

CAPÍTULO 5. INDUSTRIA DE LA QUÍMICA INORGÁNICA

Las posibles emisiones de la fabricación y uso de productos inorgánicos y productos químicos son altos pero, por necesidad económica, usualmente son recuperados. En algunos casos, la operación de fabricación se ejecuta como un sistema cerrado, permitiendo que pocas o nada de emisiones escapen a la atmósfera. Las fuentes de emisiones de los procesos químicos incluyen calentadores y calderas, válvulas, bridas, bombas y compresores; el almacenamiento y transferencia de productos y productos intermedios, manejo de aguas residuales; y rejillas de ventilación de emergencia.

Las emisiones que llegan a la atmósfera de la industria química inorgánica generalmente son gaseosas y son controladas por adsorción o absorción. Las emisiones de partículas también pueden ser un problema, ya que las partículas emitidas generalmente son muy pequeñas, requiriendo un tratamiento muy eficiente para la eliminación.

Los datos sobre las emisiones de procesos químicos son escasos. Ha sido necesario, por lo tanto, hacer estimaciones de factores de emisión en base a los balances de materia, rendimientos o similitudes del proceso.

5.1 Ácido clorhídrico

5.1.1 General

El ácido clorhídrico (HCl) se muestra como un título III contaminantes peligrosos del aire. El ácido clorhídrico es un químico versátil utilizado en una variedad de procesos químicos, incluyendo el procesamiento hidrometalúrgico (e. g., producción de alúmina y/o dióxido de titanio), síntesis de dióxido de cloro, producción de hidrógeno, la activación de pozos de petróleo y diversas operaciones de limpieza/grabado incluyendo las operaciones de limpieza de

metales (e. g., acero decapado). También conocido como ácido muriático, el HCl es utilizado por los albañiles para limpiar el ladrillo, también es un ingrediente común en muchas reacciones, y es el ácido preferido para catalizar los procesos orgánicos. Un ejemplo es la reacción de los carbohidratos promovidos por el ácido clorhídrico, análogos al sistema digestivo de los mamíferos.

El ácido clorhídrico puede ser fabricado por varios procesos diferentes, aunque más del 90 por ciento de HCl producido en U. S. es un subproducto de la reacción de cloración. En la actualidad, las instalaciones de U. S. producen aproximadamente 2.3 millones de megagramos (Mg) (2.5 millones de toneladas) de HCl al año, una ligera disminución de 2.5 millones Mg (2.8 millones de toneladas) producidas en 1985.

5.1.2 Descripción del proceso

El ácido clorhídrico puede ser producido por 1 de los 5 procesos siguientes:

1. Síntesis de elementos:



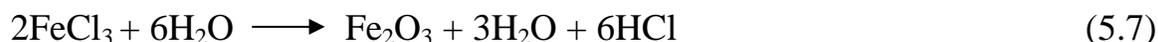
2. Reacción de cloruros metálicos, particularmente cloruro de sodio (NaCl), con ácido sulfúrico (H_2SO_4) o sulfato de hidrógeno:



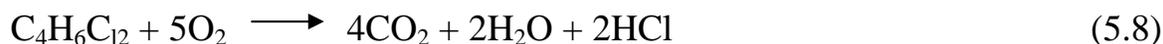
3. Como un subproducto de la cloración, e. g., en la producción de diclorometano, tricloroetileno, percloroetileno, o cloruro de vinilo:



4. Por descomposición térmica de la hidratación de metales pesados de licor de salmuera gastado en el tratamiento de metales:



5. De la incineración de los residuos orgánicos clorados:



La Figura 5.1 es un diagrama simplificado de los pasos utilizados para la producción de HCl como subproducto del proceso de cloración.

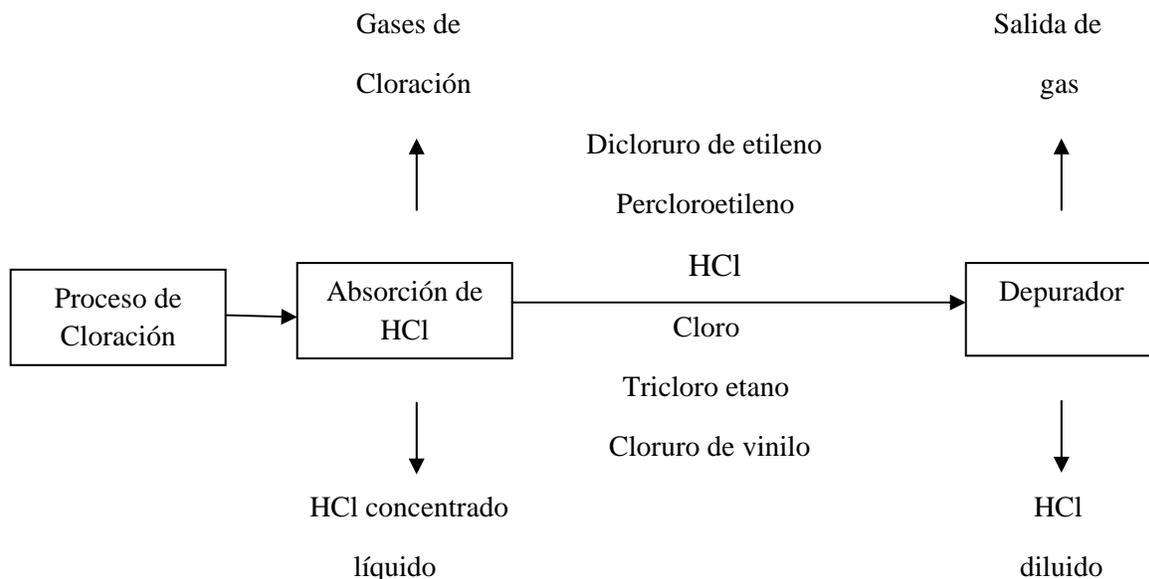


Figura 5.1.- Producción de HCl de procesos de cloración.

Después de dejar el proceso de cloración, el HCl contenido en una corriente de gas proveniente de la columna de absorción, cuando el concentrado de HCl líquido es producido por absorción de los vapores de HCl en una solución diluida de ácido clorhídrico. El HCl y los gases liberados en la cloración son removidos por un procesamiento posterior. El ácido líquido es vendido o usado en otra parte de la planta. La corriente de gas final es enviada a un depurador para eliminar el resto de HCl antes de la ventilación.

5.1.3 Emisiones

De acuerdo con un inventario de emisiones de 1985, más del 89 por ciento de todo el HCl emitido a la atmósfera resultó de la combustión de carbón. Menos del 1 por ciento de las emisiones de HCl vinieron de la producción directa de HCl. Las emisiones de HCl resultado de la producción sobre todo del gas que sale del sistema de purificación de HCl. Los contaminantes son el gas de HCl, cloro, y compuestos orgánicos clorados. Los datos de emisiones solo están disponibles para el gas de HCl. La tabla 5.1 enlista los factores de emisión para sistemas con y sin depuradores finales. Las unidades son expresadas en términos de kilogramos por megagramo (kg/Mg) y libras por tonelada.

Tabla 5.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO (Unidades métricas e inglesas).

FACTOR DE EMISIÓN DE CALIFICACIÓN: E

Proceso del subproducto de ácido clorhídrico	HCl Emisiones	
	kg/Mg	Lb/ton
	HCl Producido	HCl Producido
Con depurador final	0.08	0.15
Sin depurador final	0.90	1.8

SCC = Source Classification Code

5.2 Cloro-Álcali

5.2.1 General

El proceso de electrólisis del cloro-álcali es utilizado en la fabricación de cloro, hidrógeno y solución de hidróxido de sodio (cáustico). De estos 3, el principal es el cloro.

El cloro es uno de los más abundantes producidos por la industria química y tiene una amplia variedad de usos industriales. El cloro fue utilizado por primera vez para producir agentes de blanqueo para la industria textil y de papel y por le general para limpieza y desinfección. Desde 1950, el cloro se ha convertido cada vez más importante como materia prima para la

química orgánica sintética. El cloro es un componente esencial de los materiales de construcción, solventes, e insecticidas. La producción anual de las instalaciones de U. S. fue 9.9 millones de megagramos (Mg) (10.9 millones de toneladas) en 1990, tras alcanzar los 10.4 millones Mg (11.4 millones de toneladas) en 1989.

5.2.2 Descripción del proceso

Hay 3 tipos de procesos electrolíticos utilizados en la producción de cloro: (1) El proceso de celdas de diafragma, (2) El proceso de celdas de mercurio, y (3) el proceso de celdas de membrana. En cada proceso, una solución de sal es electrolizada por la acción de corriente eléctrica que convierte los iones de cloro a cloro elemental. La reacción del proceso general es la siguiente:



En todos los 3 métodos, el cloro (Cl_2) es producido en el electrodo positivo (cátodo) y la sosa cáustica (NaOH) e hidrógeno (H_2) son producidos, directa o indirectamente, en el electrodo negativo (ánodo). Los 3 productos se diferencian en el método por el cual los productos del ánodo se mantienen separados de los productos del cátodo.

Del cloro producido en U. S. en 1989, el 94 por ciento fue producido por el proceso de celdas de diafragma y por el proceso de celdas de mercurio. Por lo tanto, estos serán los únicos dos procesos discutidos en esta sección.

5.2.2.1 Celdas de diafragma

Figura (5.2)- muestra un diagrama de bloque simplificado del proceso de celdas de diafragma. Agua (H_2O) y cloruro de sodio ($NaCl$) son combinados para crear la solución de salmuera. La salmuera se somete a purificación y filtración para eliminar las impurezas. El calor es aplicado y más sal es añadida. Entonces es casi saturada, La salmuera purificada se calentó de nuevo antes de que la corriente eléctrica directa se aplique. El ánodo se separó del cátodo por un diafragma permeable de asbesto- base para prevenir la sosa cáustica de la reacción con el cloro. El cloro producido en el ánodo es removido, y la salmuera saturada fluye a través del diafragma a la cámara del cátodo. El cloro es purificado por licuefacción y evaporación para dar un producto licuado puro.

La salmuera cáustica producida en el cátodo se separó de la sal y se concentró en un elaborado proceso evaporativo para producir sosa cáustica comercial. La sal se recicló para saturar la salmuera diluida. El hidrógeno extraído en la cámara del cátodo se enfrió y purificó, luego es utilizado en otros procesos en la planta o vendido.

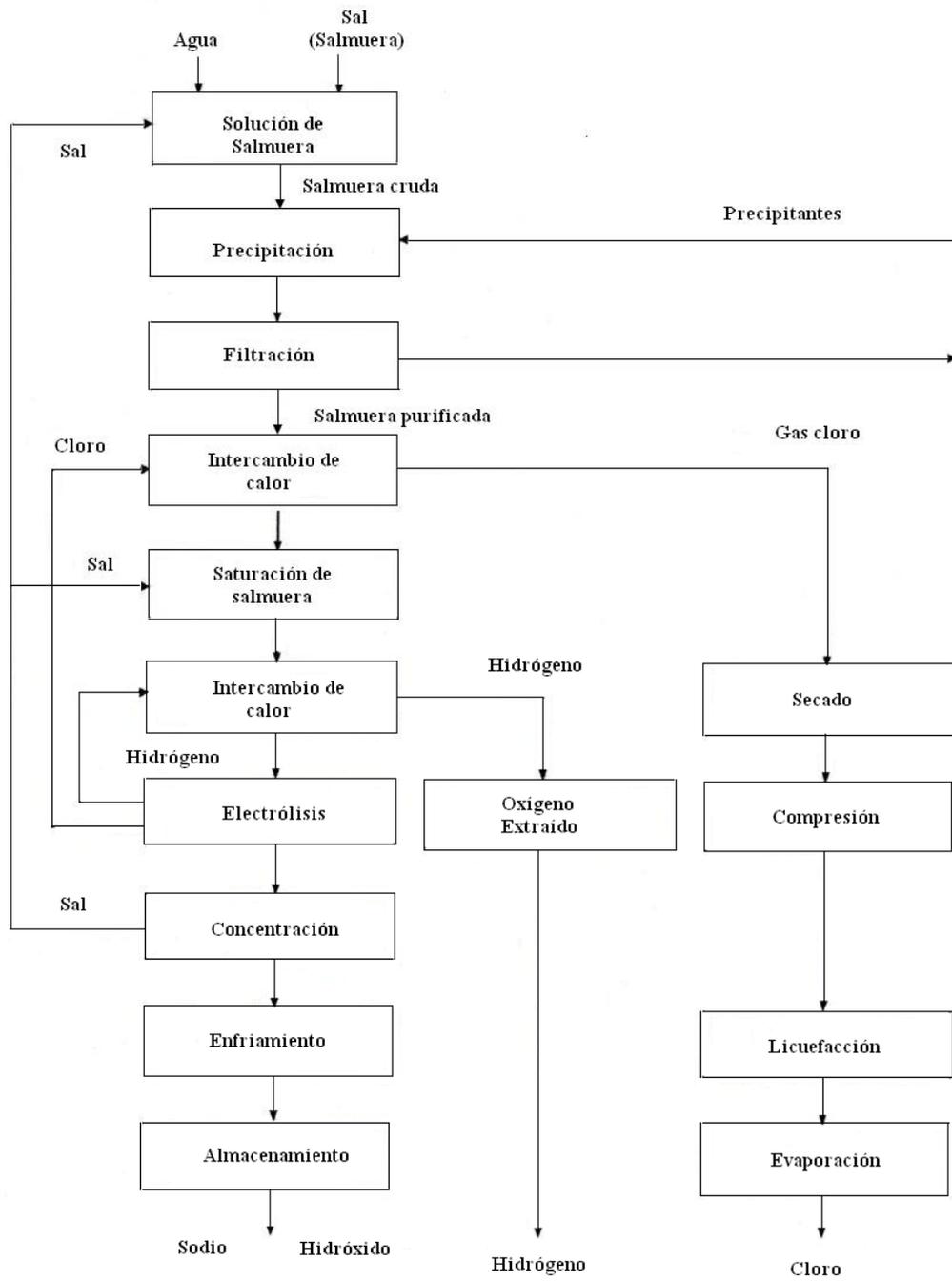


Fig. 5.2.- Diagrama simplificado del proceso de celdas de diafragma. [AP-42]

Figura 5.3 muestra un diagrama de bloques simplificado para el proceso de celdas de mercurio. La salmuera reciclada de el proceso de electrolisis (anolito) es de clorado y purificado por un proceso de precipitación-filtración. El cátodo de mercurio líquido y la salmuera entran a la celda fluyendo simultáneamente. El proceso de electrolisis crea cloro en el ánodo y sodio elemental en el cátodo. El cloro es extraído del ánodo, se secó, enfrió y comprimido. El sodio se combina con el mercurio para formar una amalgama de sodio. La amalgama se hace reaccionar con agua en un reactor separado llamado el descomponedor para producir gas hidrógeno y solución de sosa cáustica. La cáustica y el hidrógeno son enfriados por separado y el mercurio es extraído antes del procedimiento de almacenamiento, venta u otros procesos.

5.2.3 Emisiones y control

Las tablas 5.2 y 5.2.1 son un resumen de los factores de emisión del cloro para las plantas de cloro-álcali. Los factores son expresados en unidades de kilogramos por megagramos (kg/Mg) y libras por toneladas (Lb/ton). Las emisiones de las plantas de diafragma de celdas y celdas de mercurio contienen gas cloro, dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbón (CO) e hidrógeno. El cloro gaseoso está presente en el gas golpeado de la licuefacción, de ventilación de en carros tanques y contenedores tanques durante la carga y descarga, y de tanques de almacenamiento y tanques de proceso de transferencia. Las emisiones de dióxido de carbono resultan de la descomposición de carbonatos en la salmuera alimentada cuando contactó con el ácido. El monóxido de carbono y el hidrógeno son creados por reacciones secundarias de las celdas de producción. Otras emisiones incluyen vapor de mercurio del cátodo de celdas de mercurio y cloro de de los sellos de compresores, sellos de cabecera y el aire soplado de salmuera agotada en las plantas de celdas de mercurio. Las emisiones de estos lugares son, en su mayor parte, controladas a través del uso del gas en otras partes de la planta, la

neutralización en depuradores alcalinos, o la recuperación del cloro a través de corrientes de gas efluentes.

Tabla 5.3 presenta factores de emisión de mercurio basados en 2 pruebas utilizadas para fundamentar la norma nacional de emisiones de mercurio para los contaminantes peligrosos del aire. Debido a la escasez de datos, factores de emisión de CO, CO₂, el hidrógeno no se presentan aquí.

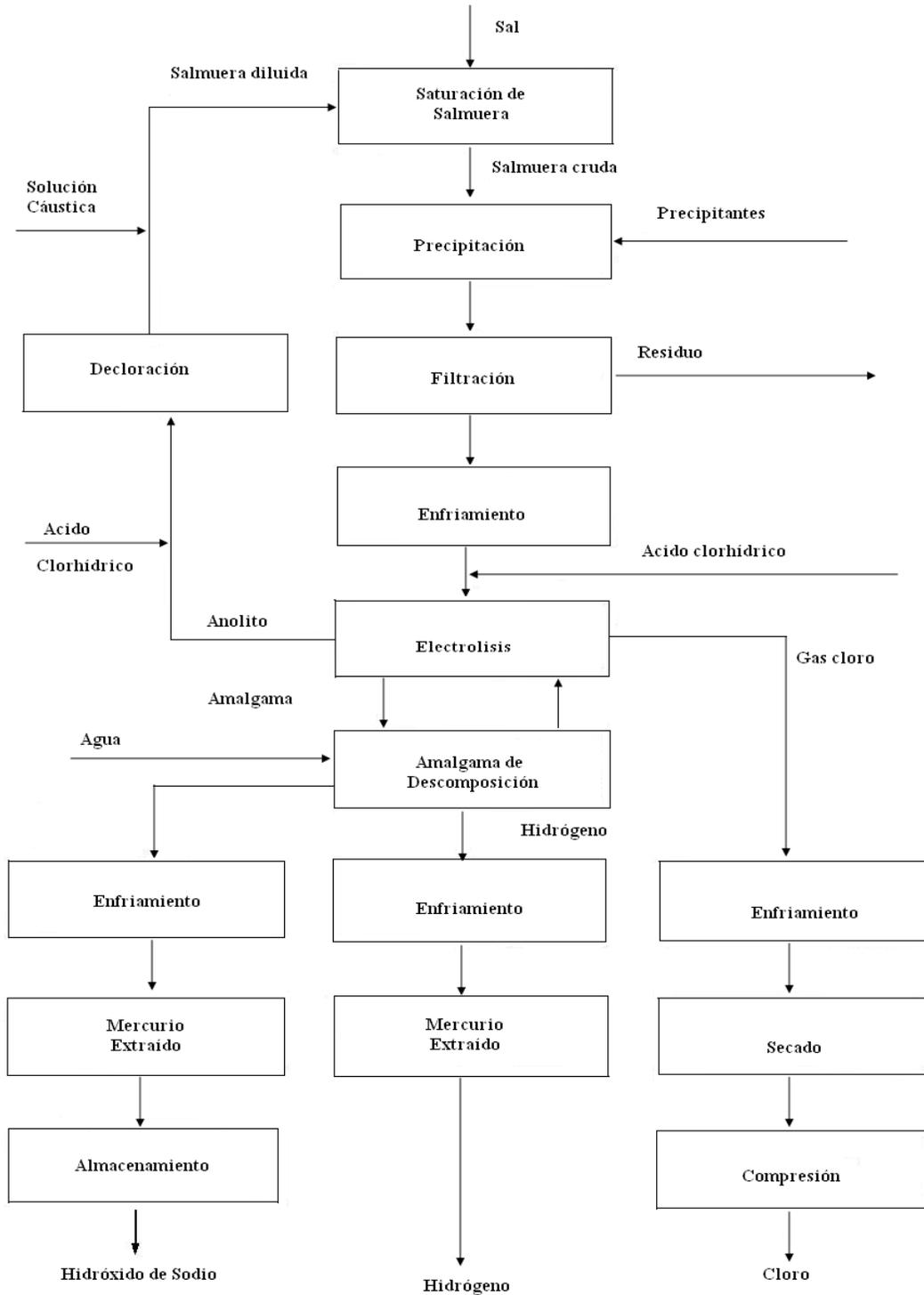


Figura 5.3.- Diagrama simplificado del proceso de celdas de mercurio.

Tabla 5.2 FACTORES DE EMISIÓN PARA CLORO DE PLANTAS DE CLORO
ALCALI (Unidades métricas). [AP-42]

CLASIFICACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN: E

Origen	Gas cloro (kg/Mg de cloro producido)
Gases de licuefacción de soplado	
Celdas de diafragma	10 – 50
Celdas de mercurio	20 – 80
Agua absorbida	0.830
Depurador cáustica	0.006
Carga de cloro	
Retorno de carros tanque ventilados	4.1
Envío de contenedores ventilados	8.7
Sopleteado de salmuera en celdas de mercurio	2.7

Tabla 5.2.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA CLORO DE PLANTAS DE CLORO
ALCALI (Unidades Inglesas). [AP-42]

CLASIFICACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN: E

Origen	Gas cloro (Lb/ton de cloro producido)
Gases de licuefacción de soplado	
Celdas de diafragma	20 – 100
Celdas de mercurio	40 – 160
Agua absorbida	1.66
Depurador cáustica	0.012
Carga de cloro	
Retorno de carros tanque ventilados	8.2
Envío de contenedores ventilados	17.3
Sopleteado de salmuera en celdas de mercurio	5.4

Tabla 5.3. FACTORES DE EMISIÓN PARA MERCURIO DE PLANTAS DE CLORO ÁLCALI EN CELDAS DE MERCURIO (Unidades métricas e inglesas).

Tipo de origen	Gas mercurio	
	kg/Mg de cloro producido	Lb/ton de cloro producido
Hidrógeno ventilado		
Incontrolado	0.0017	0.0033
controlado	0.0006	0.0012
Extremo de la caja	0.005	0.01