión.

Se pesan la resina seca o el aglutinante, el pigmento, el material de carga y los aditivos y se transfieren a un mezclador. Después del mezclado, el material se coloca en un extrusor y se calienta hasta que se funde. El material fundido se extruye sobre una correa transportadora refrigerante y después se transfiere a un granulador. El granulado se pasa a través de un molino fino y se tamiza para obtener el tamaño de partícula deseado. Por último, el revestimiento en polvo se envasa.

### **2.3. Riesgos y medidas preventivas**

En general, los principales riesgos asociados con la fabricación de pintura y revestimientos, por una parte, derivan de la manipulación de materiales, que pueden ser sustancias tóxicas, inflamables o explosivas; y, por otra, tienen que ver con agentes físicos, como descargas eléctricas, ruido, calor y frío.

#### **2.3.1. Riesgos derivados de la manipulación manual de cargas**

La manipulación manual de cajas, barriles, recipientes, etc., que contienen las materias primas y los productos terminados, es la principal fuente de lesiones debido a la elevación incorrecta, deslizamientos, caídas, goteo de recipientes, etc.

Las medidas preventivas incluyen controles técnicos y ergonómicos, tales como medios auxiliares para manipulación de materiales (rodillos, gatos y plataformas) y equipos mecánicos (transportadores, montacargas y elevadores-transportadores de horquilla), suelos antideslizantes, equipo de protección personal, como zapatos de seguridad, y la formación adecuada en la elevación manual y otras técnicas de manipulación de materiales.

### 2.3.2. Riesgos derivados de la utilización de productos químicos

Los principales riesgos derivados de la utilización de productos químicos son:

- **La inhalación a polvos tóxicos**, que puede presentarse durante la pesada, el llenado del mezclador y las tolvas del molino, las operaciones con equipos abiertos, el llenado de recipientes de pinturas en polvo y la limpieza del equipo y de los vertidos de los recipientes. Las medidas preventivas que se deben adoptar son la sustitución de polvo por pasta o suspensiones; la ventilación por extracción localizada para la abertura de bolsas y sacos y para el equipo de proceso, el cierre del equipo, los procedimientos de limpieza de vertidos y el uso de equipos de protección individual.
- **La inhalación de disolventes volátiles**. En la fabricación de pinturas y revestimientos se utilizan diversos disolventes volátiles, entre ellos hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, cetonas, etc. Los disolventes más volátiles se encuentran normalmente en lacas y barnices. La exposición a los vapores de disolvente se puede producir durante la dilución en la fabricación de pinturas a base de disolventes; mientras se cargan los recipientes de reacción, en la fabricación de barnices; durante el llenado de los envases con cualquier revestimiento a base de disolventes; y durante la limpieza manual del equipo de proceso con disolventes. Las medidas preventivas más eficaces son el cerramiento de los recipientes y la utilización de equipos de protección individual de las vías respiratorias. No hay que olvidar el riesgo en la limpieza de los reactores, que implica la aplicación de procedimientos adecuados a espacios confinados.
- **El contacto de la piel con productos irritantes**. Algunas protecciones son el cerramiento de los equipos y la utilización de guantes y otras ropas y equipos de protección personal, la formación respecto a materiales peligrosos y las buenas prácticas de trabajo.
- El riesgo de incendio y explosión debido al uso de los disolventes volátiles o polvos combustibles y aceites. Las fuentes de ignición pueden ser equipos defectuosos, fricciones, llamas abiertas, electricidad estática o derrames de aceite en el suelo. Las medidas preventivas principales son la conexión a tierra de los equipos al transferir los disolventes inflamables y los molinos, una ventilación adecuada, la eliminación de las fuentes de ignición, el uso de herramientas antichispa y las buenas prácticas en operaciones de mantenimiento.
- **El atrapamiento en los equipos de trabajo**. La protección inadecuada de las máquinas es una causa frecuente de lesiones ocasionadas por atrapa-

miento. Las medidas preventivas que se han de adoptar son las generales aplicables a todos los equipos de trabajo.

- **Los riesgos de ruido** se pueden asociar al uso de molinos de bolas y martillos, dispersadores de alta velocidad, tamices vibradores utilizados para el filtrado, etc. Las medidas de precaución son aislantes de vibración y otros controles técnicos, la sustitución del equipo ruidoso, un buen mantenimiento del equipo, el aislamiento de la fuente de ruido, equipos de protección individual y un programa de conservación de audición cuando el ruido sea excesivo.
- **Los riesgos eléctricos** son también un problema si no existe un programa de enclavamiento y desconexión para el mantenimiento y la reparación de los equipos.
- **Las quemaduras** debidas a los recipientes de calentamiento de los barnices y a las salpicaduras de los materiales a causa de las colas fundidas utilizadas para el sellado de recipientes y etiquetas.

Por último, cabe recordar que las materias primas que se tratan en la fabricación de pinturas y revestimientos, por lo general, son productos químicos, a los cuales les son de aplicación, en materia de prevención de riesgos laborales, la normativa señalada en el apartado anterior.

## 3. Industria farmacéutica

### 3.1. Introducción

Las industrias farmacéutica, bioquímica y de productos químicos orgánicos sintéticos comparten numerosos procesos de fabricación. No obstante, la industria farmacéutica destaca por la mayor diversidad, la menor escala y la especificidad de sus aplicaciones. Debido a que tiene como objetivo producir sustancias con actividad farmacológica, muchos agentes utilizados en I+D y en la fabricación farmacéutica son peligrosos para los trabajadores.

Se utilizan productos químicos industriales en la investigación y desarrollo de principios activos y en la fabricación de sustancias base y de productos farmacéuticos terminados. Se trata de materias primas que sirven de reactivos, catalizadores y disolventes. Su utilización está determinada por los procesos y las operaciones específicas de fabricación. Muchos de ellos pueden ser peligrosos para los trabajadores. Por este motivo, las organizaciones gubernamentales, técnicas y profesionales han establecido límites de exposición profesional.

Los principios farmacológicamente activos pueden ser productos naturales o fármacos sintéticos. Los primeros derivan de fuentes vegetales o animales, mientras que los segundos son producidos mediante técnicas microbiológicas y químicas. Los antibióticos, las hormonas esteroideas y peptídicas, las vitaminas, las enzimas, las prostaglandinas y las feromonas son productos naturales importantes. La investigación científica se centra cada vez más en los fármacos sintéticos debido a los últimos avances en biología molecular, bioquímica, farmacología e informática.

Durante la fabricación farmacéutica se combinan principios activos y materiales inertes (excipientes) para producir diferentes formas galénicas: comprimidos, cápsulas, líquidos, jarabes, polvos, cremas y pomadas.

Los excipientes farmacéuticos (aglutinantes, sustancias de carga, aromatizantes, diluyentes, conservantes, antioxidantes, etc.) se mezclan con los principios activos para dar a las formas galénicas las propiedades físicas y farmacológicas deseadas.

### 3.2. Procesos de producción

Dentro de las operaciones de fabricación farmacéutica se puede distinguir entre:

- la producción básica de principios activos a granel y

- la fabricación farmacéutica de formas galénicas.

### **3.2.1. Producción básica de principios activos a granel**

Existen tres tipos de procesos:

- fermentación
- síntesis de productos químicos orgánicos
- extracción biológica y natural

Estas operaciones pueden ser discontinuas, continuas o una combinación de ambas. Los antibióticos, los esteroides y las vitaminas se producen por fermentación, mientras que muchos principios activos nuevos se producen por síntesis orgánica.

#### **a) Fermentación**

La fermentación es un proceso bioquímico en el que se utilizan microorganismos seleccionados y técnicas microbiológicas para obtener un producto químico.

#### **b) Síntesis química**

Los procesos de síntesis química utilizan productos químicos orgánicos e inorgánicos en operaciones discontinuas para producir principios activos dotados de determinadas propiedades físicas y farmacológicas. Por lo general, se realizan una serie de reacciones químicas, aislándose los productos por extracción, cristalización y filtración. Los productos terminados se secan, trituran y mezclan.

Esta industria se caracteriza por el empleo de procesos en varias etapas, en las que el producto de una etapa es el material de partida de la siguiente hasta que se sintetiza el principio activo terminado.

Los reactores son el equipo principal de las operaciones de síntesis química; se trata de recipientes a presión con revestimiento inoxidable, de vidrio o de aleación de metales. Disponen de cubierta externa y de serpentines internos rellenos de agua fría, vapor o aceite. La cubierta se calienta o se enfría según necesidades de la reacción.

Los intercambiadores de calor están conectados a los reactores y se utilizan para calentar o enfriar la reacción y condensar los vapores de disolventes cuando se calientan por encima de su punto de ebullición, creando un reflujo o reciclado de los vapores condensados.

Los productos químicos se recuperan o aíslan mediante separación, purificación y filtración. Estos productos están contenidos en las aguas madre como sólidos disueltos o suspendidos en una mezcla de disolventes. Las aguas madre pueden transferirse entre recipientes o equipos del proceso a través de tuberías o montacargas temporales o permanentes, mediante bombas, gases inertes a presión, vacío o gravedad. La transferencia de materiales puede crear problemas debido a las velocidades de reacción, las temperaturas o las presiones críticas, las características del equipo de procesado y la posibilidad de fugas y vertidos. Se requieren precauciones especiales para minimizar la electricidad estática cuando los procesos utilizan o generan gases y líquidos inflamables. La carga de los líquidos inflamables mediante tubos de inmersión, la unión a tierra y eléctrica de los materiales conductores y el mantenimiento de atmósferas inertes dentro del equipo del proceso reducen el riesgo de incendio o explosión.

### c) Extracción biológica y natural

Se procesan grandes volúmenes de materiales naturales, tales como sustancias vegetales y animales, para extraer sustancias farmacológicamente activas. En cada etapa se reducen los volúmenes mediante una serie de procesos discontinuos, hasta obtener el fármaco final. Los procesos se suelen realizar en campañas de algunas semanas de duración, hasta conseguir la cantidad deseada de producto terminado.

Se utilizan disolventes para eliminar grasas y aceites insolubles, extrayendo así el principio activo terminado.

### 3.2.2. Fabricación farmacéutica de formas galénicas

Los principios activos se transforman en formas galénicas antes de su dispensación o administración a humanos o animales. Para ello, se mezclan con excipientes farmacéuticos, como aglutinantes, sustancias de carga, aromatizantes, diluyentes, conservantes y antioxidantes. Estos ingredientes se secan, se trituran, se mezclan, se comprimen o se granulan para obtener las propiedades deseadas antes de su fabricación como una formulación final. Los comprimidos y las cápsulas son formas orales muy comunes; otra forma habitual son los líquidos estériles para inyección o aplicación oftálmica.

Las mezclas farmacéuticas se pueden comprimir mediante granulación húmeda, compresión directa o golpeo para obtener las propiedades físicas deseadas antes de su formulación como un fármaco terminado. En la granulación húmeda los principios activos y los excipientes se humedecen con soluciones acuosas o disolventes; así se obtienen gránulos groseros con mayor tamaño de partícula. Se secan los gránulos, se mezclan con lubricantes (por ejemplo, estearato de magnesio), disgregantes o aglutinantes y después se comprimen a comprimidos.

Durante la compresión directa, una matriz de metal sostiene una cantidad medida de la mezcla mientras un punzón comprime el comprimido. Los fármacos que no son lo suficientemente estables para la granulación húmeda o que no pueden ser comprimidos directamente son golpeados. El golpeo o granulación seca mezcla y comprime comprimidos relativamente grandes que son triturados y tamizados a un tamaño de partícula determinado y después se vuelven a comprimir en el comprimido final.

Los materiales mezclados y granulados se pueden producir también en forma de cápsulas. Las cápsulas de gelatina dura se secan, se pulen, se rellenan y se unen en máquinas llenadoras de cápsulas.

Las formas líquidas se utilizan a modo de soluciones estériles para inyección en el organismo o administración ocular; se fabrican también líquidos, suspensiones y jarabes para ingestión oral, así como tinturas para aplicar sobre la piel. Para la fabricación de líquidos estériles y la prevención de contaminación microbiológica y de partículas, se requieren condiciones medioambientales muy controladas, la utilización de equipos de procesado confinados y el empleo de materias primas purificadas. Se deben limpiar y mantener los servicios de la instalación (por ejemplo, ventilación, vapor y agua), el equipo de procesado y las superficies del lugar de trabajo de modo que se prevenga y se minimice la contaminación. Se utiliza agua a presión y temperatura elevada para destruir y filtrar bacterias y otros contaminantes del suministro de agua estéril cuando se preparan soluciones para inyección.

Los líquidos parenterales se inyectan en el organismo mediante administración intradérmica, intramuscular e intravenosa. Se esterilizan por calor seco o húmedo a presiones elevadas con filtros bacterianos. No es necesario esterilizar las soluciones para la administración oral y tópica, pero las soluciones oftálmicas y los líquidos orales sí se preparan mezclando los principios activos con un disolvente o conservante para inhibir el crecimiento de bacterias y hongos.

Las suspensiones líquidas y las emulsiones se preparan mediante molinos coloidales y homogeneizadores, respectivamente, y las cremas y pomadas, mezclando principios activos con vaselina, grasas consistentes o emolientes para envasarlas después en tubos de plástico o metal.

### **3.3. Seguridad y salud de los trabajadores**

A continuación, se enuncian los distintos riesgos que afectan a la seguridad y salud de los trabajadores. Las medidas de prevención y protección que deben adoptarse ante estos riesgos son las generales y ya enunciadas en otros apartados del máster, a los cuales habrá que acudir para recordarlas.

### **3.3.1. Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de fermentación**

Las piezas móviles de las máquinas y el equipo presentan riesgos para la seguridad del trabajador; otros factores de riesgo son el vapor a alta presión, el agua y las superficies calientes, así como los ambientes calurosos en el lugar de trabajo; los productos químicos corrosivos e irritantes; la manipulación manual de materiales y equipos, y los niveles altos de ruido.

Pueden producirse exposiciones a vapores de disolventes al recuperar o aislar los productos, y a los disolventes como consecuencia de la falta de confinamiento de los equipos de filtración y las emisiones fugitivas de bombas, válvulas y estaciones colectoras durante los procesos de extracción y purificación.

Dado que el aislamiento y el crecimiento de microorganismos son esenciales para la fermentación, los riesgos biológicos se reducen utilizando microbios no patógenos, manteniendo los equipos cerrados y tratando el caldo utilizado antes de su vertido.

Durante las extracciones de disolventes hay riesgos de incendio y explosión; no obstante, la inflamabilidad de los disolventes se reduce por dilución con agua en etapas de filtración y recuperación.

Los grandes volúmenes de vapor a presión y de agua caliente asociados a las operaciones de fermentación plantean riesgos de seguridad (quemaduras térmicas y escaldado).

### **3.3.2. Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de síntesis química**

Las operaciones de síntesis plantean muchos riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores; algunos como consecuencia de las piezas móviles de las máquinas, equipos y tuberías a presión, manipulación manual de materiales y equipos, vapor, líquidos, y superficies calientes y ambientes calurosos en el lugar de trabajo; espacios confinados y fuentes de energía peligrosas (electricidad), y altos niveles de ruido.

Los riesgos agudos y crónicos para la salud son resultado de la exposición del trabajador a productos químicos peligrosos durante las operaciones de síntesis.

Los productos químicos con efectos agudos sobre la salud pueden:

- dañar los ojos y la piel,
- ser corrosivos o irritantes para los tejidos corporales,
- provocar sensibilización o reacciones alérgicas, o
- ser asfixiantes, hasta provocar asfixia o deficiencia de oxígeno.

Los productos químicos con efectos crónicos sobre la salud pueden:

- provocar cáncer,
- provocar alteraciones hepáticas, renales o pulmonares, o
- afectar a los sistemas nervioso, endocrino, reproductor u otros órganos.

Los riesgos para la salud y la seguridad se pueden controlar aplicando las medidas de control adecuadas (p. ej., modificaciones del proceso, controles técnicos, prácticas administrativas, equipo de protección personal y respiratoria).

Las reacciones de síntesis orgánica pueden provocar incendio o explosiones o reacciones químicas incontroladas que pueden afectar a la población establecida en los alrededores de la planta.

La seguridad del proceso es muy complicada en la síntesis orgánica, por lo que deben adoptarse las siguientes técnicas:

- examen de la dinámica de las reacciones químicas y de las propiedades de los materiales altamente peligrosos
- diseño, funcionamiento y mantenimiento de los equipos y servicios
- formación del personal técnico y operativo
- preparación y respuestas de emergencia de la instalación y la comunidad local

### **3.3.3. Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de extracción biológica y natural**

Algunos trabajadores desarrollan reacciones alérgicas o irritaciones cutáneas al manipular ciertas plantas.

Las sustancias de origen animal pueden estar contaminadas con organismos infecciosos a menos que se adopten las precauciones adecuadas.

Los trabajadores pueden estar expuestos a disolventes y productos químicos corrosivos durante las operaciones de extracción biológica y natural.

El almacenamiento, la manipulación, el procesado y la recuperación de líquidos inflamables presentan riesgos de incendio y explosión.

La seguridad de los trabajadores está amenazada por las piezas móviles mecánicas; el vapor, el agua y las superficies calientes y los lugares de trabajo calurosos, así como los elevados niveles de ruido.

Los problemas de la seguridad del proceso están a menudo atenuados por los grandes volúmenes de materiales vegetales y animales, y por las actividades de extracción de disolventes a menor escala.

Durante las operaciones de extracción y recuperación puede existir peligro de incendio y explosión, y pueden producirse exposiciones de los trabajadores a disolventes o productos químicos corrosivos o irritantes, en función de la química específica y el confinamiento del equipo de procesado.

### **3.3.4. Seguridad y salud de los trabajadores en el proceso de fabricación farmacéutica de formas galénicas**

Los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores durante la fabricación farmacéutica son causados por las piezas móviles de las máquinas (engranajes, correas y ejes expuestos) y las fuentes de energía peligrosas (eléctricas, neumáticas, térmicas, etc.); la manipulación manual de materiales y equipos; el vapor a alta presión, el agua y las superficies calientes; los líquidos inflamables y corrosivos, y los altos niveles de ruido.

Se pueden producir exposiciones a polvos transportados por el aire durante la dispensación, el secado, la molturación y la mezcla.

Es especialmente preocupante la exposición a los productos farmacéuticos cuando se manipulan o procesan mezclas que contienen grandes proporciones de principios activos.

Muchas de las operaciones (p. ej., granulación, mezcla, composición y secado) utilizan líquidos inflamables que pueden crear atmósferas inflamables o explosivas.

Algunos polvos farmacéuticos son altamente explosivos; por lo tanto, se deben examinar sus propiedades físicas antes de su procesado.

El secado en lecho fluido, la molturación y el golpeo pueden ser peligrosos cuando se utilizan materiales potencialmente explosivos.

## 4. Industria del plástico: riesgos y medidas preventivas

### 4.1. Introducción

La industria del plástico comprende, básicamente, dos sectores:

- El primer sector incluye los proveedores de materias primas que fabrican polímeros y compuestos de moldeo a partir de productos intermedios que ellos mismos pueden haber producido.
- El segundo sector consta de manipuladores que convierten las materias primas en artículos vendibles utilizando diversos procesos, como moldeo por extrusión e inyección.

Otros sectores incluyen los fabricantes de maquinaria que proporcionan equipos a los manipuladores y proveedores de aditivos especiales para el uso en la industria.

Los riesgos en la fabricación de polímeros coinciden con los de la industria química, de la que forma parte la industria del plástico, mientras que la construcción de máquinas de transformación del plástico presenta unos riesgos similares a los del sector de la fabricación de maquinaria en general. Por ello, este módulo se dedica exclusivamente a los riesgos y a las medidas preventivas en el sector de la fabricación de productos de plástico.

### 4.2. Procesado de plásticos

Los materiales plásticos se clasifican en dos grandes categorías:

- **Materiales termoplásticos**, que se pueden ablandar repetidamente mediante la aplicación de calor.
- **Materiales termoestables**, que experimentan un cambio químico cuando se calientan y moldean y no se pueden transformar posteriormente mediante la aplicación de calor.

#### 4.2.1. Materias primas

La industria de proceso de plásticos convierte material polimérico a granel en artículos terminados.

La unidad de proceso de la industria del plástico recibe sus materias primas para la producción en las formas siguientes:

- **Material polimérico** completamente formulado, en forma de pellets, gránulos o polvo, que se introduce directamente en las máquinas para su procesamiento.
- **Polímeros no formulados**, en forma de gránulos o polvo, que deben ser mezclados con aditivos antes de introducirlos en la maquinaria.
- **Materiales en forma de hojas**, rodillos, tubos y láminas poliméricos, que son sometidos a posteriores procesos en la industria.
- **Otros materiales**, que pueden ser totalmente polimerizados en forma de suspensiones o emulsiones (conocidos generalmente como dispersiones poliméricas) o líquidos o sólidos que pueden polimerizarse, o sustancias en un estado intermedio entre las materias primas reactivas y el polímero final.

#### 4.2.2. Aditivos

La fabricación de compuestos a partir de polímeros implica la mezcla del polímero con aditivos.

Entre los aditivos más frecuentes se encuentran los siguientes:

- **Plastificantes**, generalmente ésteres de baja volatilidad.
- **Antioxidantes**, productos químicos orgánicos para proteger frente a la descomposición térmica durante el tratamiento.
- **Estabilizantes**, productos químicos inorgánicos u orgánicos para proteger frente a la descomposición térmica y frente a la degradación por energía radiante.
- **Lubricantes**.
- **Materiales de carga**, sustancias baratas que dan propiedades especiales o abaratan las composiciones.
- **Colorantes**, sustancias orgánicas o inorgánicas para teñir los compuestos.
- **Agentes de espumación**, gases o productos químicos que emiten gases para producir espumas plásticas.

#### 4.2.3. Procesos de conversión

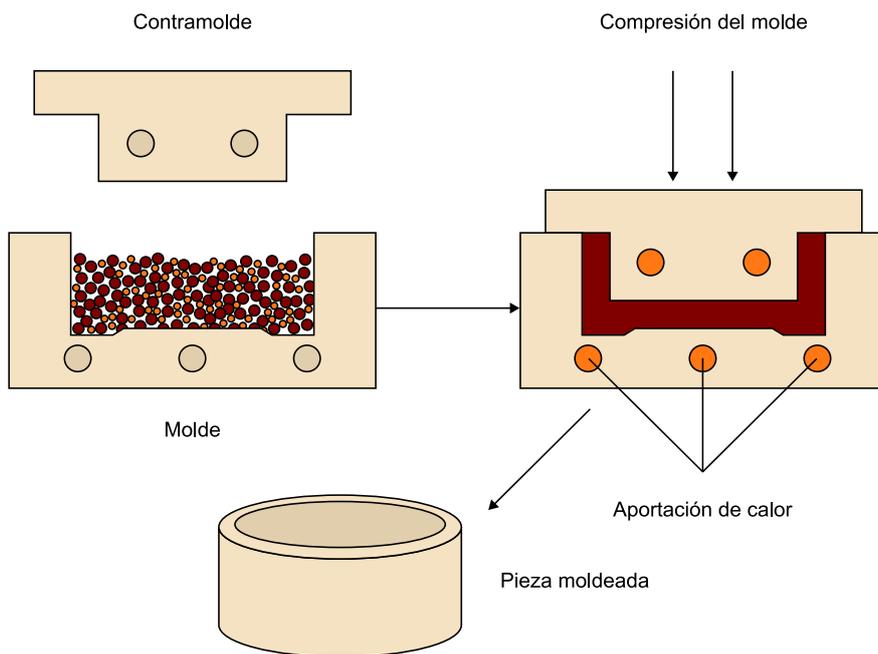
Todos los procesos de conversión se basan en el fenómeno «plástico» de los materiales poliméricos y se clasifican en dos tipos:

- Aquellos en los que el polímero se lleva, mediante calentamiento, a un estado plástico en el que se aplica una constricción mecánica que da lugar a una forma que retiene al consolidarse y enfriarse.
- Aquellos en los que un material polimerizable, que puede estar parcialmente polimerizado, se polimeriza totalmente por la acción del calor, de un catalizador o de ambos conjuntamente, bajo una constricción mecánica que permite obtener una forma que retiene cuando está completamente polimerizado y frío.

Los procesos que se utilizan habitualmente son:

a) **Moldeo por compresión.** Consiste en calentar el material plástico, que puede estar en forma de gránulos o polvo, en un molde sostenido en una prensa. Cuando el material se hace «plástico», la presión lo fuerza a adoptar la forma del molde. Si el plástico es del tipo que se endurece al calentar, el artículo formado se retira después de un corto periodo de calentamiento abriendo la prensa. Si el plástico no se endurece al calentar, debe enfriarse antes de abrir la prensa.

Figura 6. Moldeo por compresión



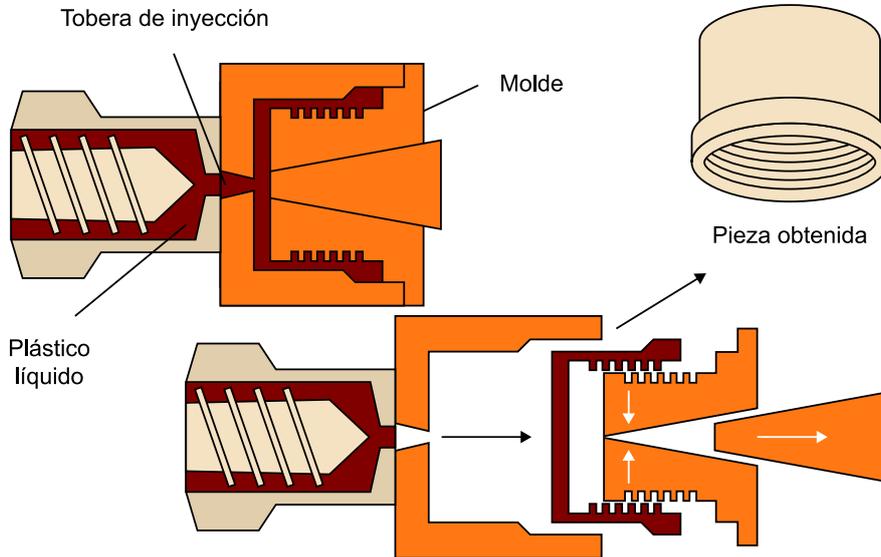
Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-compresion.html>

b) **Moldeo a presión.** Es una modificación del moldeo por compresión. El material termoestable se calienta en una cavidad y después se introduce mediante un pistón en un molde que está físicamente separado y calentado independientemente de la cavidad de calefacción. Este método se prefiere al moldeo por compresión cuando el artículo final tiene que llevar insertos metálicos delicados.

c) **Moldeo por inyección.** En este proceso los gránulos o polvos de plástico se calientan en un cilindro (conocido como husillo) que está separado del molde. El material se calienta hasta que se hace fluido mientras se transporta por el husillo mediante un tornillo helicoidal y después se empuja al molde donde se enfría y endurece. Después el molde se abre mecánicamente y se sacan los artículos formados.

Este proceso es uno de los más importantes en la industria de plásticos. Se ha desarrollado extensamente y se ha conseguido fabricar artículos muy complejos a un coste muy bajo.

Figura 7. Proceso de moldeo



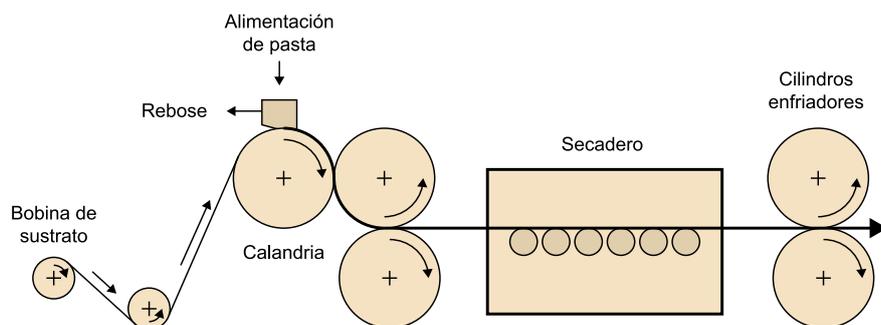
Fuente: <https://www.aristegui.info/problemas-comunes-en-el-moldeo-por-inyeccion-y-sus-soluciones/>

Aunque el moldeo a presión y por inyección son en principio idénticos, la maquinaria empleada es muy diferente. El moldeo a presión se emplea normalmente para materiales termoendurecidos y el moldeo por inyección, para los termoplásticos.

**d) Extrusión.** Este es un proceso en el que una máquina ablanda un plástico y lo hace pasar a través de un troquel que le da una forma que se mantiene al enfriarse. Los productos de la extrusión son tubos o rodillos que pueden tener secciones transversales con prácticamente cualquier configuración.

**e) Calandrado.** En este proceso se introduce un plástico entre dos o más rodillos calentados y se convierte en una hoja pasándolo entre ellos y enfriando a continuación.

Figura 8. Recubrimiento por calandrado



Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/calandrado.html>

**f) Moldeo por insuflación de aire comprimido.** Este proceso se puede considerar una combinación del proceso de extrusión y de termomoldeo. Se extruye un tubo en un molde abierto; cuando alcanza el fondo, el molde se cierra en torno a él y se expande el tubo por presión de aire. De esta manera se fuerza el plástico a los lados del molde y se sellan la parte superior y la inferior. Una vez frío, se extrae el artículo del molde. En este proceso se obtienen artículos huecos, de los cuales las botellas son los más importantes.

**g) Moldeo por rotación.** Este proceso se utiliza para la producción de artículos moldeados calentando y enfriando una forma hueca que se rota para que la fuerza de la gravedad distribuya polvo finamente dividido o líquido sobre la superficie interna de dicha forma. Algunos artículos fabricados mediante este método son balones de fútbol, muñecas y otros artículos similares.

**h) Colada de películas.** Además de por extrusión, se pueden formar películas mediante extrusión de un polímero caliente en un tambor de metal muy pulido, o bien pulverizando una solución de polímero en una correa en movimiento. Se usa para plastificar papel o cartón.

**i) Termoformado.** Bajo este epígrafe se agrupan varios procesos en los que una hoja de un material plástico, con más frecuencia termoplástico, se calienta, por lo general en un horno, y después de sujetar el perímetro se moldea en una forma determinada mediante presión de pistones mecánicos o de aire o vapor comprimidos.

**j) Conformado por vacío.** Bajo esta denominación general se incluyen muchos procesos, todos ellos de moldeo térmico, y con la característica común de que se calienta una hoja de plástico en una máquina sobre una cavidad, alrededor de cuyo borde se sujeta, y cuando resulta flexible se fuerza por succión dentro de la cavidad, en la que adopta una forma específica y se enfría. En una operación posterior el artículo se pule sin la hoja.

**k) Laminado.** En todos los procesos de laminado se comprimen dos o más materiales en forma de hojas para obtener una hoja o un panel con propiedades especiales.

### **4.3. Riesgos y su prevención**

Los riesgos especiales de la industria de los polímeros están estrechamente relacionados con los de la industria petroquímica y dependen en gran parte de las sustancias utilizadas. Un riesgo general importante es el peligro de incendios y explosiones debido a la naturaleza de las materias primas utilizadas.

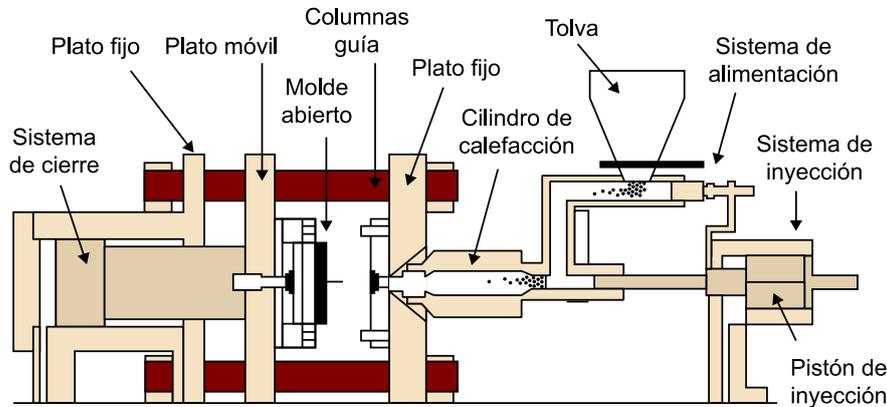
La industria de procesamiento de plásticos presenta riesgos de lesiones debido a la maquinaria utilizada, riesgos de incendio como consecuencia de la capacidad de combustión de los plásticos y su polvo y riesgos para la salud por los numerosos productos químicos utilizados.

#### 4.3.1. Riesgo de atrapamiento (lesiones)

La mayor parte de los procesos de conversión de plástico depende casi por completo del uso de maquinaria. En consecuencia, los principales riesgos son los asociados al uso de dicha maquinaria, durante el funcionamiento normal y durante su limpieza, instalación y mantenimiento.

- Las máquinas de moldeo por compresión, presión, inyección y soplado de aire tienen platos de prensa con una fuerza de cierre de muchas toneladas por centímetro cuadrado. Debe existir una protección adecuada para evitar amputaciones o lesiones por aplastamiento. Esto se consigue generalmente cerrando las zonas peligrosas y bloqueando las protecciones móviles con los controles de la máquina. Una protección de bloqueo no debe permitir movimientos peligrosos dentro del área protegida y debe hacer que las piezas peligrosas paren o inviertan el movimiento peligroso cuando se abra la protección durante el funcionamiento de la máquina.

Figura 9. Esquema de una máquina de moldeo por inyección con pistón



Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema5.pdf>

- En el caso de procesos con hojas de plástico, un riesgo habitual son los atrapamientos entre los rodillos en funcionamiento y durante el tratamiento de la hoja. Esto se produce en los rodillos tensores y dispositivos de arrastre en la planta de extrusión y calandrados. Se puede conseguir la protección utilizando un dispositivo de desenganche localizado adecuadamente que de manera inmediata pare o invierta el movimiento peligroso de los rodillos.
- Muchas de las máquinas de tratamiento de plástico funcionan a temperaturas muy altas; se pueden producir quemaduras graves si el cuerpo entra en contacto con metal o plástico caliente. Si es posible, estas partes se deben proteger cuando la temperatura sea superior a 50°C.

- Los bloqueos que se producen en las máquinas de moldeo por inyección y los extrusores se pueden liberar violentamente. Debe seguirse un sistema seguro de trabajo cuando se intenten liberar obstrucciones de plástico, en el que se incluye el uso de guantes y protección facial adecuados.
- La mayor parte de las funciones de las máquinas modernas están controladas por sistemas informáticos o de control electrónico programado, que también pueden controlar los dispositivos de desmontaje mecánico o estar unidos a robots. En estos casos, cuando hay que aproximarse al área de trabajo resulta esencial instalar un programa adecuado de bloqueo y cierre antes de realizar este tipo de trabajo, particularmente cuando no se puede conseguir una protección completa mediante los dispositivos de seguridad de la máquina.
- Los sistemas de emergencia o de socorro deben estar diseñados y señalizados de tal modo que actúen en situaciones en las que el control programado falle por cualquier motivo, por ejemplo durante una interrupción del suministro de energía.
- Debe respetarse la adecuada disposición de las máquinas en el taller con espacios libres de trabajo para cada una de ellas.
- Deben comprobarse regularmente los dispositivos de seguridad.
- Sin una limpieza regular, los suelos se contaminan con aceite de las máquinas o con gránulos de plástico derramados.
- Se debe contar con métodos de trabajo que incluyan medios seguros de acceso a las áreas sobre el nivel del suelo.
- El mantenimiento de las máquinas debe estar programado y debe efectuarse con las debidas medidas de prevención y protección.
- Debe disponerse de espacio suficiente para el almacenamiento de materias primas y productos terminados; estas áreas deben estar claramente señalizadas.
- Los plásticos son buenos aislantes eléctricos; como consecuencia, se pueden crear cargas estáticas en la maquinaria sobre la que se desplazan hojas o películas. Estas cargas pueden tener un potencial suficiente para provocar accidentes graves o actuar como fuentes de ignición. Se deben utilizar eliminadores de electricidad para reducir estas cargas y aplicar tomas de tierra a las piezas metálicas.
- Las trituradoras (molinos trituradores de plástico en granza o reciclado) deben ser confinadas completamente para prevenir cualquier posibilidad de alcanzar los rotores a través de las aberturas de descarga y alimentación. Los rotores se mueven a alta velocidad, por lo que no se deben retirar las cubiertas hasta que se hayan detenido completamente.

Figura 10. Trituradora de plásticos



Fuente: <https://areadetecno.wordpress.com/2016/05/30/julio-2014-opcion-a-trituradora-de-plasticos/>

### 4.3.2. Riesgo de incendio y explosión

Los plásticos son materiales combustibles, aunque no todos los polímeros soportan la combustión. En forma de polvo finamente dividido pueden alcanzar concentraciones explosivas en el aire. Cuando exista este riesgo se debe controlar el polvo, preferentemente en un sistema cerrado, con discos de ruptura suficientes con venteo a baja presión a un lugar seguro.

Es esencial una limpieza escrupulosa para prevenir acumulaciones de polvo en las salas de trabajo que pueden transportarse por el aire y provocar una explosión secundaria.

Los polímeros pueden estar sometidos a degradación térmica y pirólisis a temperaturas no muy superiores a las del tratamiento normal. En estas circunstancias se pueden crear presiones suficientes en el husillo o el extrusor para, por ejemplo, expulsar el plástico fundido y cualquier tapón sólido de plástico que provoque un bloqueo inicial.

En esta industria, es frecuente el uso de líquidos inflamables, tales como pinturas, adhesivos, agentes limpiadores y disolventes para soldadura. Las resinas de fibra de vidrio (poliéster) también emiten vapores inflamables de estireno. Deben reducirse al mínimo las existencias de estos líquidos en las salas de trabajo y han de almacenarse en lugares seguros cuando no se utilicen.

Las áreas de almacenamiento deben incluir lugares seguros al aire libre o un almacén resistente al fuego.

### 4.3.3. Riesgos para la salud

Existen numerosos riesgos para la salud asociados al proceso de plásticos.

- Raramente se utilizan los plásticos brutos, por lo que se deben adoptar las precauciones adecuadas frente a los aditivos utilizados (como son los jabones de plomo en PVC y ciertos colorantes orgánicos y de cadmio) en las distintas formulaciones.

- Es muy posible el riesgo de dermatitis a causa de los líquidos y polvos de productos químicos reactivos, por lo que deben utilizarse equipos de protección individual.
- Es posible la generación de humos en la degradación térmica de polímeros durante los procesos en caliente. Este problema se puede minimizar con controles técnicos. No obstante, debe evitarse la inhalación de productos de pirólisis en condiciones adversas, por ejemplo, el purgado del husillo extrusor. Será necesaria una buena ventilación y, en su caso, extracción localizada de humos.
- También existe el peligro de inhalación de vapores tóxicos procedentes de ciertas resinas termoendurecidas. La inhalación de isocianatos utilizados con las resinas de poliuretano puede provocar neumonía química y asma grave; una vez sensibilizadas, estas personas deben ser trasladadas a un trabajo alternativo. El problema es similar con las resinas de formaldehído.
- En la fabricación de algunos artículos se desprenden cantidades significativas de vapores de estireno, de modo que este trabajo debe realizarse en condiciones de buena ventilación general en las salas de trabajo.
- El uso habitual de hidrocarburos clorados para la limpieza, sin una ventilación por extracción adecuada, puede provocar a las personas narcosis.
- La eliminación de residuos de plásticos mediante incineración se debe realizar en condiciones cuidadosamente controladas.
- Durante el uso de las trituradoras pueden alcanzarse niveles de ruido muy alto, que pueden causar pérdidas auditivas en los operarios y personas que trabajan en las proximidades. Otro riesgo para la audición procede del sonido audible generado por las máquinas soldadoras por ultrasonido. Deben tomarse las medidas preventivas y de protección establecidas en la normativa vigente.
- Las quemaduras son otro riesgo. Algunos aditivos y catalizadores para la producción y el procesado de plásticos pueden ser muy reactivos al contacto del aire o el agua y pueden causar rápidamente quemaduras químicas. Siempre que se manipulen o transporten termoplásticos fundidos existe el riesgo de vertidos de material caliente y, por consiguiente, de quemaduras y escaldados. Deben utilizarse sistemas cerrados de manipulación y transporte, y equipos de protección individual.
- Los peróxidos orgánicos son irritantes y pueden provocar ceguera si salpican a los ojos. Debe llevarse protección ocular apropiada.

## **5. Industria de las artes gráficas: riesgos y medidas preventivas**

### **5.1. Caracterización del sector**

Desde la edad más remota, la humanidad ha tenido la necesidad de comunicarse y de transmitir sus experiencias a otras personas. Esta transmisión del conocimiento ha ido desde las pinturas rupestres del hombre de las cavernas hasta la utilización de la más alta tecnología digital. En toda esta cadena tiene un peso fundamental, aún hoy en día, la impresión sobre soporte papel. La impresión es esencial para la difusión del conocimiento, la educación o la transmisión de información. Aunque la invención de la imprenta se debe a Gutenberg en 1447, los chinos ya habían inventado en el año 1034 los caracteres móviles (tipos) hechos con barro cocido. Esta invención es la que permite una mayor reproductibilidad de los textos, que hasta entonces se hacía manualmente.

El conjunto de las diferentes maneras de transmitir la letra y los gráficos en el papel se engloba en el sector de las artes gráficas, sector que se estructura en cuatro subsectores (preimpresión, impresión, encuadernación y manipulación de papel y cartón) estrechamente relacionados entre sí, de los cuales trataremos los tres primeros.

En la preimpresión se trata de obtener las formas impresoras (planchas, cilindros, cauchos o pantallas, entre otros) que se necesitan para los diferentes tipos de impresión. Esto comporta los procesos de obtención de los textos y gráficos que se quieren imprimir, la confección de las páginas y la obtención del fotolito. A partir de los años sesenta, los avances en fotografía y electrónica supusieron una revolución en la preimpresión. Los nuevos materiales sensibles a la luz han creado superficies de impresión que duran en el tiempo por medios fotográficos y no mecánicos. Los sistemas informáticos permiten fabricar rápidamente películas para transferir imágenes a cualquier superficie de impresión. Hoy por hoy, las imágenes generadas en los ordenadores se almacenan en bases de datos y se transmiten directamente a las formas de impresión sin ningún otro paso intermedio.

### **5.2. Técnicas de impresión**

Hay cuatro técnicas básicas de impresión, y con ellas se asocian numerosos riesgos para la seguridad, la salud y el medio ambiente.

### **5.2.1. Tipografía o impresión con formas en relieve**

Esta técnica, utilizada durante muchos años en las artes gráficas, se basa en la confección de imágenes, por lo común letras o figuras, elevadas en relación con un fondo o área que no se imprime.

La tinta se aplica a las partes elevadas, que a continuación se ponen en contacto con el papel o el soporte que vaya a recibir la imagen.

Hay varias formas de crear la imagen en relieve, como la composición letra por letra empleando tipos móviles, con la máquina llamada linotipia, antes de uso común, o con texto formado por procedimientos mecánicos.

Estas técnicas son adecuadas para trabajos de impresión sencillos y breves. Para los más voluminosos se prefieren las planchas de impresión de metal, plástico o caucho. La impresión con planchas de caucho o similares suele llamarse flexografía o impresión flexográfica.

Las tintas habitualmente empleadas en estos métodos son al agua o con disolventes.

### **5.2.2. Huecograbado**

En las técnicas de huecograbado, la imagen se corta en la superficie de una plancha o un cilindro grabados. La plancha se baña en tinta y el exceso se elimina con una cuchilla. A continuación, se pone en contacto con el papel o el soporte de que se trate para transferir la imagen.

Es una técnica adecuada para publicaciones de las que se hacen tiradas largas, como periódicos y materiales de envasado.

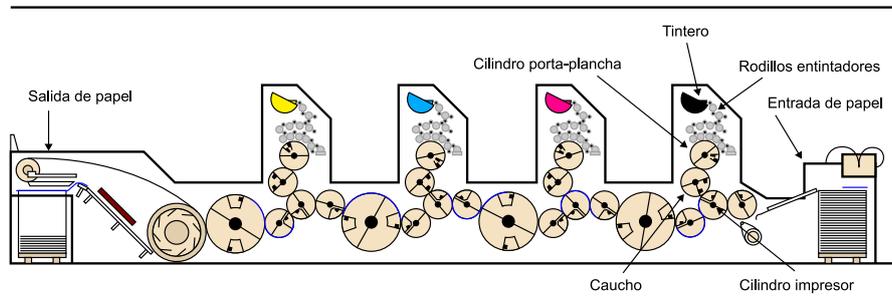
Suelen utilizarse tintas a base de disolventes, el más común de los cuales es el tolueno.

### **5.2.3. Impresión planográfica o litográfica**

Se basa en el empleo de materiales con propiedades diferentes. En esta forma que se utiliza para imprimir, se crean zonas que aceptan el agua con avidez o que la repelen (de modo que aceptan, por ejemplo, las tintas basadas en disolventes). Las zonas receptoras de tinta llevan la imagen, mientras que las afines al agua corresponden al fondo no impreso. En resumen, la tinta se adhiere solo a determinadas zonas, y de ahí se transfiere al papel o a otro soporte. En muchos casos, esta última operación se realiza con ayuda de una superficie intermedia llamada mantilla, que entra en contacto con el papel.

Este proceso de transferencia es la impresión en *offset*, que se utiliza en muchas aplicaciones de impresión, publicación y envasado. Hay que señalar que en la impresión en *offset* no siempre se parte de planchas litográficas. Dependiendo de las necesidades concretas de producción, la tirada en *offset* se puede combinar con otros métodos de artes gráficas.

Figura 11. Máquina offset de 4 cuerpos



Fuente: <https://www.lagranimpresa.es/blog/sistemas-de-impresion-en-artes-graficas.html>

### 5.2.4. Serigrafía y permeografía

La permeografía y la serigrafía se valen de un estarcido montado sobre una pantalla de malla fina. La tinta se aplica a las zonas abiertas de la pantalla y se presiona con una raedera sobre las partes abiertas y el estarcido. De este modo, la tinta atraviesa las partes abiertas y se aplica al soporte situado bajo la malla.

La serigrafía se utiliza mucho en trabajos sencillos y tiradas cortas, circunstancias en las que puede resultar más económica que otros métodos. Son aplicaciones típicas la impresión de tejidos, carteles, materiales de exposición y papeles pintados.

En serigrafía se utilizan tintas a base de disolventes o de agua; la elección depende sobre todo del soporte impreso. Como la cobertura serigráfica suele ser más gruesa de lo normal, las tintas son también más viscosas que en otras técnicas de impresión.

## 5.3. Fases del proceso de impresión

### 5.3.1. Preimpresión o preparación antes de la entrada en prensa

En esta fase se abordan las operaciones de montaje de los distintos materiales (textos, fotografías, arte, ilustraciones y dibujos) que han de reproducirse en el producto impreso. Todos ellos deben estar completamente acabados, pues una vez confeccionadas las planchas de impresión no es posible cambiar nada. La única forma de corregir errores es repetir la operación.

Generalmente, este apartado de la impresión se considera menos peligroso que otros para la salud y la seguridad. La confección de la maqueta o arte final puede exigir un esfuerzo físico considerable; además, existen riesgos para la salud derivados del trabajo con pigmentos, adhesivos de caucho y en aerosol y otros materiales. Buena parte de este trabajo se realiza ahora con ordenadores. El diseño de puestos de trabajo adecuados desde el punto de vista ergonómico mitiga estos peligros.

### **5.3.2. Confección de planchas**

Las planchas o cilindros de impresión característicos de las técnicas de imprenta actuales se confeccionan con cámaras fotográficas u ordenadores.

Normalmente, el primer paso es la obtención de una imagen fotográfica con la que después se prepara la plancha utilizando métodos fotomecánicos.

Los riesgos potenciales propios de este aspecto de las industrias gráficas son similares a los normales en el sector de la fotografía (riesgos propios del cuarto oscuro, peligros para la piel y los ojos y riesgos por inhalación).

Durante la confección de las planchas es importante controlar la posible exposición a compuestos químicos. Una vez creada la imagen, se aplican técnicas fotomecánicas para preparar la plancha de impresión.

Dichas técnicas pueden agruparse en:

- métodos manuales
- métodos mecánicos
- métodos electrónicos
- métodos electrostáticos
- métodos fotomecánicos

Por la variedad de métodos empleados, la confección de planchas tiene numerosas repercusiones sobre la salud y la seguridad. Los métodos mecánicos, menos utilizados ahora que en el pasado, daban lugar a los problemas de seguridad propios del trabajo mecánico: riesgos asociados con el uso de herramientas manuales y con la maquinaria voluminosa del taller. Los riesgos vinculados con la seguridad y protección de las manos son típicos de la confección de planchas con métodos mecánicos. En esta clase de trabajo se utilizan con frecuencia aceites y limpiadores que pueden ser inflamables y tóxicos.

Otros métodos de confección de planchas recurren a los compuestos químicos de chapado y mordido para formar la imagen en la plancha o el cilindro. Para ello se utilizan diversos compuestos, como ácidos y metales pesados (zinc, cromo, cobre y aluminio), así como sistemas orgánicos a base de resinas que forman algunas de las capas superficiales de la plancha. También hay sistemas que emplean disolventes para el tratamiento químico de las planchas. Al pla-

nificar la seguridad de las instalaciones, hay que tener en cuenta los riesgos potenciales asociados a estos compuestos. Son muy importantes la ventilación y el equipo de protección personal frente a productos químicos.

El almacenamiento y la mezcla de estos productos químicos también dan lugar a riesgos para la salud, que pueden ser considerables en caso de vertido accidental. Los mordientes que se utilizan en ocasiones para transferir la imagen a la plancha o el cilindro también pueden ser peligrosos. Los sistemas de grabado habituales generan cierta contaminación metálica, que puede afectar a quienes los emplean.

Los métodos más modernos se basan en un rayo láser que graba la imagen en la plancha. Aunque así se eliminan algunas de las etapas de la confección de planchas, el rayo láser puede ser peligroso para los ojos y la piel.

### **5.3.3. Preparación de tintas**

Las tintas y los revestimientos utilizados dependen de la técnica de impresión. Normalmente, las tintas están compuestas por un vehículo y los pigmentos o tintes y resinas que formarán la imagen. El vehículo mantiene en disolución los pigmentos y demás componentes hasta que la tinta se seca.

Son vehículos típicos de las tintas de imprenta los alcoholes, los ésteres (acetatos), las cetonas y el agua. Las empleadas en huecogrado suelen contener proporciones elevadas de tolueno.

Son muchos los riesgos para la salud derivados de la preparación de las tintas. Como en su elaboración intervienen disolventes inflamables, es importante la protección contra incendios en todas las instalaciones de producción. Debe haber rociadores y extintores en perfecto estado de funcionamiento. Los cursos de formación son imprescindibles, pues los empleados tienen que conocer el manejo de estos equipos. Las instalaciones eléctricas deben ser intrínsecamente seguras o someterse a pruebas de purga o explosión. El control de la electricidad estática es vital porque muchos disolventes generan cargas eléctricas cuando circulan por mangueras de plástico o en contacto con el aire. La reducción de la humedad, las tomas de tierra y las conexiones de masa son medidas muy recomendables para controlarla.

Los equipos mezcladores, desde los pequeños hasta los grandes tanques de producción por lotes, presentan riesgos mecánicos. Las cuchillas y los mecanismos de mezcla deben protegerse durante el funcionamiento y en las fases de preparación y limpieza.

La manipulación de materiales también puede plantear riesgos. Aunque es recomendable conducir directamente todos los productos a la zona de manipulación mediante tuberías, muchos componentes deben transportarse manualmente al punto de mezcla en bolsas, tambores y otros recipientes. Esto obliga

no solo a utilizar carretillas elevadoras, grúas y otros equipos mecánicos, sino también a que los empleados encargados de mezclar los productos los manipulen directamente. En estos trabajos son comunes los dolores de espalda y las tensiones similares. Es necesaria la enseñanza de unas prácticas de levantamiento correctas, así como la elección de métodos mecánicos de elevación que exijan menos intervención humana directa.

Las manipulaciones favorecen los vertidos accidentales y los incidentes de tipo químico. Hay que adoptar medidas para afrontar estas situaciones de emergencia.

Hay que cuidar el almacenamiento para evitar los vertidos y la mezcla accidental de compuestos incompatibles.

Como hay riesgo de vertidos y otras causas de exposición excesiva, deben instalarse equipos de emergencia para primeros auxilios. Son recomendables las duchas de seguridad, los lavaojos, los botiquines de primeros auxilios y la vigilancia médica.

#### **5.3.4. Impresión**

Para imprimir hay que entintar la plancha y transferir la tinta al soporte.

En los métodos *offset*, la imagen se transfiere desde una plancha montada en un cilindro a otro cilindro intermedio de caucho (mantilla) y desde este al soporte elegido, que no siempre es papel, aunque sea uno de los más comunes.

Los riesgos propios del manejo de la prensa son similares a los descritos para la preparación de la tinta.

A los riesgos propios de la sala de impresión se suman los aspectos de seguridad mecánica derivados del funcionamiento de equipos que ejecutan movimientos y giros rápidos, y del desplazamiento del soporte de impresión a una velocidad elevada. Hay que instalar sistemas de vigilancia y alarmas para garantizar la seguridad de los trabajadores. Además, son necesarios sistemas de desconexión e identificación durante las operaciones de reparación y mantenimiento.

Dada la cantidad de máquinas rotativas y la velocidad habitual de muchos trabajos, el ruido suele ser un motivo de preocupación importante, en especial si se trabaja con varias máquinas a la vez, como ocurre en la impresión de periódicos.

Aunque las tintas suelen secarse al aire en la zona de prensas, es recomendable montar túneles de secado para reducir la exposición a los disolventes volátiles. Asimismo, ciertas prensas de alta velocidad pueden formar una neblina de tinta. La evaporación de los disolventes y la potencial neblina de tinta presentan un riesgo de inhalación de compuestos que pueden ser tóxicos. Además,

la vigilancia sistemática de la impresión, el llenado de depósitos y cubetas, la limpieza de cilindros y volantes y demás tareas afines favorecen el contacto con tintas y disolventes limpiadores. Como en el caso de la fabricación de tintas, es recomendable poner en marcha un buen programa de muestreo de higiene industrial junto con circuitos de ventilación de capacidad suficiente y equipo de protección personal.

En la obligatoria limpieza sistemática de estas prensas, que a veces son enormes, suelen utilizarse disolventes químicos, lo que aumenta el riesgo de contacto con tales productos. Las rutinas de manipulación pueden reducir la exposición, pero no eliminarla por completo, en función del tamaño de la maquinaria de impresión.

### **5.3.5. Acabado**

Una vez impreso, el soporte debe someterse casi siempre a operaciones de acabado antes de que esté listo para el uso al que se destine.

Algunos materiales se pueden enviar directamente de la prensa a la maquinaria de envasado, donde se da forma al envase y se llena con el contenido correspondiente o donde se aplican adhesivos y etiquetas. En otros casos, el material se somete a numerosas operaciones de corte y guillotinado antes de montar el libro o el material impreso de que se trate.

Los riesgos para la salud y la seguridad propios del acabado son primordialmente de naturaleza mecánica. Como buena parte del acabado consiste en el corte de los materiales, son lesiones típicas los cortes y las laceraciones de dedos, manos, muñecas o brazos. La protección es importante, y debe utilizarse en todos los trabajos.

En el acabado, los trabajos de manipulación de materiales, tanto los que están sin acabar como los productos finales envasados, adquieren proporciones considerables. Si es posible, se utilizarán carretillas elevadoras, grúas y cintas transportadoras. Cuando sea necesario levantar y manipular directamente los productos, se enseñará a los trabajadores los movimientos correctos.

Todas las tareas (corte, clasificación y envasado) deben revisarse para determinar sus posibles repercusiones ergonómicas.

## **5.4. Riesgos y medidas preventivas**

En los apartados anteriores ya se ha hecho referencia a los riesgos específicos del sector estudiado y a las medidas de prevención y protección que deben adoptarse. No obstante, para profundizar más en este tema se indican a continuación dos documentos cuya lectura detallada se aconseja:

- *Guía práctica de prevención de riesgos laborales en impresión offset tradicional*, editada por el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid.
- *Guía de prevención de riesgos laborales: sector artes gráficas*, promovido y editado por FEDESSO, con la financiación de la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales.

#### Enlaces recomendados

En los siguientes enlaces encontraréis los documentos citados:

<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019064.pdf>,  
[http://www.fedesso.org/textos/prl\\_ag.pdf](http://www.fedesso.org/textos/prl_ag.pdf).

