

FOLLETO 1

Cloro Básico

Edición 8 - Mayo 2014

CHLORINE INSTITUTE PAMPHLET 1

The Chlorine Institute 1300 Wilson Boulevard, Suite 525, Arlington, VA 22209

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL CLORO	1
1.2 PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL INSTITUTO DEL CLORO	1
1.3 RENUNCIA DE RESPONSABILIDADES	2
1.4 APROBACIÓN.....	2
1.5 REVISIONES.....	2
1.6 REVISIONES SIGNIFICATIVAS EN LA EDICIÓN ACTUAL.....	2
1.7 LISTA DE VERIFICACIÓN	2
1.8 ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS.....	2
2. INFORMACION GENERAL	4
2.1 ¿QUÉ ES EL CLORO?	4
2.2 FABRICACIÓN DE CLORO.....	4
2.3 TRANSPORTE DE CLORO	7
2.4 OTROS ASPECTOS REGLAMENTARIOS.....	7
2.5 TERMINOLOGÍA.....	8
2.6 PELIGROS ESPECÍFICOS DE FABRICACIÓN Y USO	9
3. CILINDROS Y CONTENEDORES DE UNA TONELADA	10
3.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTENEDOR	10
3.2 VÁLVULAS DE LOS CONTENEDORES	12
3.3 DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN	12
3.4 TRANSPORTE DE CONTENEDORES	13
3.5 MARCADO/ETIQUETADO DE CONTENEDORES Y ROTULACIÓN DE VEHÍCULOS	13
3.6 MANEJO DE CONTENEDORES	13
3.7 ALMACENAJE DE CONTENEDORES	14
3.8 USO DEL CONTENEDOR.....	14
4. CONTENDRO A GRANEL	16
4.1 GENERALIDADES	16
4.2 VAGONES CISTERNAS	17
4.3 VEHÍCULOS MOTORIZADOS CON TANQUE DE CARGA.....	18
4.4 TANQUES TRANSPORTABLES.....	19
4.5 TANQUE BARCAZA.....	19
5. MEDIDAS DE EMERGENCIA	19
5.1 GENERALIDADES	19
5.2 RESPUESTA ANTE UN ESCAPE DE CLORO	19
5.3 RESPUESTA A UN INCENDIO	20
5.4 EMISIONES.....	20
5.5 EMERGENCIA DURANTE EL TRANSPORTE	21
5.6 FUGA DE CLORO EN UN LUGAR DE CONSUMO	23
5.7 SISTEMAS DE ABSORCIÓN	24
5.8 KITS DE EMERGENCIA Y TANQUES DE RECUPERACIÓN.....	24
5.9 INFORMES	26
6. CAPACITACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS EMPLEADOS	26

6.1	ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL	26
6.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	27
6.3	ENTRADA A ESPACIOS CONFINADOS	28
6.4	MONITOREO DE LA EXPOSICIÓN PERSONAL	28
7.	ASPECTOS MÉDICOS Y PRIMEROS AUXILIOS.....	28
7.1	PELIGROS PARA LA SALUD	28
7.2	PRIMEROS AUXILIOS	30
7.3	VIGILANCIA MÉDICA	31
8.	INGENIERÍA DE DISEÑO Y MANTENIMIENTO	31
8.1	ESTRUCTURAS	31
8.2	VENTILACIÓN	32
8.3	MATERIALES PARA EQUIPOS DE PROCESOS.....	32
8.4	VAPORIZADORES.....	33
8.5	EQUIPOS DE SOPORTE	33
8.6	SISTEMAS DE TUBERÍAS PARA CLORO SECO.....	35
8.7	SISTEMA DE TUBERÍAS PARA CLORO HÚMEDO	37
8.8	ALMACENAJE ESTÁTICO.....	37
8.9	MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	37
8.10	NEUTRALIZACIÓN DEL CLORO	38
9.	REGLAMENTOS Y CODIGOS DE LOS ESTADOS UNIDOS	38
9.1	NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO -29 CFR	39
9.2	REGLAMENTOS SOBRE NAVEGACIÓN Y AGUAS NAVEGABLES -33 CFR.....	39
9.3	NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL - 40 CFR: PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	39
9.4	NORMAS DE TRANSPORTE - 46 CFR (TRANSPORTE POR AGUA)	39
9.5	REGLAMENTO DE TRANSPORTE - 49 CFR	39
9.6	DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD NACIONAL - 6 CFR.....	39
9.7	CÓDIGOS DE INCENDIO	39
10.	INFORMACIÓN TECNICA.....	39
10.1	GENERALIDADES	39
10.2	PROPIEDADES ATÓMICAS Y MOLECULARES	39
10.3	PROPIEDADES QUÍMICAS	39
10.4	PROPIEDADES FÍSICAS	43
11.	REFERENCIAS.....	50
11.1	REFERENCIAS DEL INSTITUTO DEL CLORO.....	50
11.2	REGULACIONES Y ESPECIFICACIONES DEL GOBIERNO DE LOS ESTADOS UNIDOS	53
11.3	REGLAMENTACIONES CANADIENSES.....	53
11.4	CONFERENCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIALES GUBERNAMENTALES (ACGIH)	53
11.5	SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS (ASME)	53
11.6	ASTM INTERNACIONAL (ASTM)	53
11.7	ASOCIACIÓN DE GAS COMPRIMIDO (CGA)	54
11.8	ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS (NAS)	54
11.9	ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (NFPA).....	54
11.10	INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL (NIOSH).....	54
11.11	NSF INTERNACIONAL.....	54
11.12	CONVENCIÓN FARMACOPEA DE LOS ESTADOS UNIDOS	55
	CLORO: EL ELEMENTO ESCENCIAL	56
	PRODUCTOS DE LA QUÍMICA DEL CLORO	56

GRAFICOS	57
GRAFICO 122-2: VIGA DE ELEVACIÓN DE CONTENEDOR DE TONELADA.....	58
GRAFICO 183-3: COLECTOR DE CONTENEDORES PARA EXTRACCIÓN DE CLORO LÍQUIDO	59
GRAFICO 189-2: VÁLVULA DE CONTENEDOR DE CLORO YOKE CERRADO	60

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL CLORO

El primer Manual del Cloro fue publicado por el Instituto del Cloro en 1947. Fue una compilación completa de información para ayudar a los productores, empaques y usuarios finales de cloro en el manejo, almacenamiento, envío y uso seguro del cloro. En los años transcurridos desde que se publicó el Manual de Cloro original, el Instituto ha desarrollado numerosos documentos que brindan información más detallada sobre el manejo seguro del cloro.

Con la Edición 7 del Folleto 1 (2008), el Manual del cloro pasó a llamarse Principios básicos del cloro.

Este cambio reflejó el hecho de que un solo documento ya no podía comunicar adecuadamente la información detallada requerida para manejar, almacenar, transportar y usar el cloro de manera segura. Este folleto sigue siendo un recurso valioso, brinda información básica para usuarios generales y proporciona una descripción general y referencias a información más detallada en otras publicaciones disponibles en El Instituto del Cloro (The Chlorine Institute).

Los principales destinatarios de este folleto son:

- Personal de operaciones: este es un documento de recurso principal para este grupo, especialmente en pequeñas empresas.
- Personal de ingeniería: esta es una hoja de ruta para obtener información más detallada en otros folletos
- Nuevos empleados: este es un buen "manual" para la capacitación y orientación de nuevos empleados, donde las necesidades son las mismas que para el personal de operaciones.
- Usuarios de los kits de emergencia A, B y C del Instituto del Cloro (ya que este documento se incluye en cada kit): las necesidades son las mismas que para el personal de operaciones

Para obtener información más detallada, hay un catálogo en línea disponible en el sitio web del Instituto del Cloro – www.chlorineinstitute.org

1.2 PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL INSTITUTO DEL CLORO

El Instituto del Cloro (CI) existe para apoyar a la industria cloroalcalina (Cloro-alkali) y servir al público fomentando mejoras continuas en la seguridad y la protección de la salud humana y el medio ambiente relacionadas con la producción, distribución y uso de hidróxidos de cloro, sodio y potasio, e hipoclorito de sodio; y la distribución y uso de cloruro de hidrógeno. Este apoyo se extiende a brindar atención continua a la seguridad de las operaciones de manejo de cloro.

Los miembros del Instituto del Cloro (CI) se comprometen a adoptar iniciativas de seguridad y administración de CI, incluidos folletos, listas de verificación e intercambio de incidentes que ayudarán a los miembros a lograr una mejora cuantificable. Para obtener más información sobre el programa de corresponsabilidad de CI, visite el sitio web de CI en www.chlorineinstitute.org

1.3 RENUNCIA DE RESPONSABILIDADES

La información en este manual proviene de fuentes que se consideran confiables. El Chlorine Institute y sus miembros, conjunta y solidariamente, no garantizan ni asumen ninguna responsabilidad en relación con esta información. Además, no se debe suponer que se incluyen todos los procedimientos aceptables, o que circunstancias especiales pueden no justificar procedimientos modificados o adicionales. El usuario debe tener en cuenta que los cambios en la tecnología o los reglamentos pueden requerir modificaciones en las recomendaciones contenidas en este documento. Se deben de tomar los pasos apropiados para garantizar que la información sea la más actualizada cuando esta se utilice. Estas recomendaciones no deben de confundirse con los requerimientos federales, estatales, municipales, o de seguros, ni con las normas de nacionales de seguridad. **ACLARACIÓN:** La versión en español es una traducción de la versión original en inglés, esta traducción solo sirve con fines informativos. En caso de discrepancia prevalecerá la versión en inglés.

1.4 APROBACIÓN

El Equipo sobre Cuestiones de Administración del Cliente del CI aprobó la Edición 8 de este folleto el 19 de mayo de 2014.

1.5 REVISIONES

Las sugerencias de revisión deben dirigirse a la Secretaría del Instituto.

1.6 REVISIONES SIGNIFICATIVAS EN LA EDICIÓN ACTUAL

Esta edición incluye numerosas mejoras, por ejemplo, más ilustraciones, contenido actualizado y texto ampliado, especialmente en las siguientes Secciones:

- Sección 2 – Peligros específicos de fabricación y uso
- Sección 4 – Disposiciones de bocas de acceso de camiones cisternas y tanques de carga
- Sección 7 – Peligros para la salud y primeros auxilios
- Sección 8 – Ingeniería y mantenimiento
- Sección 10 – Reactividad e inflamabilidad

Estos cambios se implementaron para hacer que el documento sea más útil para la diversa audiencia que lo valora como una fuente de información básica sobre el cloro.

1.7 LISTA DE VERIFICACIÓN

Varios folletos contienen listas de verificación para ayudar a los miembros y no miembros en autoauditorías u otras revisiones.

Debido a que este folleto solo resume parte de la información contenida en otros folletos, el lector debe consultar los folletos de referencia específicos y sus listas de verificación. Estas listas de verificación están diseñadas para enfatizar los temas principales y resaltar las recomendaciones clave para alguien que ya haya leído y entendido los folletos. El Instituto del Cloro fomenta el uso de folletos y listas de control.

1.8 ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

API	American Petroleum Institute	<i>Instituto Americano de Petróleo</i>
ASME	American Society of Mechanical Engineers	<i>Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos</i>

ASTM	American Society for Testing and Materials, now referred to as ASTM International	<i>Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales, ahora conocida como ASTM International</i>
CAS	Chemical Abstracts Service	<i>Chemical Abstracts Service</i>
CFR	Code of Federal Regulations	<i>Código de Regulaciones Federales</i>
CI	The Chlorine Institute	<i>El Instituto del Cloro</i>
CHS	U.S. Department of Homeland Security	<i>Departamento de Seguridad Nacional de EE. UU.</i>
DOT	U.S. Department of Transportation	<i>Departamento de Transporte de EE. UU.</i>
EPA	U.S. Environmental Protection Agency	<i>Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos</i>
IMDG	International Maritime Dangerous Goods	<i>Mercancías peligrosas marítimas internacionales</i>
kPa	Kilopascal	<i>kilopascal</i>
NFPA	National Fire Protection Association	<i>Asociación Nacional de Protección contra el Fuego</i>
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health	<i>Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional</i>
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	<i>Administración de Seguridad y Salud Ocupacional</i>
ppm	Parts per million	<i>Partes por millón</i>
psia	Pounds per square inch, absolute pressure	<i>Libras por pulgada cuadrada, presión absoluta</i>
psig	Pounds per square inch, gauge pressure	<i>Libras por pulgada cuadrada, presión manométrica</i>
PSM	Process Safety Management	<i>Gestión de la seguridad de procesos</i>
RMP	Risk Management Plan	<i>Plan de gestión de Riesgos</i>
SDS	Safety Data Sheet (Material Safety Data Sheet)	<i>Hoja de datos de seguridad (Hoja de datos de seguridad de materiales)</i>
TC	Transport Canada	<i>Transporte Canadá</i>
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc.	<i>Asociación de fabricantes de intercambiadores tubulares, Inc.</i>
TLV	Threshold Limit Value	<i>Valor Límite Umbral</i>

2. INFORMACION GENERAL

2.1 ¿QUÉ ES EL CLORO?

El cloro es uno de los 90 elementos naturales, los componentes básicos de nuestro mundo. Dado que es altamente reactivo, generalmente se encuentra unido químicamente a otros elementos. El cloruro de sodio o la sal de mesa común es un ejemplo.

El cloro juega un papel vital en muchos usos y aplicaciones clave:

- El cloro se usa para controlar bacterias y virus en el agua potable que pueden causar enfermedades devastadoras como el cólera y la fiebre tifoidea. Aproximadamente el 98 % de los sistemas modernos de agua potable en los EE. UU. utilizan la química del cloro para garantizar que el agua potable permanezca a salvo de la contaminación bacteriana.
- El 93% de todos los productos farmacéuticos dependen de la química del cloro, incluidos los medicamentos que tratan las enfermedades cardíacas, el cáncer, el SIDA y muchas otras enfermedades que amenazan la vida.
- La química del cloro participa en la producción de más del 86% de los productos químicos para la protección de cultivos.
- El cloro se utiliza para producir policloruro de vinilo (PVC) y otros plásticos.
- Estos plásticos se utilizan en muchos productos diversos de uso cotidiano.

La industria del cloro contribuye anualmente con más de \$46 mil millones a la economía de América del Norte y ayuda a proporcionar miles de productos esenciales.

2.2 FABRICACIÓN DE CLORO

La mayor parte del cloro se fabrica electrolíticamente mediante el proceso de diafragma, membrana o celda de mercurio. El uso de la tecnología de celdas de mercurio está disminuyendo. Cualquier instalación de producción nueva o actualizada probablemente utilizará el proceso de membrana. En cada proceso, una solución salina (cloruro de sodio o potasio) es electrolizada por acción de corriente eléctrica continua que convierte los iones cloruro en cloro elemental. El cloro también es producido de otras formas, por ejemplo, por electrólisis de cloruro de sodio o magnesio fundido para producir sodio elemental o magnesio metálico; por electrólisis del ácido clorhídrico; y por procesos no electrolíticos. Euroclor (www.eurochlor.org) tiene una descripción animada muy detallada del proceso de producción que se puede encontrar en <http://eurochlor.org/the-chlorine-universe/how-is-chlorine-produced.aspx>.

Salt + Water + Electricity → Chlorine + Caustic + Hydrogen

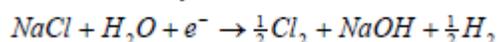


Figura 2.1. Ecuación Básica de la Reacción Química Cloro-Álcali

Se estima que la producción de cloro para 2012 será la siguiente:

Tabla 2.1 Producción de Cloro

Área	Millones de toneladas cortas
------	------------------------------

Globalmente	69
Estados Unidos	11.4
Canadá	0.6
México	0.3

2.2.1. Tecnología de Celda de Diafragma

Actualmente en América del Norte, un gran porcentaje de la producción de cloro proviene de la tecnología de celdas de diafragma (Fig. 2.2). Los productos de este tipo de celda son cloro gaseoso, hidrógeno gaseoso y licor de celda compuesto por hidróxido de sodio y solución de cloruro de sodio.

Una solución de cloruro de sodio casi saturada (salmuera) ingresa al compartimiento del ánodo de la celda del diafragma y fluye a través del diafragma hacia la sección del cátodo. Los iones de cloruro se oxidan en el ánodo para producir cloro gaseoso. El gas hidrógeno y los iones de hidróxido se producen en el cátodo. Los iones de sodio migran a través del diafragma desde el compartimiento del ánodo hacia el lado del cátodo para producir un líquido que contiene entre un 10 % y un 12 % de hidróxido de sodio. Algunos iones de cloruro también migran a través del diafragma, lo que da como resultado un líquido conteniendo entre un 12 y un 16 % de cloruro de sodio. El licor de la celda normalmente se concentra al 50 % en hidróxido de sodio mediante un proceso de evaporación. La sal recuperada en el proceso de evaporación se devuelve al sistema de salmuera para su reutilización.

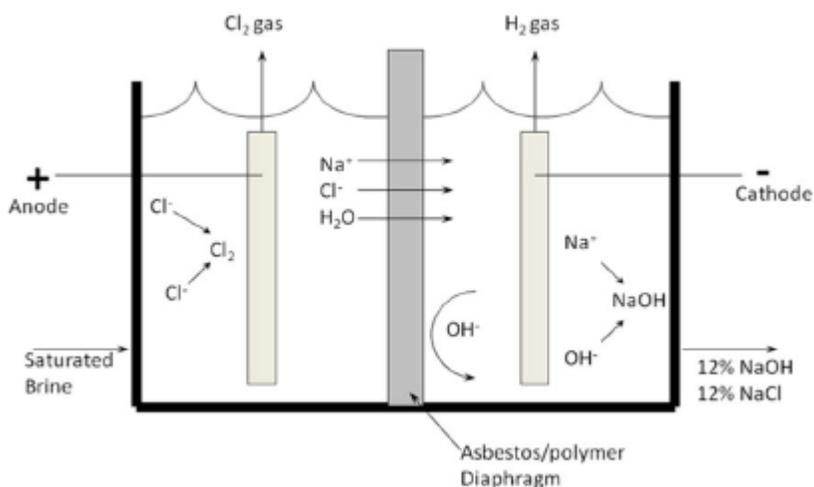


Figura 2.2 – Tecnología de Celda de Diafragma

2.2.2. Tecnología de Celdas de Membrana

La tecnología de celda de membrana (Fig. 2.3) utiliza láminas de membranas de intercambio iónico de polímero perfluorado para separar los ánodos y los cátodos dentro del electrolizador. Se alimenta salmuera ultrapura a los compartimientos del ánodo, donde los iones de cloruro se oxidan para formar cloro gaseoso. Las membranas son selectivas de cationes, lo que resulta en una migración predominante de iones de sodio y agua a través de las membranas hacia los compartimientos del cátodo. El agua se reduce para formar hidrógeno gaseoso e iones de hidróxido en los cátodos. En el compartimiento del cátodo, los iones de hidróxido y los iones de sodio se combinan para formar hidróxido de sodio.

Los electrolizadores de membrana producen normalmente entre el 30 % y el 35 % de hidróxido de sodio, que contiene menos de 100 ppm de cloruro de sodio. El hidróxido de sodio se puede concentrar aún más, típicamente al 50%, usando evaporadores.

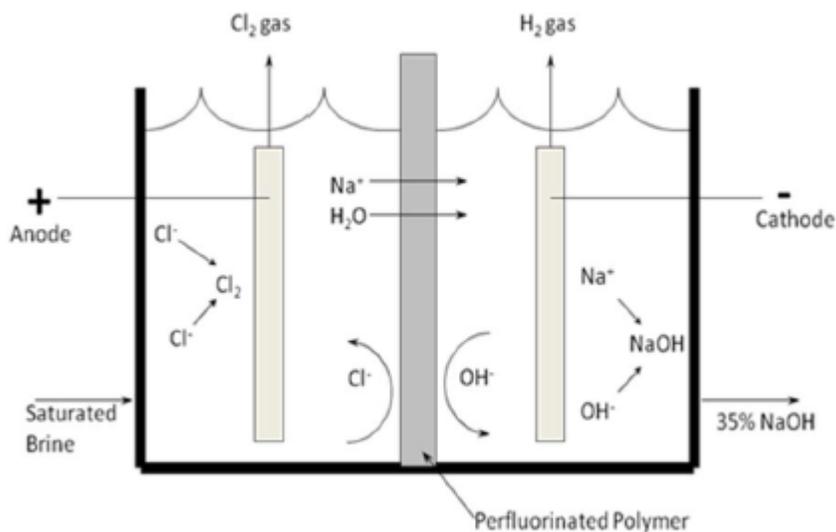


Figura 2.3 Tecnología de Celdas de Membrana

2.2.3. Tecnología de Celdas de Mercurio

La tecnología de celdas de mercurio (Fig. 2.4) utiliza una corriente de mercurio fluyendo a lo largo de la parte inferior del electrolizador como cátodo. Los ánodos están suspendidos paralelos a la base de la celda, unos pocos milímetros por encima del flujo de mercurio. La salmuera se introduce en uno de los extremos de la caja de la celda y fluye por gravedad entre los ánodos y el cátodo. El cloro gaseoso evoluciona y se libera en el ánodo.

Los iones de sodio se depositan a lo largo de la superficie del cátodo de mercurio que fluye. El metal alcalino se disuelve en el mercurio, formando una amalgama líquida. La amalgama fluye por gravedad desde el electrolizador hasta el descomponedor con relleno de carbón, donde se agrega agua desionizada. El agua separa químicamente el metal alcalino del mercurio, produciendo hidrógeno e hidróxido de sodio al 50%. Luego, el mercurio se bombea retornando a la entrada de la celda, donde se repite el proceso de electrólisis.

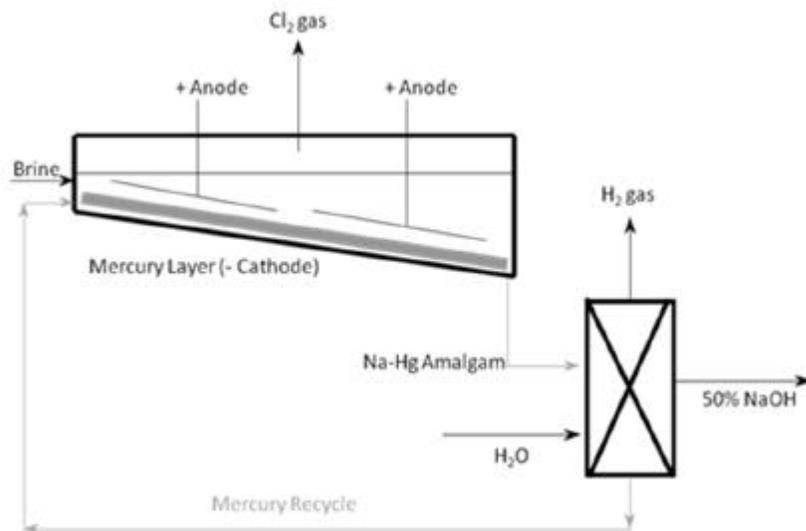


Figura 2.4 – Tecnología de Celdas de Mercurio

2.3 TRANSPORTE DE CLORO

2.3.1 Generalidades

El cloro normalmente es despachado como gas comprimido licuado. Todos los modos de transporte de cloro están controlados por varias regulaciones. Es responsabilidad de cada persona que envía o transporta cloro conocer y cumplir con todas las reglamentaciones aplicables.

2.4 OTROS ASPECTOS REGLAMENTARIOS

Los fabricantes de cloro, los empacadores y la mayoría de los consumidores están sujetos a las reglamentaciones del lugar de trabajo relacionadas con el cloro.

2.4.1 Estados Unidos

Existen muchas reglamentaciones a nivel federal, estatal y local que se aplican a la fabricación, el transporte y el uso del cloro. Las agencias como OSHA, EPA, DOT y DHS regulan varios aspectos de la industria del cloro y deben ser consultadas. Consulte la Sección 9 de este folleto para obtener más información.

País	Clase de Peligro	División	Regulación Clave	Otros
Estados Unidos	Primario: 2 Secundario: 5,8	Primario: 2.3 Gras venenoso Secundario: 5.1 Oxidante Secundario: 8 Corrosivo	Tierra: 49 CFT Barco: 33 CFR y 46 CFR	Veneno Zona B Riesgo de inhalación toxica Varios estados y/o reglamentación local
Canadá	Primario: 2 Secundario: 5	Primario: 2.3 Gras Venenoso Secundario: 5.1 Oxidante	Ley y Reglamento de Transporte de Mercancías Peligrosas (TDG)	Varias provincias y/o reglamentaciones locales
Méjico	Primario: 2 Secundario: 5	Primario: 2.3 Gas Venenoso Secundario: 5.1 Oxidante	Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales Residuos Peligrosos	Varios estados y/o reglamentaciones locales
Internacional			Código Marítimo	Designación para el cloro:

Internacional UN1017
de Mercancías
Peligrosas
(IMDG)

2.4.2 Canadá

Existen muchas reglamentaciones a nivel federal, provincial y local que se aplican a la fabricación, el transporte y el uso del cloro. Agencias como Health Canada, Environment Canada y Transport Canada regulan varios aspectos de la industria del cloro y deben ser consultadas.

2.5 TERMINOLOGÍA

2.5.1 Cloro Elemental

El símbolo del cloro es Cl, su número atómico es 17 y su peso atómico es 35,453. El cloro elemental casi siempre existe como una molécula con dos átomos de cloro unidos como Cl₂. Su peso molecular es 70.906. El número de registro CAS es 7782-50-5.

2.5.2 Cloro Líquido

El cloro líquido es cloro (Cl₂) que ha sido enfriado y comprimido a una forma líquida. Bajo temperatura y presión atmosférica, el cloro líquido se evapora rápidamente, una libra de líquido forma alrededor de 5,4 pies cúbicos de cloro gaseoso. Cloro líquido NO es lo mismo que las soluciones de hipoclorito o blanqueador de cloro y esta terminología no debe usarse para describir tales soluciones.

2.5.3 Gas Cloro

En condiciones atmosféricas el Cloro es un gas

2.5.4 Cloro Seco/Cloro Húmedo (Wet Chlorine)

El cloro seco se define como cloro, con su contenido de agua disuelto en solución. Si se alcanza una condición en cualquier parte del sistema, que permita que el agua exceda su solubilidad y forme una segunda fase acuosa líquida, el cloro se define como cloro húmedo. El cloro húmedo formará compuestos corrosivos que afectarán la seguridad e integridad del sistema. Véase el Folleto 100 (11.1) de Cl.

El cloro seco NO es un compuesto clorado seco como el hipoclorito de calcio o los cloroisocianuratos y esta terminología no debe usarse para describir dicha sustancia.

2.5.5 Cloro Húmedo (Moist Chlorine)

Cuando se vea Moist Chlorine es sinónimo de Wet Chlorine

2.5.6 Gas Cloro Saturado

Cloro gaseoso en tal condición que la eliminación de calor o un aumento en la presión hará que una parte de él se condense (líquido). Este término no describe ni se refiere al contenido relativo de humedad del cloro.

2.5.7 Cloro Líquido Saturado

Cloro líquido en tal condición que la adición de calor o una disminución de la presión hará que una parte del cloro se vaporice (gas). Este término no describe ni se refiere al contenido relativo de humedad del cloro.

2.5.8 Cloro Solución (Cloro Agua)

Solución de cloro en agua (ver Figura 10.3).

No es lo mismo una solución de cloro que soluciones de hipoclorito o blanqueador de cloro y esta terminología no debe usarse para describir tales soluciones.

2.5.9 Blanqueador Líquido

Solución acuosa de hipoclorito, generalmente hipoclorito de sodio (NaOCl).

2.5.10 Contenedor (Container)

En esta publicación, un contenedor es un recipiente a presión autorizado por un organismo regulador aplicable para el transporte de cloro. No incluye tuberías ni tanques de almacenamiento fijos.

2.5.11 Densidad de Llenado

Según las normas DOT y TC, el peso del cloro que se carga en un contenedor no puede exceder el 125 % del peso del agua a 60 °F (15,6 °C) que contendría el contenedor.

2.5.12 Hidróxido de Sodio

Normalmente, el hidróxido de sodio (NaOH) es el coproducto producido como una solución, cuando se genera cloro a través de la descomposición electrolítica de cloruro de sodio en solución.

El hidróxido de sodio se conoce con frecuencia como soda cáustica o lejía.

2.5.13 Hidróxido de Potasio

Un coproducto en forma de una solución, resultado cuando se genera cloro a través de la descomposición electrolítica de la solución de cloruro de potasio. El hidróxido de potasio (KOH) se conoce con frecuencia como potasa cáustica.

2.6 PELIGROS ESPECÍFICOS DE FABRICACIÓN Y USO

Consultar la ficha de datos de seguridad (SDS) de su proveedor y los folletos del Cl para conseguir informaciones adicionales de seguridad y precauciones de manejo.

2.6.1 Hidrógeno

El hidrógeno (H₂) es un coproducto de todo cloro fabricado por electrólisis de salmuera. Dentro de un rango de concentración conocido, las mezclas de cloro e hidrógeno son inflamables y potencialmente explosivas. La reacción de cloro e hidrógeno puede iniciarse por exposición a luz solar directa, fuentes de luz ultravioleta, electricidad estática o un impacto fuerte. Véase el Folleto 121 (11.1) de Cl.

2.6.2 Tricloruro de Nitrógeno

En la fabricación de cloro se pueden producir pequeñas cantidades de tricloruro de nitrógeno (NCl₃), un compuesto inestable y altamente explosivo. Cuando el cloro líquido que contiene tricloruro de nitrógeno se evapora, el tricloruro de nitrógeno puede llegar a concentraciones peligrosas en el residuo (consulte los folletos de Cl 21 y 152 (11.1)).

2.6.3 Aceites y Grasas

El cloro puede reaccionar, a veces de forma explosiva, con varios materiales orgánicos como aceite y grasa de fuentes como, compresores de aire, válvulas, bombas, instrumentación de diafragma con aceite, lubricantes para roscas de tuberías. Los equipos y las tuberías deben limpiarse antes de ser usadas para eliminar cualquier resto de aceite. Véase el Folleto 6 (11.1) de Cl. Asegúrese de que se utilicen lubricantes no reactivos en el servicio de cloro (por ejemplo, Fluorolube® y Krytox®).

2.6.4 Fuego

El cloro no es explosivo ni inflamable. El cloro soportará la combustión bajo ciertas condiciones. Muchos materiales que se queman en atmósferas de oxígeno (aire) también se quemarán en atmósferas de cloro.

2.6.5 Acción/Reacciones Químicas

El cloro tiene una afinidad química muy fuerte por muchas sustancias. Reaccionará con muchos compuestos inorgánicos y orgánicos, generalmente con la evolución del calor. El cloro reacciona con algunos metales bajo una variedad de condiciones (vea la Sección 10.3.3). Es especialmente importante no usar titanio en instalaciones de cloro seco. El cloro reaccionará con el acero y otros metales a temperaturas superiores a 149 °C (300 °F). No suelde tuberías y otros equipos sin evacuar y purgar correctamente el cloro del equipo.

2.6.6 Acción corrosiva sobre acero y otros metales

A temperatura ambiente, el cloro seco, ya sea líquido o gas, no corroe el acero. El cloro húmedo es altamente corrosivo porque forma ácidos clorhídrico e hipocloroso.

Se deben tomar precauciones para mantener seco el cloro y el equipo. Las tuberías, válvulas y recipientes deben cerrarse o taparse cuando no se utilicen para evitar la entrada de humedad atmosférica, como precipitaciones o humedad. Dependiendo de las condiciones que se esperan deben elegirse cuidadosamente los materiales de construcción. Si se usa agua en una fuga de cloro, las condiciones corrosivas resultantes empeorarán la fuga.

2.6.7 Expansión Volumétrica

El volumen de cloro líquido aumenta con la temperatura. Se deben tomar precauciones para evitar la ruptura hidrostática de tuberías, recipientes, contenedores u otros equipos llenos con cloro líquido (ver Figura 10.4). Cada vez que el cloro líquido pueda quedar atrapado entre dos válvulas, debe haber un dispositivo de expansión presente.

2.6.8 Protección Personal

El peligro para la salud más importante asociado con el cloro es la exposición a los vapores de cloro. Debe garantizarse protección respiratoria mediante, el diseño del proceso, los procedimientos operativos y el equipo de protección personal. El contacto de cloro líquido con la piel puede resultar en congelación. Véase el Folleto de CI 65 (11.1).

3. CILINDROS Y CONTENEDORES DE UNA TONELADA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTENEDOR

3.1.1 Generalidades

Los cilindros y los contenedores de una tonelada tienen muchas similitudes en la forma en que se manejan. Los términos "cilindro", "cilindro de tonelada" o "tambor" no deben usarse para describir el contenedor de tonelada. El manejo de emergencias y equipos para el manejo de emergencias para contenedores de una tonelada es del que se usa para los cilindros y se puede evitar confusiones si se usan los términos adecuados.

En este documento, "contenedor" se utilizará para referirse a cualquier recipiente que contenga cloro con el fin de transportar el producto. Esto puede incluir cilindros, contenedores de una tonelada, tanques de carga, vagones cisterna y barcasas. Si la información facilitada es específica a un tipo de contenedor, se especificará.

Los inventarios de cloro del sitio que excedan la cantidad límite están sujetos a regulaciones como RMP y PSM. Verifique con las agencias federales, estatales y provinciales los requisitos mínimos.

3.1.2 Cilindros

Los cilindros de cloro son construidos sin costuras con una capacidad de 1 a 150 lb (0,45 a 68 kg); predominan los de 100 y 150 lb (45,4 y 68 kg) de capacidad. La única abertura en el cilindro es la válvula de conexión en la parte superior del cilindro. Se debe usar una cubierta protectora de acero en la válvula para cubrirla durante el transporte y almacenamiento. Se debe tener cuidado con la tapa protectora ya que el cuello al que se une no está soldado físicamente al cilindro.



Figura 3.1 Cilindro de Cloro
(Izquierda: bollo inferior; Arriba a la derecha: doble fondo; Abajo a la derecha - anillo inferior)

3.1.3 Contenedor de una tonelada

Los contenedores de tonelada son tanques soldados que tienen una capacidad de una tonelada corta, 2000 lb (907 kg) y un peso cargado de hasta 3650 lb (1655 kg). Los lados están plegados hacia adentro en cada extremo para formar campanas que brindan un agarre sustancial para montacargas. Las válvulas del contenedor de una tonelada están protegidas por una carcasa protectora extraíble de acero.

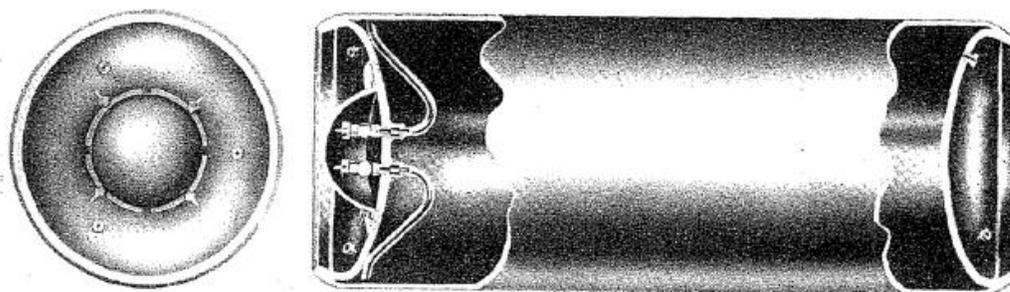


Figura 3.2 Contenedor de Cloro de tonelada

3.2 VÁLVULAS DE LOS CONTENEDORES

3.2.1 Válvulas de Cilindros

El cilindro típico está equipado con una válvula. Las roscas de salida de la válvula no son roscas de tubería estándar, sino roscas rectas especiales. Estas roscas de salida están destinadas a asegurar la tapa de salida de la válvula y no para conexiones de descarga u a otros dispositivos. Las conexiones típicas de los cilindros se realizan con un yugo y un adaptador. Véase el Folleto 17 (11.1) de CI. La válvula también está equipada con un dispositivo fusible metálico de alivio de presión o, como se denomina más comúnmente, un tapón fusible.

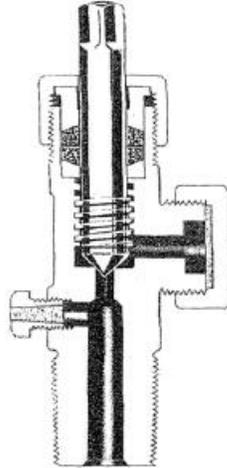


Figura 3.3 Estilo típico de una válvula de cilindro (Pueden estar en uso otros diseños)

3.2.2 Válvula de Contenedor de tonelada

Cada contenedor de una tonelada está equipado con dos válvulas idénticas cerca del centro de un extremo. Se diferencian de la válvula de cilindro típica, en que no tienen un tapón fusible metálico y, por lo general, tienen un pasaje interno más grande. Cada válvula se conecta a un tubo de educación interno. Véase el Folleto 17 (11.1) de CI.

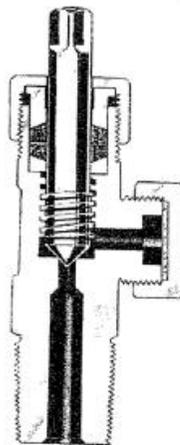


Figura 3.4 - Un tipo de válvula de contenedor de cloro de una tonelada (también pueden estar en uso otros diseños)

3.3 DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN

3.3.1 Generalidades

Los cilindros y contenedores de una tonelada están equipados con un dispositivo de alivio de metal o tapón fusible. El metal fusible está diseñado para cumplir con los requisitos de 49 CFR Part 173.301(f) y, por lo tanto, se fundirá entre 158 °F y 165 °F (70 °C y 74 °C). Estos dispositivos aliviarán la presión cuando se sometan a temperaturas iguales o superiores al punto de fusión del metal fusible. Los dispositivos no funcionarán en ausencia de alta temperatura.

3.3.2 Cilindros

Las válvulas de los cilindros están equipadas con un dispositivo fusible de alivio metálico o un tapón fusible.

3.3.3 Contenedores de una tonelada

Los contenedores de una tonelada están equipados con dispositivos, fusibles de alivio de presión metálicos. La mayoría tiene seis tapones, fusibles metálicos, tres en cada extremo.

3.4 TRANSPORTE DE CONTENEDORES

3.4.1 Cilindros

Los cilindros se pueden transportar por carretera, ferrocarril o agua. Se necesitan sujeciones adecuadas para evitar que los cilindros se muevan durante el transporte. Véase el Folleto 76 (11.1) de CI.

3.4.2 Contenedores de una tonelada

La mayoría de los contenedores de una tonelada se envían por carretera. Los camiones deben tener dispositivos de sujeción adecuados para evitar que los contenedores de una tonelada se muevan durante el transporte. Los camiones a veces están equipados con una grúa y un brazo elevador para facilitar la carga y descarga. Véase el Folleto 76 (11.1) de CI.

3.5 MARCADO/ETIQUETADO DE CONTENEDORES Y ROTULACIÓN DE VEHÍCULOS

Los contenedores durante su transporte deben estar marcados y etiquetados y el vehículo rotulado según lo exigen las reglamentaciones.

3.6 MANEJO DE CONTENEDORES

3.6.1 Generalidades

Los recipientes de cloro deben manipularse con cuidado. Durante el transporte y el almacenamiento, las carcasas protectoras de las válvulas del contenedor deben estar en su lugar. No se deben dejar caer los contenedores y no se debe permitir que ningún objeto los golpee con fuerza. Los contenedores deben estar asegurados para evitar que rueden. Véase el Folleto 76 (11.1) de CI.

3.6.2 Cilindros

Los cilindros se pueden trasladar usando una carretilla de mano correctamente balanceada. Las carretillas de mano deben tener una abrazadera o cadena a dos tercios de la altura del cilindro para sostenerlo. Si los cilindros tienen que elevarse mediante un polipasto, se debe utilizar una cuna o transportador diseñado especialmente para tal fin. Son inaceptables las eslingas y los dispositivos magnéticos. Los cilindros no deben ser levantados por la carcasa protectora de la válvula porque el anillo del cuello al que se une la carcasa no está diseñado para soportar el peso del cilindro.

3.6.3 Contenedores de una tonelada

Los contenedores de una tonelada normalmente se mueven usando un monorriel o una grúa con un brazo de elevación (consulte el dibujo 122). Pueden ser rolados sobre raíles o transportadores de rodillos diseñados para tal fin. Si se utiliza un montacargas, el contenedor de una tonelada debe sujetarse adecuadamente para evitar que se caiga, particularmente cuando se cambia de dirección. El montacargas debe estar capacitado para manejar el peso bruto del contenedor de una tonelada.

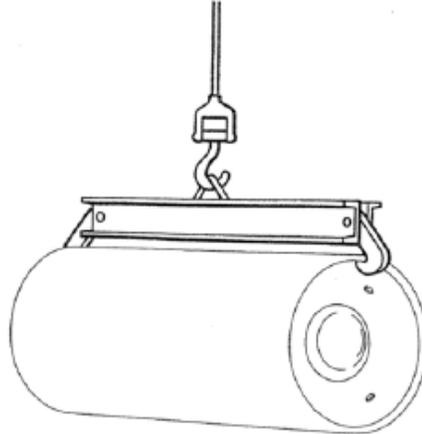


Figura 3.5 – Biga de elevación para el manejo de contenedores cloro de una tonelada

3.7 ALMACENAJE DE CONTENEDORES

Los contenedores se pueden almacenar en el interior o al aire libre. El área de almacenamiento debe cumplir con las regulaciones federales y estatales.

Si se almacena al aire libre, el área de almacenamiento debe estar limpia para que la basura acumulada u otro material combustible no presente riesgo de incendio. Los contenedores no deben almacenarse cerca de elevadores o sistemas de ventilación porque si ocurre una fuga, concentraciones peligrosas de gas pueden propagarse rápidamente. Todos los contenedores deben almacenarse de manera de minimizar la corrosión externa.

Debe evitarse la exposición de los recipientes a la llama, al calor radiante intenso o líneas de vapor. Si el metal próximo al tapón fusible alcanza aproximadamente 70 °C (158 °F) el fusible metálico está diseñado para derretirse y se liberará cloro.

Consulte los folletos 17 y 155 (11.1) de CI para obtener más detalles sobre las consideraciones de almacenamiento.

3.8 USO DEL CONTENEDOR

3.8.1 Generalidades

Antes de conectar o desconectar un contenedor, el operador debe asegurarse de que todos los equipos de seguridad y emergencia estén disponibles y en funcionamiento. Los contenedores y válvulas no deben ser modificados, alterados o reparados por nadie que no sea el propietario.

3.8.2 Descarga del gas

La velocidad de descarga del cloro gaseoso varía significativamente debido a, la temperatura ambiente, la humedad y la circulación del aire, así como las variaciones del sistema de tuberías y el equipo de alimentación conectado al contenedor. Ver el Folleto 155 de CI para más detalles (11.1).

Si la velocidad de descarga del gas de un único contenedor no cumple con los requisitos de flujo, se pueden conectar dos o más a un colector. Alternativamente, el líquido de uno

o más contenedores puede enviarse a un vaporizador para aumentar el caudal de suministro de cloro gaseoso (consulte la Sección 3.8.3).

Al descargar a través de un colector de gas, todos los recipientes deben estar a la misma temperatura para evitar la transferencia de gas de un recipiente caliente a un recipiente frío.

3.8.3 Descarga de Líquido

La descarga de cloro líquido tiene requisitos de diseño especiales. Véase el Folleto 6 (11.1) de CI.

El cloro líquido se suministra desde la válvula inferior de un contenedor de una tonelada. Ver el dibujo de los tubos eductores en la Figura 3.2. Se pueden obtener tasas de extracción de líquido muy altas. Esa tasa depende de la temperatura del cloro en el contenedor de una tonelada y de la contrapresión. El caudal de descarga de cloro líquido continua confiable en al menos 400 lb/h (181 kg/h) en condiciones normales de temperatura y una contrapresión de 35 psig (241 kPa manométricos). Cuando los contenedores de una tonelada que descargan cloro líquido se conectan a un colector deben tomarse precauciones para equilibrar la presión. El dibujo 183 representa un sistema para igualar presiones para válvulas de gas conectadas a un colector. No es suficiente depender de que los contenedores alcancen la misma presión simplemente almacenándolos en la misma área de trabajo. Se deben establecer procedimientos de evacuación de tuberías para que el cloro líquido no quede atrapado en el sistema.

3.8.4 Pesaje

Debido a que el cloro se transporta como gas licuado comprimido, la presión en un recipiente depende de la temperatura del cloro (Figura 10.1). La presión no está relacionada con la cantidad de cloro en el recipiente. El contenido del contenedor se puede determinar con precisión solo mediante el pesaje.

3.8.5 Conectores

Entre el contenedor y un sistema de tubería presurizado, se debe usar una conexión flexible compatible con cloro. Se recomienda tubería de cobre con un diámetro de 1/4 de pulgada o 3/8 de pulgada. Las mangueras metálicas flexibles o mangueras fluoroplásticas como se describe en el Folleto 6 (11.1) de CI, también son aceptables. Si un sistema va a permanecer en funcionamiento mientras se conectan o desconectan los contenedores, se deben usar válvulas auxiliares (de aislamiento). Las conexiones flexibles deben inspeccionarse y reemplazarse periódicamente. La junta plana contra la válvula es parte de la conexión. Se debe usar una junta nueva cada vez que se realice una conexión (consulte los folletos CI 6 y 155 (11.1) y el dibujo 189).

3.8.6 Aberturas de Válvulas

La válvula del contenedor se abre girando el vástago en sentido contrario a las agujas del reloj. Una vuelta completa del vástago, normalmente permite una velocidad de alimentación adecuada. No se deben hacer más giros del vástago a menos que lo recomiende el proveedor. Se debe usar una llave (torsión máxima de 50 pies/libras), de no más de 8 pulgadas. Nunca use una extensión de llave (barra de palanca) ya que la válvula puede dañarse impidiendo un cierre hermético al gas. Una vez que se abre la válvula, se debe dejar la llave en el lugar para que la válvula se pueda cerrar rápidamente. No afloje la tuerca de la empaquetadura a menos que lo autorice el proveedor.

Para conectar una línea al contenedor, asegúrese de que la válvula esté cerrada. Asegúrese de que la tuerca prensaestopas esté al menos apretada a mano; si no es así, póngase en contacto con su proveedor para obtener asesoramiento. Retire la tapa de salida de la válvula y conecte la línea a la válvula con un yugo (yoke). Utilice una junta

nueva cada vez que realice una conexión. Asegúrese de que las conexiones estén apretadas.

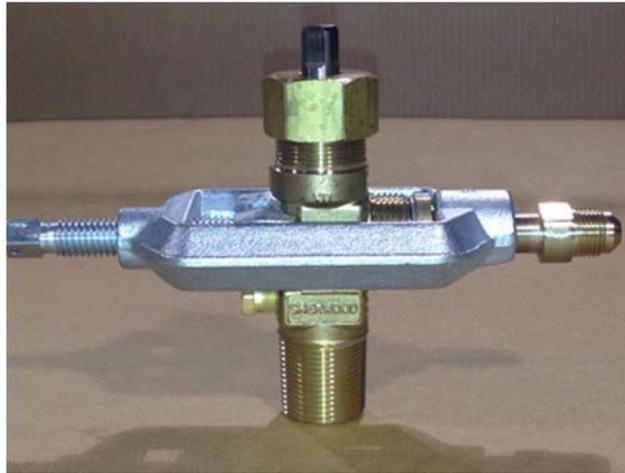


Figura 3.6 – Adaptador jugo (yoke) abierto – Tipo de conector

Una vez realizadas las conexiones, presurice el sistema con una pequeña cantidad de cloro y compruebe si hay fugas. Si se encuentra una fuga, se la debe reparar antes de continuar (consulte el Folleto 155 (11.1) de CI).

3.8.7 Válvulas de bloqueo

Aplique 25-30 libras-pie al vástago de la válvula. Compruebe si hay fugas. Si aún existen fugas, puede aumentarse el torque hasta 40 libras-pie. Si la fuga no se ha detenido a 40 libras-pie, aumente el torque en el vástago de la válvula a 50 libras-pie. Objetos extraños como escamas de óxido u otros desechos pueden impedir el cierre de las válvulas de cloro. Si el contenedor permanece conectado al proceso y está en condiciones seguras, mover la válvula en un ciclo completo, puede desalojar material extraño que se haya depositado permitiendo el cierre positivo de la válvula. Siempre verifique que la válvula se gire en el sentido de las agujas del reloj para cerrar. Si esto no funciona, póngase en contacto con su proveedor.

3.8.8 Desconexión del Contenedor

Tan pronto como un contenedor esté vacío, debe cerrarse la válvula (consulte la Sección 3.7.7). Antes de desconectar, vuelva a confirmar que la válvula esté cerrada y proporcione algún medio para eliminar el cloro atrapado en el flexible de conexión. Esto se puede lograr ya sea purgando la línea con aire seco o nitrógeno con un punto de rocío igual o menor a -40°F (-40°C), o aplicando vacío. Debe usarse equipo de protección personal según corresponda para la tarea. Véase el Folleto de CI 65 (11.1). El contenedor debe desconectarse con precaución en caso de que quede cloro residual en las líneas. La tapa de salida debe colocarse rápidamente y la cubierta protectora de la válvula debe reemplazarse. El extremo abierto de la línea flexible desconectada debe taparse de inmediato para evitar que la humedad atmosférica ingrese al sistema.

4. CONTENDRO A GRANEL

4.1 GENERALIDADES

El Cloro a granes se transporta por tuberías, vagones cisternas, camiones cisternas, tanques en barcas.

4.2 VAGONES CISTERNAS

4.2.4 General

La siguiente es información general sobre los vagones tanque de cloro. Véase el Folleto 66 (11.1) de CI.

4.2.2 Especificaciones

Los vagones cisternas más comúnmente usados tienen una capacidad de 90 ton. de cloro. Por reglamentación los vagones no pueden ser cargados excediendo el peso nominal.

Table 4.1 Especificaciones clave de gobierno

Estado Unidos	49 CFR 179.102-2	49 CFR 176-314 (c) note 12
Transporte Canadá	79.102-2	73.314 (c) note 12

Las regulaciones requieren vagones cisternas equipados con dispositivos de alivio de presión cuyo ajuste este estampado en un lado del vagón. Los vagones cisternas deben estar térmicamente protegidos con cuatro pulgadas de un material aislante.

4.2.3 Disposición de las vías de acceso

La única abertura de un vagón cisterna de cloro es una boca de acceso en la parte superior, donde las válvulas están cerradas con una cubierta de acero.

La mayoría de los vagones cisterna de cloro tienen válvulas de cuatro ángulos. También tienen un dispositivo de alivio de presión diseñado para liberar el exceso de presión acumulado dentro del tanque. Dos de las válvulas de ángulo están ubicadas en el centro longitudinal del vagón. Estas válvulas están conectadas a tuberías de educación que van hasta el fondo del tanque y se utilizan para descargar el cloro líquido. Dos válvulas de ángulo están situadas en una línea perpendicular a la longitud del vagón y están conectadas a la fase de vapor. Estas válvulas nunca deben usarse para la extracción de gas, pero se pueden usar para presurizar el tanque cuando se necesite para aumentar el caudal de extracción de líquido. Los vagones fabricados antes de 2009, las válvulas de líquido, están equipadas con válvulas de exceso de flujo diseñadas para cerrarse a velocidades de flujo de 7000, 15 000 o 32 000 lb por hora. El caudal normalmente está grabado en el lateral del vagón. Los vagones sin grabado (estarcido) tienen válvulas de 7,000 libras por hora.

A partir de 2009, los vagones cisterna de cloro comenzaron a equiparse con un diseño de válvula alternativo. La característica principal que es diferente en el diseño alternativo, es donde la válvula antirretorno se utiliza en lugar de la válvula de exceso de flujo. La válvula de retención está diseñada para permanecer cerrada durante el transporte, por lo que en el improbable caso de un vuelco donde las válvulas se rompan, la puerta de la válvula permanece cerrada y evita una liberación accidental. Los arreglos que consisten en el diseño alternativo pueden tener bases más anchas y pueden constar de 3 o 4 válvulas de líquido/vapor y un dispositivo de alivio de presión.

El kit C de emergencia del CI está diseñado para usarse para detener fugas en vagones tanque de cloro. Véase el Folleto 66 (11.1) del CI. Es importante saber si el vagón cisterna usa un diseño de válvula alternativo o el diseño de válvula tradicional, porque C-Kit deberá aplicarse de manera diferente, según el diseño de válvula que se encuentre.

Para obtener pautas adicionales, prácticas recomendadas y otra información útil sobre los carros cisterna de cloro, consulte los folletos 66, 166 y 168 (11.1) de CI.

4.2.4 Operaciones de Transferencia

Lo siguiente es información general. Ver el folleto del CI 66 (11.1).

Debe prestarse especial atención a la idoneidad de los procedimientos de emergencia y al equipo que debe utilizarse en caso de emergencia

Las operaciones de trasvase de cloro deben ser realizadas únicamente por personal que haya recibido la formación requerida por las regulaciones aplicables a los materiales peligrosos.

DOT (49 CFR), OSHA (29 CFR) y TC (Sec. 10.2) tienen requisitos de capacitación específicos aplicables al manejo de materiales peligrosos.

Todo el personal responsable de las operaciones de transferencia debe conocer el plan de respuesta en la emergencia de la instalación para el manejo de derrames y fugas de productos. Véase el Folleto 66 (11.1) del CI.

Antes de comenzar las operaciones de transferencia, se deben considerar una serie de cosas. Los detalles se pueden encontrar en el Folleto 66 del CI. Una lista parcial de temas incluye:

- Conexiones
- Amortiguado de presión
- Monitoreo
- Desconexionado

4.3 VEHÍCULOS MOTORIZADOS CON TANQUE DE CARGA

4.3.1 Generalidades

A continuación, se ofrece información general sobre los vehículos de las cisternas de cloro motorizadas. Véase el folleto CI 49 (11.1). En América del Norte, suelen tener una capacidad que oscila entre 15 y 22 toneladas (13.600 kg y 20.000 kg) con algunas excepciones. Las especificaciones del DOT sólo se aplican a la cisterna.

4.3.2 Disposición de las vías de acceso

La disposición de las vías de acceso es la misma que la de los vagones cisterna de cloro (véase el apartado 4.2.3), excepto que se requieren válvulas especiales de exceso de flujo debajo de las válvulas de gas.

4.3.3 Operaciones de Transferencia

Los procedimientos para transferir cloro a/desde los tanques de carga son esencialmente los mismos que para los vagones cisterna. Sin embargo, hay variaciones en las instalaciones y condiciones en las plantas de los clientes, y éstas pueden requerir modificaciones de métodos y equipos.

4.3.4 Precauciones

El motor debe estar parado, los frenos de mano deben estar puestos y las cuñas de las ruedas deben estar colocadas durante la transferencia. El camión cisterna debe estar atendido en todo momento. El camión no debe moverse cuando las conexiones de carga o descarga estén conectadas al vehículo (véase el análisis de transferencia de camiones cisterna, apartado 4.2.40, para las precauciones adicionales aplicables).

4.3.5 Equipos de Emergencia

Se requiere equipo respiratorio aprobado en el vehículo de transporte. Un Kit de Emergencia "C" debe estar en el vehículo de transporte. Se requiere entrenamiento adecuado sobre el uso de equipos de emergencia (OSHA 29 CFR 1910.134).

También se requiere que el vehículo tenga dos vías de comunicación como ser un celular y una radio.

- 4.3.6 **Conexiones/Desconexión**
Ver discusión para camión tanque (Sección 4.2.4).
El conductor debe revisar todo el equipo mediante una inspección visual antes de arrancar el vehículo.
- 4.3.7 **Amortiguación de Presión**
Ver discusión para camión cisterna (Sección 4.2.4)
- 4.4 **TANQUES TRANSPORTABLES**
Los tanques de cloro aptos para el transporte multimodal (por carretera, ferrocarril y agua) deben construirse según las disposiciones del DOT 51 y las disposiciones especiales para el cloro. Véase CI Folleto 49 (11.1).
- 4.5 **TANQUE BARCAZA**
Consulte a su proveedor para obtener información sobre las barcasas de cloro.

5. MEDIDAS DE EMERGENCIA

5.1 GENERALIDADES

Una emergencia de cloro puede ocurrir durante la fabricación, el uso o el transporte. Se necesitan empleados entrenados, junto con un plan integral y escrito de respuesta ante las emergencias, para mitigar las consecuencias de la emergencia. Se recomiendan simulacros regulares y revisiones de los planes de respuesta a emergencias con todas las organizaciones involucradas. Véase el Folleto 64 (11.1) del CI. Las reglamentaciones federales, estatales y provinciales, así como varios códigos locales contra incendios y construcción, regulan la preparación y respuesta ante emergencias químicas. Todas las personas responsables del manejo del cloro deben estar familiarizadas con esos requisitos. Los requisitos reglamentarios se ocupan generalmente de la preparación y respuesta a emergencias químicas y de otro tipo. Véase el Folleto 64 (11.1) del CI. También hay ayuda disponible del CHLOREP (consulte las Secciones 5.5.1 a 5.5.3) a la que se puede acceder a través de CHEMTREC (EE. UU.). En Canadá, CANUTEC puede brindar asesoramiento, así como información de contacto para el equipo CHLOREP apropiado.

5.2 RESPUESTA ANTE UN ESCAPE DE CLORO

Tan pronto como haya indicios de una fuga de cloro, se deben tomar medidas inmediatas para corregir esa condición. Las fugas de cloro siempre empeoran si no se corrigen a tiempo. Cuando ocurre una fuga de cloro, el personal capacitado y autorizado, equipado con equipos de protección respiratoria y otros equipos de protección personal apropiados, debe investigar y tomar las medidas adecuadas. El personal no debe entrar en atmósferas que contengan concentraciones de cloro superiores a la concentración IDLH de 10 ppm sin el equipo de protección personal adecuado y personal de respaldo.

El folleto 65 (11.1) del CI brinda recomendaciones de EPP para intervenir en una liberación de cloro. Mantenga alejado al personal innecesario y aisle el área de peligro. Las personas potencialmente afectadas por una liberación de cloro deben ser evacuadas o refugiadas en el lugar según lo requieran las circunstancias.

Los monitores de cloro del área y los indicadores de la dirección del viento, pueden proporcionar información oportuna (p. ej., rutas de escape), para ayudar donde debe ser evacuado el personal o si es refugiado en el lugar.

Cuando sea necesaria la evacuación, las personas potencialmente expuestas, deben trasladarse durante la fuga contra el viento. Para escapar en el menor tiempo posible, las personas que ya se encuentran en un área contaminada deben moverse con el viento cruzado. Debido a que el cloro es más pesado que el aire, son preferibles las elevaciones. Cuando se esté dentro de un edificio y se opte por refugiarse en el lugar, protéjase cerrando todas las ventanas, puertas y otras aberturas y apagando los acondicionadores de aire y los sistemas de entrada de aire. El personal debe trasladarse al lado del edificio que esté más alejado del escape.

Hay que tener cuidado de no situar al personal en un lugar sin una vía de escape. Una posición segura puede volverse peligrosa por un cambio en la dirección del viento. Pueden producirse nuevas fugas o aumentar la fuga existente.

Si las autoridades locales requieren una notificación, se debe proporcionar la siguiente información:

- Nombre de la empresa, dirección, número de teléfono y el nombre de la(s) persona(s) de contacto para más información
- Descripción de la emergencia
- Indicaciones para llegar al lugar
- Tipo y tamaño del contenedor involucrado
- Medida correctiva aplicada
- Otra información pertinente, es decir, condiciones climáticas, lesiones, etc.

Existen requisitos gubernamentales específicos para informar una liberación de sustancias químicas peligrosas. Las liberaciones deben ser reportadas de manera oportuna. Véase el Folleto 64 (11.1) del CI.

5.3 RESPUESTA A UN INCENDIO

Si hay un incendio presente o inminente, los recipientes y equipos de cloro deben ser alejados del fuego, si es posible, hacerlo de manera segura. Si no se puede mover un recipiente o equipo que no tenga fugas, se lo debe mantenerse fresco aplicándole agua. El agua no debe usarse directamente sobre una fuga de cloro. El cloro y el agua reaccionan formando ácidos y la fuga empeorará rápidamente. Sin embargo, cuando hay varios contenedores involucrados y algunos tienen fugas, puede ser prudente usar un rociador de agua para ayudar a enfriar los contenedores que no tienen fugas. Siempre que los contenedores hayan estado expuestos a las llamas, se debe continuar aplicando agua de enfriamiento hasta mucho tiempo después de que el fuego se haya apagado y los contenedores se hayan enfriado.

Los contenedores expuestos al fuego deben aislarse y se debe contactar al proveedor lo antes posible.

5.4 EMISIONES

5.4.1 Generalidades

Las instalaciones de cloro deben diseñarse y operarse de modo que se minimice el riesgo de liberación de cloro al medio ambiente. Sin embargo, pueden ocurrir liberaciones y fugas accidentales de cloro. Se deben considerar los efectos generales de dichas liberaciones.

5.4.2 Detección de emisiones menores y fugas

Se puede utilizar una botella de plástico que contenga agua amoniacal a 26° Baumé (30 % en peso) para detectar una pequeña fuga o escape. Si el vapor de amoníaco se dirige

a una fuga, se formará una nube blanca que indicará la fuente de la fuga. Si se utiliza una botella de lavado, el tubo de inmersión debe estar cortado de manera que al apretar la botella se dirija el vapor, no el líquido, fuera de la boquilla. Evite el contacto del agua amoniacal con el latón o el cobre. También se pueden utilizar monitores electrónicos de cloro portátiles para detectar fugas. Si se produce una fuga en el equipo o en las tuberías, se debe cortar el suministro de cloro, aliviar la presión y realizar las reparaciones necesarias.

Las fugas alrededor de los vástagos de las válvulas de los contenedores suelen poder detenerse apretando los prensaestopas. Si dicho apriete no detiene la fuga, se debe cerrar la válvula del contenedor. Las fugas en la tuerca de la empaquetadura siempre se detendrán cuando la válvula esté cerrada. Véase el folleto CI 66 (11.1). Si las medidas correctivas simples no son suficientes, se debe aplicar el Kit de Emergencia del Instituto del Cloro apropiado o se debe colocar el cilindro en un recipiente de recuperación diseñado para contener la fuga, y notificar al proveedor de cloro (véase la sección 5.8).

5.4.3 Área Afectada

El área afectada por una liberación de cloro y la duración de la exposición dependen de la cantidad total liberada, la tasa de liberación, la altura del punto de liberación y las condiciones meteorológicas, así como la forma física del cloro liberado. Estos factores son difíciles de evaluar en una situación de emergencia. Las concentraciones de cloro liberado a favor del viento pueden variar desde apenas detectables hasta altas. El folleto 74 de CI (11.1) proporciona información sobre el área afectada para escenarios específicos de liberación de cloro.

Formas físicas de emisiones de cloro

Normalmente, el cloro se almacena y transporta en forma de líquido a presión. El cloro líquido se expande en volumen casi 460 veces cuando se vaporiza; por lo tanto, una fuga de cloro líquido a favor del viento, puede tener un efecto significativamente mayor que una fuga de cloro gaseoso.

Durante una fuga, el cloro puede escapar como gas, como líquido o como ambos. Cuando se libera líquido o gas presurizado de un contenedor, la temperatura y la presión dentro del contenedor disminuirán, reduciendo así la tasa de liberación.

Efectos del Cloro en medio Ambiente

Vegetación

Las plantas que se encuentren en la trayectoria de una emisión de cloro pueden resultar dañadas. Las hojas pueden blanquearse y amarronarse, y puede pasar que pierdan sus hojas. Las plantas sanas suelen recuperarse con el tiempo.

Animales

Busque atención médica para evaluar o tratar a las mascotas y otros animales que experimenten irritación o cualquier signo de dificultad respiratoria.

5.4.4 Vida Acuática

El cloro es sólo ligeramente soluble en el agua y habría poca absorción de una nube de gas de cloro. Si el cloro se libera en un lago o arroyo, puede dañar las plantas y los animales acuáticos hasta que se disipe.

5.5 EMERGENCIA DURANTE EL TRANSPORTE

DOT y TC exigen que cualquier persona que ofrezca cloro para el transporte debe proporcionar un número de teléfono de respuesta de emergencia con personal disponible las 24 horas al que se pueda llamar en caso de una emergencia relacionada con el cloro. La SDS (Ficha de Datos de Seguridad), proporcionada por el proveedor de

cloro, contiene la información del contacto. Esta información también se puede encontrar en la factura del contenedor embarcado o transportado.

5.5.1 CHLOREP – Plan de Emergencia de Cloro

El Plan de emergencia de cloro (CHLOREP) fue establecido en enero de 1973 por el CI como un programa para toda la industria, para mejorar la velocidad y la eficacia de la respuesta a las emergencias de cloro en los Estados Unidos y Canadá.

El objetivo principal del Plan, es minimizar el riesgo de lesiones derivadas de la liberación real o potencial de cloro, durante las emergencias que ocurren durante el transporte en los puntos de distribución o en las ubicaciones de los usuarios de cloro. Según este Plan, los Estados Unidos y Canadá se han dividido en sectores regionales donde equipos de emergencia capacitados, de las plantas de producción, envasado, distribución y consumo, están disponibles las 24 horas del día para manejar las emisiones de cloro posibles o reales.

5.5.2 CHEMTREC, CANUTEC, & SETIQ

Durante una emergencia de cloro, cualquier transportista, cliente o autoridad civil puede obtener información básica de emergencia e información de contacto del grupo de emergencia de cloro más cercano a través de CHEMTREC (EE. UU.), CANUTEC (Canadá), SETIQ (México) o su proveedor de cloro. El centro de llamadas de respuesta a emergencias, es decir, CHEMTREC y CANUTEC, brinda asesoramiento inmediato a quienes se encuentran en el lugar de la emergencia. CHEMTREC se comunicará de inmediato con el grupo de respuesta apropiado según sea necesario. CANUTEC proporcionará información de contacto y participará en una llamada al respondedor apropiado, que debe ser iniciada por el contacto en la escena del incidente. En muchos casos, el respondedor será el remitente. Sin embargo, en algunos casos, se llama al grupo de respuesta designado y luego se notifica al remitente.

Tabla 5.1		Información de Contacto de Emergencia	
Agencia	de País	Número Telefónico	
Despacho			
CHEMTREC	Estados Unidos Continentales	1- 800-424-9300	
CHEMTREC	Alaska y Hawái	1-703-527-3887	
CHEMTREC	Radioteléfono marino	1-703-527-3887	
CHEMTREC	Llamadas por cobrar en cualquier lugar de los EEUU	1-703-527-3887	
CANUTEC	Canadá	1-613-996-6666 (se aceptan llamadas por cobrar)	
SETIC	Méjico	01-800-00214-00	
SETIC	Méjico – desde fuera del país	011-55-5-5591588	

5.5.3 Respuesta a Emergencias en Tránsito

Si se desarrolla una fuga de cloro en tránsito, se deben tomar las medidas de emergencia apropiadas lo más rápido posible.

Si un vehículo que transporta cilindros de cloro o contenedores de una tonelada está inhabilitado y existe la posibilidad de incendio, los contenedores deben retirarse del vehículo a una distancia segura si es posible.

Si un vagón cisterna o un remolque con cisterna de carga se descomponen y hay fugas de cloro, se deben instituir los procedimientos de emergencia adecuados en consulta con las autoridades locales. El despeje de vías o carreteras no debe iniciarse hasta que se establezcan condiciones de trabajo seguras. Consulte la Sección 5.3 para conocer las medidas a tomar si ocurre un incendio.

Las acciones específicas tomadas por los servicios de emergencia variarán. Algunos elementos a considerar para actuar son:

- ¿Es posible girar el recipiente de manera segura para que escape gas en lugar de líquido? La cantidad de cloro que se escapa de una fuga de gas es mucho menor que la cantidad que se escapa de una fuga de líquido por un orificio del mismo tamaño.
- ¿Es posible reducir de forma segura la presión en el recipiente eliminando el cloro como gas (no como líquido) a un proceso o sistema de eliminación? (Ver Secciones 5.6 y 5.7).
- ¿Se puede mover el contenedor de manera segura a un lugar aislado donde se puedan minimizar las consecuencias?
- ¿Es posible aplicar de manera segura el kit de emergencia del Chlorine Institute apropiado o colocar el cilindro en un recipiente de recuperación diseñado para contener la fuga? (Consulte la Sección 5.8).

Un recipiente de cloro con fugas no debe sumergirse ni arrojarse a una masa de agua; la fuga se agravará y el recipiente puede flotar cuando aún esté parcialmente lleno de cloro líquido, lo que permitirá el desprendimiento de gas. Se deben seguir las normas gubernamentales específicas para el envío de un contenedor de cloro con fugas o un contenedor que haya estado expuesto al fuego, ya sea que esté lleno o parcialmente lleno. En tales casos, se requieren arreglos especiales y se debe consultar primero al proveedor de cloro.

5.6 FUGA DE CLORO EN UN LUGAR DE CONSUMO

Además de los esfuerzos de mitigación de fugas, se puede considerar lo siguiente:

- Puede ser mejor consumir el cloro a través del proceso regular. Si el proceso de consumo no puede manejar el cloro en condiciones de emergencia, se debe considerar un sistema álcali de absorción de emergencia o un depurador.
- Debe reconocerse que los sistemas que consumen cloro líquido a bajas caudales pueden no reducir significativamente la presión en el contenedor de suministro. Para reducir la presión en el recipiente de suministro, el cloro debe eliminarse como gas a una velocidad lo suficientemente alta como para enfriar el líquido restante. (Consulte la sección **¡Error! Fuente de referencia no encontrada**).

- Kit C – para vagones cisternas o camiones cisternas



- Recipientes de recuperación para cilindros



Los kits contienen las instrucciones paso a paso para el uso de los dispositivos. Se incluyen las herramientas necesarias, pero no se incluye el equipo de protección personal. Los folletos del CI IB/A, IB/B e IB/C (11.1) brindan información sobre estos kits y su uso. Los recipientes de recuperación de cloro son equipos disponibles comercialmente, diseñados para contener un cilindro completo. Un cilindro con fuga puede colocarse en

un recipiente de recuperación que luego es cerrado, conteniendo así la fuga. Luego, el cloro puede ser recuperado del recipiente de recuperación.

Para barcasas de cloro, comuníquese con su proveedor para obtener información o equipos para la mitigación de fugas.

Los consumidores de cloro deben incorporar planes para el uso de estos kits en sus programas de emergencia, proporcionar instrucciones a los socorristas y mantener adecuadamente el equipo. Más información sobre la utilidad, disponibilidad y compra de kits, componentes de kits y ayudas audiovisuales de capacitación está disponible en el Instituto o en el proveedor de cloro.

Los lugares de uso o almacenamiento de cloro deben tener los kits de emergencia apropiados o recipientes de contención fácilmente disponibles, con personal de respuesta a emergencias capacitado en su uso, o tener un acuerdo formal con un grupo externo de respuesta a emergencias que pueda responder a emergencias utilizando dicho equipo.

5.9 INFORMES

La mayoría de las agencias gubernamentales tienen requisitos de informes para las emisiones de cloro. Los productores, transportistas y usuarios de cloro deben conocer la "cantidad reportable" y todos los requisitos pertinentes.

6. **CAPACITACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS EMPLEADOS**

6.1 ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL

La seguridad en el manejo del cloro depende, en gran medida, de la efectividad de la capacitación de los empleados, las adecuadas instrucciones de seguridad y del uso del equipo adecuado. Es responsabilidad del empleador capacitar a los empleados y documentar dicha capacitación según corresponda y según lo exija la regulación. Es responsabilidad de los empleados llevar a cabo los procedimientos operativos correctos de forma segura y utilizar correctamente el equipo de seguridad proporcionado.

La capacitación del personal debe incluir, sin estar limitado exclusivamente, entre otros:

- Instrucción y cursos periódicos de actualización en operación de equipos de cloro y manejo de contenedores de cloro.
- Instrucción sobre las propiedades y efectos fisiológicos del cloro, incluyendo la información de la Ficha de Datos de Seguridad (SDS).
- El proveedor de cloro debe proporcionar la Ficha de Datos de Seguridad (SDS).
- Instrucciones para reportar a la autoridad correspondiente todas las fallas en los equipos y fugas de cloro.

Instrucción y simulacros periódicos sobre:

- Ubicaciones, propósito y uso de equipos de emergencia de cloro, equipos de extinción de incendios, alarmas contra incendios y equipos de cierre, como válvulas e interruptores.
- Uso e instalación de kits de emergencia, como los Kits de Emergencia A, B o C del Instituto del Cloro y el recipiente de recuperación si forman parte del equipo de emergencia y la planificación en el lugar.

- Ubicaciones, propósito y uso del equipo de protección personal.
- Ubicaciones, propósito y uso de duchas de seguridad, lavajos o la fuente de agua más cercana para uso en emergencias.
- Ubicaciones, propósito y uso de cualquier equipo especializado de primeros auxilios.

6.2 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

6.2.1 Disponibilidad y Uso

Hay posibilidad de exposición al cloro cada vez que se manipula, almacena o utiliza cloro. Si se usa cloro en lugares muy separados, debe haber equipo de protección personal disponible cerca de cada punto de uso. El equipo de protección personal (PPE) para uso de emergencia debe estar disponible lejos de las áreas de posible contaminación. El Folleto 65 (11.1) del CI brinda recomendaciones sobre el EPP apropiado para tareas específicas que incluyen carga/descarga, conexiones de línea, muestreo de materiales y respuesta de emergencia.

6.2.2 Equipos de Respiración

El equipo respiratorio debe seleccionarse en función de la evaluación de los peligros y el grado de exposición potencial. La necesidad de proteger los ojos del cloro debe ser parte en la evaluación del equipo respiratorio apropiado. Véase el Folleto de CI 65 (11.1).

Todo el personal que ingrese a las áreas donde se almacena o manipula cloro debe llevar o tener disponible en forma inmediata, una protección respiratoria adecuada.

Se requiere un aparato de respiración autónomo (SCBA), con máscara completa, para realizar tareas en las que puede haber cloro presente, a menos que el muestreo de aire verifique que la concentración de cloro es tal, que con un equipo de protección respiratoria de nivel más bajo es suficiente.

Es necesario realizar pruebas de ajuste y programas de mantenimiento regulares para los equipos de respiración. Se requiere capacitación documentada y programada regularmente, para asegurar la competencia con el uso del equipo de respiración autónomo (29 CFR 1910).

6.2.3 Minimizar el riesgo de una instalación de cloro

Durante actividades que tengan potencial de liberar cloro, como la ruptura de líneas, la inspección de fugas, el conexionado de mangueras, la toma de muestras, la carga/descarga, la devolución del equipo al servicio de cloro u otras actividades de mantenimiento, se debe considerar que se garantice que se implemente el uso de la protección personal adecuada y que sea mantenido a lo largo de toda la actividad. Para las personas directamente involucradas, los requisitos para ponerse equipo de protección personal en relación con el trabajo que está siendo ejecutado, deben especificarse junto con las condiciones para degradar o bajar el tipo de protección, si se desea, incluyendo la confirmación de que las concentraciones están por debajo de los límites de exposición permisibles. Deben evaluarse las áreas adyacentes, a favor del viento o potencialmente impactadas, para determinar el riesgo de exposición de las personas que no están directamente involucradas. Se debe tener en cuenta limitar/restringir el acceso a las áreas y la comunicación de actividades de mayor riesgo en toda el área (anuncio de área, barricadas, asistencia operativa, etc.).

6.3 ENTRADA A ESPACIOS CONFINADOS

Los procedimientos de entrada a espacios confinados deben cumplir con todos los códigos y regulaciones locales aplicables. La mayoría de las instalaciones en los Estados Unidos deben cumplir la norma OSHA 29 CFR 1910.146.

CONSEJOS PARA LA ENTRADA A ESPACIOS CONFINADOS

- Equipo respiratorio adecuado y otro equipo de protección para cualquier persona que ingrese al espacio confinado;
- Arnés de seguridad y línea de vida para todos los trabajadores en el espacio confinado;
- Supervisión de la operación desde el exterior del espacio confinado en todo momento;
- Prohibición de entrada para rescates sin protección respiratoria adecuada, arnés de seguridad, línea de vida y personal de respaldo;
- Consulte la norma OSHA 29 CFR 1901.164.

6.4 MONITOREO DE LA EXPOSICIÓN PERSONAL

Debido a que el olor a cloro en sí mismo es un indicador inadecuado de concentración, es esencial que se determine alguna medida cuantitativa de la exposición. Las pautas de exposición se enumeran en el SDS, incluyendo OSHA PEL y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) TLV.

7. **ASPECTOS MÉDICOS Y PRIMEROS AUXILIOS**

7.1 PELIGROS PARA LA SALUD

El cloro gaseoso es principalmente un irritante respiratorio. En bajas concentraciones, el cloro gaseoso tiene un olor similar al de la lejía doméstica. A medida que las concentraciones aumentan a partir del nivel de detección por el olfato, también lo hacen los síntomas en el individuo expuesto. Según el nivel de exposición al cloro, los efectos pueden volverse más severos durante varios días después del incidente. La observación de las personas expuestas debe considerarse parte del programa de respuesta médica. La siguiente lista es una compilación de posibles umbrales de exposición al cloro y posibles respuestas en humanos, con una variación considerable entre sujetos:

Tabla 7.1 Exposición al Cloro Umbrales límites y directrices (ppm)

0.2 – 0.4	Umbral de olor (con el tiempo hay una disminución en la percepción del olor)
Menos que 0.5	No se conoce ningún efecto agudo o crónico
0.5	ACGIH TLV-TWA (media ponderada en 8 horas)
1	OSHA PEL (techo) ACGIH TLV-STEL (15 minutos) AIHA ERPG-1: La concentración máxima en el aire por debajo de la cual se cree que casi todas las personas podrían estar expuestas durante un máximo de 1 hora sin experimentar más que leves efectos transitorios adversos para la salud o percibir un olor claramente definido y desagradable.

1 – 3	Irritación leve de las mucosas, tolerada hasta 1 hora
3	AIHA ERPG-2: La concentración máxima en el aire por debajo de la cual se cree que casi todas las personas podrían estar expuestas durante un máximo de 1 hora sin experimentar o desarrollar efectos o síntomas irreversibles u otros graves para la salud que podrían perjudicar la capacidad de un individuo para tomar medidas de protección.
5 – 15	Irritación moderada de las vías respiratorias. El gas es muy irritante, y es poco probable que una persona permanezca en una exposición de este tipo aún durante un tiempo muy breve, a menos que la persona esté atrapada o inconsciente
10	NIOSH IDLH: La concentración en el aire que supone una amenaza inmediata para la vida, que causaría efectos adversos irreversibles para la salud o que impediría la capacidad de un individuo para escapar de una atmósfera peligrosa. Los valores se basan en una exposición de 30 minutos.
20	AIHA ERPG-3: La concentración máxima en el aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos durante un máximo de 1 hora sin experimentar o desarrollar efectos en la salud que pongan en peligro la vida efectos en la salud.
30	Dolor de pecho inmediato, vómitos, disnea (falta de aire) y tos
40 – 60	Neumonitis tóxica (inflamación de los pulmones) y edema pulmonar edema pulmonar (acumulación de líquido en los pulmones)
430	Letal durante, mas de 30 minutos
1000	Fatal en minutos

Nota: Los valores presentados en la tabla 7.1 que no están designados como valores ACGIH, AIHA, NIOSH u OSHA proceden de "Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning", Ellenhorn, M.J. y D.G. Barceloux, Eds., Elsevier, Nueva York (1988). pp. 878-879.

7.1.1 Toxicidad Aguda

Los efectos tóxicos del cloro se deben a sus propiedades corrosivas. El cloro se elimina principalmente por las vías respiratorias superiores. La exposición a bajas concentraciones de cloro gaseoso puede provocar irritación en la nariz, las vías respiratorias y los ojos (molestias por ardor, parpadeo, enrojecimiento, conjuntivitis y lagrimeo). A medida que las concentraciones aumentan, también lo hace el efecto irritante sobre el tracto respiratorio superior e inferior, que se manifiesta como tos con eventual dificultad para respirar. La inhalación de cloro gaseoso a más de 15 ppm puede provocar la constricción de las vías respiratorias y la acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar). A medida que aumenta la duración de la exposición y/o la concentración, el individuo afectado puede desarrollar respiración rápida, sibilancias y hemoptisis (sangre en la saliva). En casos extremos, la dificultad respiratoria puede progresar hasta el punto de provocar la muerte por colapso cardiovascular debido a una insuficiencia respiratoria. Una persona expuesta que tenga una condición respiratoria preexistente puede tener una respuesta más exagerada.

7.1.2 Toxicidad Crónica

La mayoría de los estudios no indican ninguna conexión significativa entre los efectos adversos para la salud y la exposición crónica a bajas concentraciones de cloro. Sin embargo, un estudio finlandés de 1983 (Grenquist-Norden, B.: Instituto de Salud Laboral, pp. 1-83, 1983) mostró un aumento de la tos crónica y una tendencia a la hipersecreción

de mucosidad entre los trabajadores. Estos trabajadores no mostraron ninguna función pulmonar anormal en las pruebas o en las radiografías de tórax.

7.1.3 Contacto con los ojos y la piel

El contacto del cloro líquido con los ojos provocará graves quemaduras térmicas y/o químicas. El contacto prolongado del cloro gaseoso con los ojos puede causar irritación a bajas concentraciones y lesiones oculares graves a concentraciones más altas. Se debe tener cuidado al usar protección respiratoria para evitar o limitar la exposición de los ojos. El contacto con la piel causar quemaduras químicas o térmicas locales (congelación).

7.2 PRIMEROS AUXILIOS

Los primeros auxilios son el tratamiento temporal inmediato que se da a una persona expuesta antes de obtener los servicios o las recomendaciones de un médico. Es esencial actuar con rapidez. Tranquilizar al individuo ayudará a aliviar la ansiedad. Debe obtenerse asistencia médica lo antes posible. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente o con convulsiones. Si el cloro ha saturado la ropa o la piel de una persona expuesta, la descontaminación debe realizarse quitando la ropa afectada y dando una ducha como se recomienda en la FDS.

Los socorristas deben tomar las precauciones necesarias para protegerse de cualquier exposición al cloro mientras administran los primeros auxilios y deben alejar a la víctima de la zona contaminada lo antes posible.

El folleto CI 63 (11.1) contiene orientaciones detalladas sobre los primeros auxilios en caso de exposición al cloro, incluyendo:

- Inhalación
- Asistencia Respiratoria
- Administración de Oxígeno
- Contacto con los ojos
- Manejo médico de la exposición al cloro
- Efectos retardados

A continuación, un breve resumen de los puntos clave de los primeros auxilios:

7.2.1 Inhalación

Un individuo expuesto a la inhalación de cloro debe ser evaluado por la primera persona que lo atienda para comprobar que las vías respiratorias, la respiración y la circulación son adecuadas. Si las vías respiratorias están obstruidas, elimine la obstrucción. Si la respiración ha cesado aparentemente, la víctima debe recibir reanimación cardiopulmonar (RCP) inmediatamente. Si la respiración no ha cesado, el individuo expuesto debe ser colocado en una posición cómoda. En los casos graves, la persona debe acostarse con la cabeza y el tronco elevados a una posición de 45-60° (a menos que exista una contraindicación médica). Debe fomentarse la respiración lenta y profunda.

Históricamente, la oxigenoterapia se ha considerado el tratamiento principal para las inhalaciones de cloro. Aunque puede que no sea necesaria en todos los casos de inhalación de cloro, la oxigenoterapia se recomienda en el caso de que un individuo continúe siendo sintomático después de abandonar el área de exposición. El oxígeno debe ser administrado por personal de primeros auxilios formado en el uso del equipo específico de oxígeno. Se prefiere el oxígeno humidificado, ya que la humedad alivia la

irritación de las membranas mucosas, mientras que el oxígeno sin humedad puede tener un efecto secante, agravando potencialmente los síntomas irritantes. Sin embargo, el oxígeno sin humedad no debe suspenderse si se indicó oxigenoterapia.

Debe disponerse de un equipo adecuado para la administración de oxígeno y de personal capacitado en el uso del equipo, ya sea en el lugar o en un centro cercano. Dicho equipo debe ser chequeado periódicamente.

La inhalación de cualquier gas irritante puede dar lugar a reacciones retardadas, como el edema pulmonar. Dado que el ejercicio físico parece tener cierta relación con la incidencia de reacciones retardadas, se recomienda que todo paciente que haya tenido una exposición grave por inhalación se mantenga en reposo en observación durante un período. Durante este período de observación deben evitarse los irritantes (humo de cigarrillo, polvo, etc.). La duración del período de observación dependerá de la evaluación clínica del individuo expuesto.

7.2.2 Contacto con la piel

Si el cloro líquido contaminó la piel o la ropa, debe darse inmediatamente una ducha de emergencia y quitarse la ropa contaminada bajo la ducha. Enjuague la piel contaminada con abundante agua tibia durante 15 minutos o más. No intente la neutralización química ni aplique ningún bálsamo o pomada a la piel dañada. Acudir a un médico calificado si la irritación persiste después del lavado o si la piel está lastimada o ampollada.

7.2.3 Contacto con los ojos

Si los ojos han estado expuestos al cloro líquido o se irritan gravemente debido a la exposición a una alta concentración de gas cloro, deben lavarse inmediatamente con abundante agua tibia durante al menos 15 minutos. No intente neutralizar con productos químicos. Los párpados deben mantenerse separados para asegurar que el agua entre en contacto con todo el tejido accesible de los ojos y los párpados. Debe obtenerse asistencia médica lo antes posible. Si no se dispone de dicha asistencia inmediatamente, continuar con la irrigación de los ojos durante un segundo período de 15 minutos.

7.3 VIGILANCIA MÉDICA

El Instituto del Cloro recomienda un programa de vigilancia médica, que incluiría exámenes de referencia y periódicos, para el personal que trabaja en instalaciones de producción, uso o manipulación de cloro y que está potencialmente expuesto al cloro por encima de la directriz de la ACGIH® de 0,5 ppm TWA o 1 ppm STEL durante las operaciones normales. Se puede encontrar información adicional sobre un programa de vigilancia médica en el folleto 63 del CI (11.1).

8. **INGENIERÍA DE DISEÑO Y MANTENIMIENTO**

8.1 ESTRUCTURAS

Los edificios y estructuras para alojar equipos o contenedores de cloro deben cumplir con los códigos locales de construcción e incendio. Cualquier edificio utilizado para alojar equipos o contenedores de cloro debe ser diseñado y construido para proteger de peligros, todos los elementos del sistema de cloro. Si se almacenan o utilizan materiales inflamables en el mismo edificio, se debe levantar un muro contra incendios para separar las dos áreas. Se recomienda una construcción incombustible.

Existe equipos de control del cloro, que toma muestras del aire de forma continua y detecta la presencia de cloro, que debería considerarse su instalación en cualquier zona

de almacenamiento o de funcionamiento en la que pueda liberarse cloro. Véase el folleto 73 del CI (11.1).

Se deben prever al menos dos salidas separadas en cada sala o edificio en el que se almacene, manipule o utilice cloro. Las puertas de salida no deben estar cerradas con llave y deben abrirse hacia afuera. Las plataformas deben estar diseñadas para facilitar la salida y deben considerarse dos o más escaleras de acceso o escaleras de mano. Las estructuras de acero deben estar protegidas para evitar la corrosión.

8.2 VENTILACIÓN

Los requisitos de ventilación deben determinarse sobre una base específica del sitio.

8.2.1 Generalidades

El sistema de ventilación del edificio debe proporcionar aire fresco para el funcionamiento normal y debe tener en cuenta la posibilidad de una fuga de cloro. En algunos casos, puede ser adecuada la ventilación; de lo contrario, deben instalarse sistemas de ventilación mecánica. Deben establecerse salvaguardias para garantizar que las personas no permanezcan ni entren en los edificios con presencia de cloro en la atmósfera en caso de una fuga o a un fallo de un equipo, sin el equipo de protección personal adecuado. Todos los sistemas de ventilación de los edificios que albergan equipos o contenedores deben ajustarse a los requisitos aplicables del código de construcción y a las recomendaciones de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). recomendaciones de la ACGIH.

8.2.2 Aberturas de Aire

El gas cloro es más pesado que el aire y tiene tendencia a acumularse a nivel del suelo. El sistema de extracción de aire debe provenir de un lugar situado a nivel del suelo o cerca de él. Debe haber una entrada de aire fresco elevada y debe estar situada en forma de una ventilación cruzada. Pueden ser necesarias varias entradas de aire fresco y ventiladores para facilitar una ventilación adecuada. Los ventiladores, si se utilizan, deben hacerse arrancar y parar desde un lugar seguro y remoto.

Como alternativa, puede ser conveniente presurizar la instalación con aire fresco y extraer el aire contaminado a través de salidas a nivel del suelo.

8.2.3 Calefacción

Las salas que contengan equipos de cloración, deben mantenerse a una temperatura normal para facilitar las velocidades de descarga de gas del contenedor. Deben evitarse las temperaturas extremas en la sala para evitar la liberación accidental de cloro debido a la fusión del fusible.

8.3 MATERIALES PARA EQUIPOS DE PROCESOS

Los materiales de construcción para la manipulación del cloro seco y del cloro húmedo son muy diferentes. La temperatura también juega un papel importante en la selección del material. (Véanse los folletos CI 6, 100, y 164 (11.1)).

8.3.1 Generalidades

El cloro líquido comercial sólo contiene pequeñas cantidades de impurezas y está lo suficientemente seco como para ser manipulado en equipos de acero al carbono. En el proceso de fabricación, deben tenerse en cuenta ciertas propiedades exclusivas del cloro al considerar los materiales de construcción.

8.3.2 Agua en Cloro

El cloro húmedo puede manipularse de forma segura con una variedad de materiales que pueden elegirse según las condiciones del proceso. Algunos materiales, como el titanio, son adecuados para el cloro húmedo, pero no para el cloro seco. El titanio reacciona violentamente con el cloro seco. El titanio es un material seguro en el servicio de cloro húmedo gaseoso siempre que el porcentaje de agua en el vapor de cloro sea suficiente para pasivar al titanio. Esto depende de la presión y la temperatura del sistema. Utilice el folleto del CI 165 (11.1) para determinar las condiciones de seguridad del titanio en un servicio de cloro húmedo.

8.3.3 Temperatura

El acero al carbono utilizado en la manipulación del cloro seco debe mantenerse dentro de ciertos límites de temperatura definidos. Cuando se prevea que las temperaturas del proceso superen los 300°F (149°C), el material utilizado debe ser más resistente a la corrosión que el acero al carbono por el ataque de cloro a altas temperaturas. Por encima de los 300°F (149°C) el cloro puede atacar rápidamente e incendiar el acero. Las impurezas en el cloro y/o una gran superficie del acero pueden reducir significativamente la temperatura de autoignición del cloro y acero.

También existe la posibilidad de que se produzca una fractura por fragilización en determinados equipos de proceso y en tanques de almacenamiento de cloro. Si este es el caso, debe utilizarse un tipo de acero que pueda soportar las temperaturas más bajas posibles durante el proceso.

8.3.4 Materiales Alternativos

En la fabricación del cloro normalmente están involucrados varios productos químicos, como el hidrógeno, el ácido sulfúrico, el mercurio, ciertas sales, el oxígeno y diversos productos de su reacción con el cloro. Los materiales de construcción deben seleccionarse para protegerlos de estos materiales corrosivos o peligrosos que están presentes en el proceso de fabricación.

8.4 VAPORIZADORES

Los sistemas de alimentación de cloro gaseoso de alta capacidad pueden necesitar un vaporizador de cloro (evaporador). Los vaporizadores están diseñados para convertir el cloro líquido en cloro gas. Se utilizan camisas de vapor o de agua caliente para proporcionar el calor necesario para la vaporización. El control de la temperatura es fundamental. En los vaporizadores es requerido un alivio de presión mediante la instalación de una válvula de seguridad con un disco de ruptura. Hay que prestar mucha atención al diseño y funcionamiento de estos sistemas. Mantener una fuente de calor por debajo de los 250°F (121°C) para evitar posibles reacciones entre el acero y el cloro, controlar los niveles de NCl_3 y supervisar el condensado para detectar fugas de cloro, son ejemplos de algunas medidas prudentes de disciplina operativa que deben tomarse. Es necesaria una limpieza periódica y deben seguirse las recomendaciones del fabricante. Véase el folleto 9 del CI (11.1) para obtener información más detallada sobre el funcionamiento y el diseño de los vaporizadores.

8.5 EQUIPOS DE SOPORTE

8.5.1 Generalidades

Los equipos utilizados en cloro deben estar diseñados para aplicaciones de cloro seco o de cloro húmedo, por lo tanto, se tienen que seleccionar los materiales de construcción adecuados. La mayoría de los equipos utilizados en el servicio de cloro se construyen de acuerdo a un código o reglamento de diseño específico. Dichos códigos o regulaciones

incluyen las normas ANSI, API, ASME y TEMA y las regulaciones OSHA. Véase CI Folleto 5 (11.1).

8.5.2 Recipientes

Los materiales de construcción de los recipientes utilizados en las aplicaciones de cloro húmedo incluyen ciertos aceros revestidos de plástico o de goma, poliésteres reforzados y titanio. Los recipientes utilizados en el servicio de cloro seco suelen ser de acero al carbono.

El standard fabricación mínimo para los recipientes metálicos que trabajan a más de 15 psig está dado en el Código ASME (referencia 11.5.1) para recipientes a presión. Los recipientes que funcionan a menos de 15 psig no tienen requisitos del código ASME, pero deben diseñarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Los recipientes que trabajan en vacío requieren diseños especiales para evitar el colapso.

8.5.3 Intercambiadores de Calor

Los intercambiadores de calor deben diseñarse y fabricarse de acuerdo con la norma TEMA y los materiales adecuados clasificaciones y codificados según ASME. El titanio suele ser la elección para el cloro húmedo, y el acero al carbono se utiliza normalmente para el cloro seco.

Es importante asegurarse de que el intercambiador de calor esté limpio y preparado para el servicio de cloro. La reacción de los residuos orgánicos/lubricantes en el equipo con el cloro presenta riesgo potencial de incendio. Véase el folleto del CI 6 (11.1) para más detalles sobre la "Preparación para el uso".

8.5.4 Bombas

Para servicio de cloro-álcali se construyen bombas con una amplia gama de materiales. Debe contactarse con un proveedor de este tipo de bombas para su diseño y uso, como ciertos aceros revestidos de plástico o caucho, poliéster reforzado y titanio.

Las bombas de cloro líquido son artículos especiales con riesgos particulares que deben considerarse y gestionarse. Como ocurre con todos los equipos rotativos en el servicio de cloro, la abrasión puede provocar un incendio de cloro/metal y la consiguiente liberación de cloro. Enclavamientos/paradas de emergencia apropiados deben implementarse para minimizar estos riesgos.

8.5.5 Compresores y Sopladores

Los compresores utilizados en el servicio de cloro seco incluyen los del tipo centrífugos, alternativos no lubricados y los de sello por anillo líquido (ácido sulfúrico). Los compresores y sopladores deben construirse de acuerdo con el código ASME y las especificaciones del proveedor. Deben evitarse el aluminio, el cobre y las aleaciones de cobre.

Como ocurre con todos los equipos rotativos en servicio de cloro, la abrasión puede provocar un incendio de cloro/metal y la consiguiente liberación de cloro. La temperatura de descarga debe ser diseñadas y gestionadas para asegurar que no se excedan los límites de la metalurgia del equipo.

A veces se usan ventiladores para aumentar la presión o mover el gas de cloro en los sistemas de venteo o depuración. En el servicio de cloro húmedo, normalmente se utilizan los revestidos de goma, poliéster reforzado con fibra de vidrio o titanio. En el servicio de cloro seco, se suele utilizar acero al carbono.

8.5.6 Scrubbers (Depurador)

Aunque los depuradores son un medio eficaz para absorber el cloro, la necesidad de un depurador debe basarse en una evaluación de riesgos específica que tenga en cuenta factores como la cantidad de cloro, la probabilidad de una fuga y las consecuencias de una fuga. El diseño del lavador depende de la cantidad de cloro a absorber, el caudal de aire a través del lavador y el líquido de lavado. Véase el folleto del CI 89 (11.1).

8.6 SISTEMAS DE TUBERÍAS PARA CLORO SECO

Las tuberías descritas en esta sección se refieren únicamente a las tuberías fijados sobre el suelo. Ver el folleto del CI 6 (11.1).

8.6.1 Materiales

En general, las tuberías de acero al carbono sin costura ASTM A106 Grado B son recomendados para la manipulación de cloro seco cuando el rango de temperatura es de -20°F a 300°F (-29°C a 149°C). Los aceros inoxidable serie 300, tienen propiedades que los hacen útiles para el servicio a baja temperatura, pero pueden fallar por stress corrosión por cloruros (corrosión por tensión), particularmente en presencia de humedad a temperatura ambiente o elevada. Algunos materiales metálicos para tuberías, como el titanio, el aluminio, el oro y el estaño, no pueden utilizarse con cloro seco.

Bajo ciertas condiciones puedes usarse algunos plásticos. Véase el folleto del CI 6 (11.1). Las tuberías de plástico pueden volverse frágiles con el cloro y tienen una vida útil limitada. Se recomienda la inspección y sustitución periódica.

8.6.2 Diseño e Instalación

Diseño general

La disposición de las tuberías debe ser la más corta posible, teniendo en cuenta la flexibilidad, la expansión de la línea y las buenas prácticas de ingeniería. Los sistemas de tuberías deben estar debidamente soportados, tener una pendiente adecuada para permitir el drenaje y minimizar los puntos bajos. Se debe evitar la instalación de líneas junto a líneas de vapor, líneas de ácido o cualquier otra línea que pueda provocar la corrosión de la línea de cloro. Las tuberías de cloro deben estar protegidas de todo riesgo de calor excesivo o incendio.

Se recomienda la inspección y sustitución periódica de todos los sistemas de tuberías en servicio de cloro.

Para obtener información detallada sobre la selección del material de las tuberías y el diseño general, véase el folleto del CI 6 (11.1). Los ítems que deben considerarse para el diseño de las tuberías en el folleto CI 6 incluyen:

- Expansión del líquido - El cloro líquido tiene un alto coeficiente de expansión térmica. Si el cloro líquido queda atrapado entre dos válvulas cerradas, un aumento en la temperatura del líquido entrampado dará lugar a presiones elevadas que podrían provocar la rotura de la línea. Las causas de una posible ruptura deben ser consideradas en el diseño de cualquier sistema de tuberías. La protección puede ser una cámara de expansión debidamente diseñada, operada y mantenida, una válvula de alivio de presión o un disco de ruptura.
- Condensación - La condensación o licuefacción del cloro puede producirse en las líneas de cloro gaseoso que pasan por zonas en las que la temperatura es inferior al equilibrio temperatura-presión. La condensación puede evitarse normalmente mediante el uso de una válvula reductora de presión o el trazado con calor y el aislamiento de la línea. Cualquier

instalación de trazado térmico debe diseñarse de forma que la temperatura de la superficie de la tubería no supere los 300°F (149°C) para limitar la posibilidad de una reacción cloro/acero carbono.

- Instalación - Las uniones en las tuberías de cloro pueden ser bridadas, atornilladas o soldadas, dependiendo del tamaño de la tubería, aunque deben reducirse al mínimo las uniones bridadas y atornilladas. Si se utilizan juntas atornilladas, se debe tener mucho cuidado para tener las roscas limpias y afiladas. Antes de cortar o soldar en una línea de cloro, debe determinarse que el sistema está libre de cloro. El cloro seco puede favorecer la combustión del acero al carbono, el níquel y otros materiales.
- Trazado
- Válvulas
- Inspección y Mantenimiento
- Otros componentes

Preparación para el uso

Limpieza

Todas las partes un sistema de tubería nuevo deben limpiarse antes de su uso porque el cloro puede reaccionar violentamente con la taladrina, la grasa y otros materiales extraños. La limpieza no debe realizarse con hidrocarburos o alcoholes, ya que el cloro puede reaccionar violentamente con muchos disolventes. Las válvulas nuevas u otros equipos que se reciban en estado aceitoso deben desmontarse y limpiarse antes de su uso. Véase el folleto del CI 6 (11.1).

Test de presión

Los sistemas de tubería de cloro nuevos, deben probarse de acuerdo con los métodos recomendados en el folleto 6 del CI (11.1). Los componentes que puedan resultar dañados durante la prueba deberán ser retirados o bloqueados. Después de la prueba, deben sustituirse todas las juntas y empaquetaduras de válvulas que absorbieron humedad; es esencial que los sistemas de cloro se sequen como se describe a continuación antes de ser puestos en servicio.

Secado

Los sistemas de tuberías de cloro deben secarse siempre antes de su uso. Incluso si no se ha introducido agua en el sistema por pruebas hidrostáticas o limpieza, sigue siendo necesario el secado debido a la introducción de humedad procedente de la atmósfera u otras fuentes durante el mantenimiento y su construcción.

El secado puede facilitarse mientras se limpia el sistema haciendo pasar vapor a través de las líneas desde el extremo superior para que las líneas se calienten. Mientras se hace pasar el vapor, se drena el condensado y las materias extrañas. A continuación, se debe desconectar el suministro de vapor y drenar todas los bolsillos y puntos bajos de la línea. Mientras la línea está todavía caliente, se debe soplar aire seco o gas inerte (por ejemplo, nitrógeno) con un punto de rocío de -40°F (-40°C) o inferior a través de la línea hasta que el gas de descarga tenga un punto de rocío de -40°F (-40°C) o inferior.

Si no se dispone de vapor o de aire seco, se debe tener especial cuidado en la limpieza de las secciones de tubería y otros equipos antes del montaje, y es necesario realizar una inspección cuidadosa a medida que avanza la construcción. El sistema final debe ser purgado con aire seco de cilindro o nitrógeno, hasta que el gas de descarga esté en un punto de rocío de -40°F (-40°C) o menos.

Test de Fuga

Tras el secado, el sistema debe someterse a una prueba de estanqueidad con aire seco o nitrógeno. Se debe utilizar una solución jabonosa para comprobar si hay fugas en las juntas. A continuación, se puede introducir gradualmente el gas cloro y seguir comprobando la estanqueidad del sistema con vapor de amoníaco de 26° Baumé (30 % en peso). Se debe tener cuidado de que el cloro se haya difundido por todo el sistema de tuberías antes de comprobar las fugas. Nunca se debe intentar reparar las fugas mediante soldadura hasta que se haya purgado todo el cloro del sistema. Cuando se hayan reparado las fugas, la línea debe volver a probarse.

8.7 SISTEMA DE TUBERÍAS PARA CLORO HÚMEDO

El cloro húmedo es muy corrosivo para todos los metales de construcción más comunes. Los materiales deben seleccionarse con cuidado.

A bajas presiones, el cloro húmedo puede manejarse en equipos de gres químico, vidrio o porcelana y en ciertas aleaciones.

Se han utilizado con éxito el caucho duro, el cloruro de polivinilo (PVC) rígido, el poliéster reforzado con fibra de vidrio, el cloruro o fluoruro de polivinilideno y las resinas de fluorocarbono totalmente halogenadas.

Para presiones más elevadas, deben utilizarse sistemas metálicos compatibles o revestidos.

Se utilizó Hastelloy® C, titanio y tantalio.

El titanio sólo puede usarse con cloro suficientemente húmedo, pero en ningún caso debe utilizarse con cloro seco, ya que al contacto arde espontáneamente.

El tántalo es inerte al cloro húmedo y seco a temperaturas de hasta 300°F (149°C).

8.8 ALMACENAJE ESTÁTICO

Los consumidores que reciben cloro en barcasas, vagones cisterna o camiones pueden necesitar instalaciones de almacenamiento fijas. Las instalaciones deben ser diseñadas adecuadamente y deben ser operadas e inspeccionadas periódicamente de acuerdo con el Folleto 5 de CI (11.1).

Un tanque no debe llenarse por encima de su capacidad nominal de cloro porque el cloro líquido se expande al calentarse. A temperaturas normales de almacenamiento, la tasa de expansión térmica del cloro líquido es alta y, si no se proporciona espacio para la expansión, podría aumentar la presión hidrostática lo suficiente como para romper el tanque. El nivel máximo de cloro debe determinarse en función de la densidad, como se indica en el apartado 2.5.11.

8.9 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

8.9.1 Generalidades

Todas las tuberías y equipos de cloro deben inspeccionarse cuidadosamente de forma regular. Las inspecciones pueden realizarse mediante pruebas de espesor por ultrasonidos, pruebas de corrientes inducidas, pruebas de flujo magnético y otras pruebas no destructivas. Véase el folleto 6 de CI (11.1).

El mantenimiento de los equipos y tanques de cloro debe realizarse bajo dirección de personal capacitado. Se deben revisar y comprender todos los cuidados en materia de seguridad, protección del equipo, salud y riesgos de incendio. Los trabajadores no deben intentar reparar las tuberías de cloro u otros equipos mientras estén en servicio. Cuando se vaya a limpiar o reparar un sistema de cloro, los tanques, las tuberías y otros equipos deben purgarse siempre con aire seco o gas no reactivo. Todos los cambios significativos en las tuberías o en el proceso deben seguir un proceso de Gestión del Cambio (MOC). Consulte las normas de gestión de la seguridad de los procesos (PSM) de la OSHA para conocer las directrices del MOC.

La descontaminación es especialmente importante cuando se realizan operaciones de corte o soldadura, ya que el hierro y el acero pueden inflamarse con el cloro a una temperatura cercana a los 300°F (149°C). El secado inmediato de los equipos, tuberías o contenedores de cloro en los que se haya introducido agua o que se hayan abierto para su reparación o limpieza es esencial para evitar la corrosión.

La limpieza de las tuberías y otros equipos se aborda en el folleto CI 6 (11.1).

9.8.2 Entrada a Tanques

La inspección, limpieza y reparación de los tanques de cloro es tratado en el folleto 5 del CI (11.1). La OSHA tiene normas específicas relativas a la entrada a espacios confinados. Estas regulaciones deben ser entendidas y seguidas en su totalidad. Véase la norma de la OSHA 29 CFR 1910.146.

8.10 NEUTRALIZACIÓN DEL CLORO

Si un proceso de consumo de cloro implica el vertido de un residuo que contenga cloro, pueden ser necesarios procesos especiales. Deben respetarse todas las normas gubernamentales relativas a la salud y la seguridad o a la protección de los recursos naturales. Debe preverse un sistema para neutralizar el cloro venteado para la preparación para el mantenimiento o problemas en el proceso, como un fallo repentino del compresor de cloro, un problema durante la puesta en marcha de un circuito o una avería del sistema de manejo de los gases de venteo.

La neutralización suele realizarse haciendo reaccionar el cloro con una solución de hidróxido de sodio o, en determinadas situaciones, con otro compuesto alcalino. La neutralización puede tener lugar en un tanque diseñado adecuadamente o en un lavador. La concentración de hidróxido de sodio debe ser inferior al 20% para evitar la precipitación de cristales de cloruro de sodio (salting-out) y el excesivo calor de reacción. Véase el folleto de CI 89 (11.1).

9. **REGLAMENTOS Y CODIGOS DE LOS ESTADOS UNIDOS**

Nota: El propósito de esta sección es proporcionar una lista de algunas de las regulaciones que afectan significativamente a la producción, almacenamiento, envasado, distribución o uso del cloro en los Estados Unidos.

Además, se proporciona información sobre algunos de los Códigos contra Incendios que afectan de forma similar al cloro. Esta sección no pretende abarcar todos los reglamentos que afectan al cloro.

- 9.1 NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO -29 CFR PARTES 1904 Y 1910
- 9.2 REGLAMENTOS SOBRE NAVEGACIÓN Y AGUAS NAVEGABLES -33 CFR PARTES 1-26, 126, 127, 130, 153-156 Y 160-167
- 9.3 NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL - 40 CFR: PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: PARTES 61, 68, 82, 141, 152, 260-269, 302-355, 370-372, 415 Y 700-799
- 9.4 NORMAS DE TRANSPORTE - 46 CFR (TRANSPORTE POR AGUA); PARTES 2, 10-12, 30-40 Y 151
- 9.5 REGLAMENTO DE TRANSPORTE - 49 CFR PARTES 106, 107, 171-180 Y 190-195
- 9.6 DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD NACIONAL - 6 CFR PARTE 27
- 9.7 CÓDIGOS DE INCENDIO

Existen numerosos códigos de incendios y de construcción que incumben a la producción, almacenamiento, envasado, distribución y uso del cloro. Para abordar adecuadamente estos códigos, debe contactarse con el gobierno local para determinar qué códigos específicos de incendio y construcción, incluyendo el año del código, fueron aprobados por la jurisdicción gobernante.

Algunas autoridades locales o estatales desarrollan sus propios códigos. Sin embargo, muchas jurisdicciones adoptan un código modelo o hacen referencia a las normas de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA). Cualquiera de ellos puede servir como código(s) local(es). Los códigos modelo se modifican anualmente y se publican suplementos anuales. Cada tres años se publican nuevas ediciones de los códigos. El año del código es importante para determinar qué código es aplicable. Los requisitos específicos figuran en el código aplicable.

10. INFORMACIÓN TÉCNICA

10.1 GENERALIDADES

El cloro tiene un olor característico, penetrante e irritante. El gas es de color amarillo verdoso y el líquido es de color ámbar claro. Los datos sobre las propiedades físicas del cloro determinados por diferentes investigadores muestran algunas variaciones.

10.2 PROPIEDADES ATÓMICAS Y MOLECULARES

Símbolo Autonómico – Cl
 Peso Atómico – 35.453
 Número Atómico – 17
 Peso Molecular del Cl₂ – 70.906

10.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 10.1 Propiedades físicas

Propiedad	Definición	Condiciones	Valor
Punto de Ebullición (Punto de Liquefacción)	Temperatura en la que el cloro líquido se evapora	14.696 psia (101.325 kPa)	-29.15°F (-33.97°C)
Densidad Crítica	La masa de una unidad de volumen de cloro a la presión y temperatura críticas.		35.77 lb/ft ³ (573.0 kg/m ³)
Presion Crítica	Presión de vapor del cloro líquido a la temperatura crítica.		1157.0 psia (7977 kPa)
Temperatura Crítica	La temperatura por encima de la cual el cloro existe solo como gas sin importar cuán grande sea la presión.		290.75 °F (143.75 °C)
Volumen Critico	El volumen de una unidad de masa de cloro a la presión y temperatura críticas		0.02795 ft ³ /lb (0.001745 m ³ /kg)
Densidad	La masa de una unidad de volumen de cloro en condiciones específicas de temperatura y presión.		Ver figura 10.2
Densidad del Cl ₂ Gas		32°F, 14.696 psia (0°C, 101.325 kPa)	0.2006 lb/ft ³ (3.213 kg/m ³)
Densidad del Gas Saturado del Cl ₂		32°F, 53.51 psia (0°C, 368.9 kPa)	0.7632lb/ft ³ (12.23 kg/m ³)
Densidad del Cl ₂ Líquido Saturado		32°F, 14.696 psia (0°C, 101.325 kPa)	91.56 lb/ft ³ (1467 kg/m ³)
		60°F, 86.58 psia (15.6°C, 597.0 kPa)	88.76 lb/ft ³ 11.87 lb/gal (1422 kg/m ³)
Calor Latente de Vaporización	El calor necesario para evaporar una unidad de peso de cloro	En el punto de ebullición normal	123.9 Btu/lb (288.1 kJ/kg)
Relación de Volumen Líquido/Gas	El peso de un volumen de cloro líquido es igual al peso de 456,5 volúmenes de cloro gaseoso.	32°F, 14.696 psia (0°C, 101.325 kPa)	

Punto de fusión (Punto de congelación)	La temperatura a la que se funde el cloro sólido o se solidifica el cloro líquido	14.696 psia (101.325 kPa)	-149.76°F (-100.98°C)
Solubilidad en agua	El peso de cloro que se puede disolver en una cantidad dada de agua a una temperatura dada cuando la presión de vapor total del cloro y el agua es igual a un valor designado.	60°F, 14.696 psia (15.6°C, 101.325 kPa)	6.93 lbs/100gal (8.30 kg/m ³) Ver Figura 10.3
Gravedad Específica del Cl ₂ gas	La relación entre la densidad del cloro gaseoso en condiciones estándar y la densidad del aire en las mismas condiciones:	32°F, 14.696 psia (0°C, 101.325 kPa)	2.485 (Nota: la densidad el aire, libre de humedad a las mismas condiciones es 1.2929 kg/m ³)
Gravedad Específica del Cl ₂ líquido	La relación entre la densidad del cloro líquido saturado y la densidad del agua en su máxima densidad, 39 °F (4 °C)	32°F (0°C)	1.467
Calor Especifico	El calor necesario para elevar un grado la temperatura de una unidad de peso de cloro.		
Gas saturado a presión constante		32°F (0°C) 77°F (25°C)	0.1244 Btu/lb °F (0.521 kJ/kg K) 0.1347 Btu/lb °F (0.564 kJ/kg K)
Gas saturado a volumen constante		32°F (0°C) 77°F (25°C)	0.08887 Btu/lb °F (0.372 kJ/kg K) 0.09303 Btu/lb °F (0.3895 kJ/kg K)
Líquido Saturado		32°F (0°C) 77°F (25°C)	0.2264 Btu/lb °F (0.948 kJ/kg K) 0.2329 Btu/lb °F (0.975 kJ/kg K)
Relación de Gas Saturado	Relación entre el calor específico del gas a presión constante y el calor específico del gas a volumen constante	32°F (0°C) 77°F (25°C)	1.400 1.448

Volumen Especifico	El volumen de una unidad de masa de cloro en condiciones específicas de temperatura y presión.	
Gas	32°F, 14.696 psia (0°C, 101.325 kPa)	4.986 ft3/lb (0.3113 m3/kg).
Gas Saturado	32°F (0°C)	1.310 ft3/lb (0.08179 m3/kg).
Liquido Saturado	32°F (0°C)	0.01092 ft3/lb (0.0006818 m3/kg)
Presion Vapor	de La presión absoluta del cloro gaseoso por encima del cloro líquido cuando están en equilibrio	32°F (0°C) 77°F (25°C) 53.51 psia (368.9 kPa) 112.95 psia (778.8 kPa)
Viscosidad	La medida de la fricción molecular interna cuando las moléculas de cloro están en movimiento.	
Gas Saturado	32°F (0°C) 60°F (15.6°C)	0.0125 cP (0.0125 mPa s) 0.0132 cP (0.0132 mPa s)
Liquido	32°F (0°C) 60°F (15.6°C)	0.3863 cP (0.3863 mPa s) 0.3538 cP (0.3538 mPa s)
Relación Volumen - Temperatura	Relación volumen - temperatura del cloro líquido en un contenedor cargado hasta el límite autorizado	Figura 10.4
Solubilidad del Agua en el cloro liquido		Figura 10.5 y Figura 10.6

10.3.1 Inflamabilidad

El cloro no es explosivo ni inflamable. El cloro potenciará la combustión bajo ciertas condiciones. Muchos materiales que se queman en atmósferas de oxígeno (aire) también se quemarán en atmósferas de cloro. Muchas sustancias químicas orgánicas reaccionan fácilmente con el cloro, a veces de forma violenta. Un importante compuesto específico de preocupación, es el hidrógeno. El cloro reacciona explosivamente con hidrógeno en un rango de 4% a 93% de hidrógeno. La reacción se inicia muy fácilmente de la misma manera que el hidrógeno y el oxígeno. Consulte el Folleto 121 para obtener más información.

10.3.2 Valencia

El cloro suele formar compuestos con una valencia de -1 pero puede combinarse con una valencia de +1, +2, +3, +4, +5 o +7.

10.3.3 Reacciones Químicas

Reacción con el agua

El cloro es solo ligeramente soluble en agua (0.3% a 0.7%) dependiendo de la temperatura del agua. Sin embargo, la fase de agua resultante es extremadamente corrosiva, consulte Reacciones con metales en el punto siguiente.

Reacciones con metales

La velocidad de reacción del cloro seco con la mayoría de los metales aumenta rápidamente cuando se supera una temperatura que es característica del metal. Dos de los metales más comunes son el titanio y el acero. En presencia de cloro seco, el titanio es inflamable. Se debe tener cuidado y asegurarse de que el titanio no se use en el servicio de cloro seco. El acero es el material más común utilizado con cloro seco. A temperaturas superiores a 300 °F (149 °C), puede producirse un incendio de cloro/acero. Es importante asegurarse de que el cloro no se supere esa temperatura, ya sea por calentamiento interno/externo o abrasión mecánica. El cloro húmedo, es muy corrosivo para la mayoría de los metales comunes, principalmente debido al ácido clorhídrico e hipocloroso formados por hidrólisis. El platino, la plata, el tantalio y el titanio son resistentes. Consulte el Folleto 6 (11.1) del CI para obtener información detallada sobre la reactividad con metales.

Reacciones con compuestos orgánicos

El cloro reacciona con muchos compuestos orgánicos para formar derivados clorados. Algunas reacciones pueden ser extremadamente violentas, especialmente aquellas con hidrocarburos, alcoholes y éteres. Se deben seguir los métodos adecuados, ya sea en el laboratorio o en la planta, cuando los materiales orgánicos reaccionan con el cloro.

10.4 PROPIEDADES FÍSICAS

Figuras 10.1 a Figura 10.6 son para Cloro puro

Figura 10.1 Presion de Vapor del Cloro Líquido
(Calculado a partir de los datos del Folleto 72 del Cl)

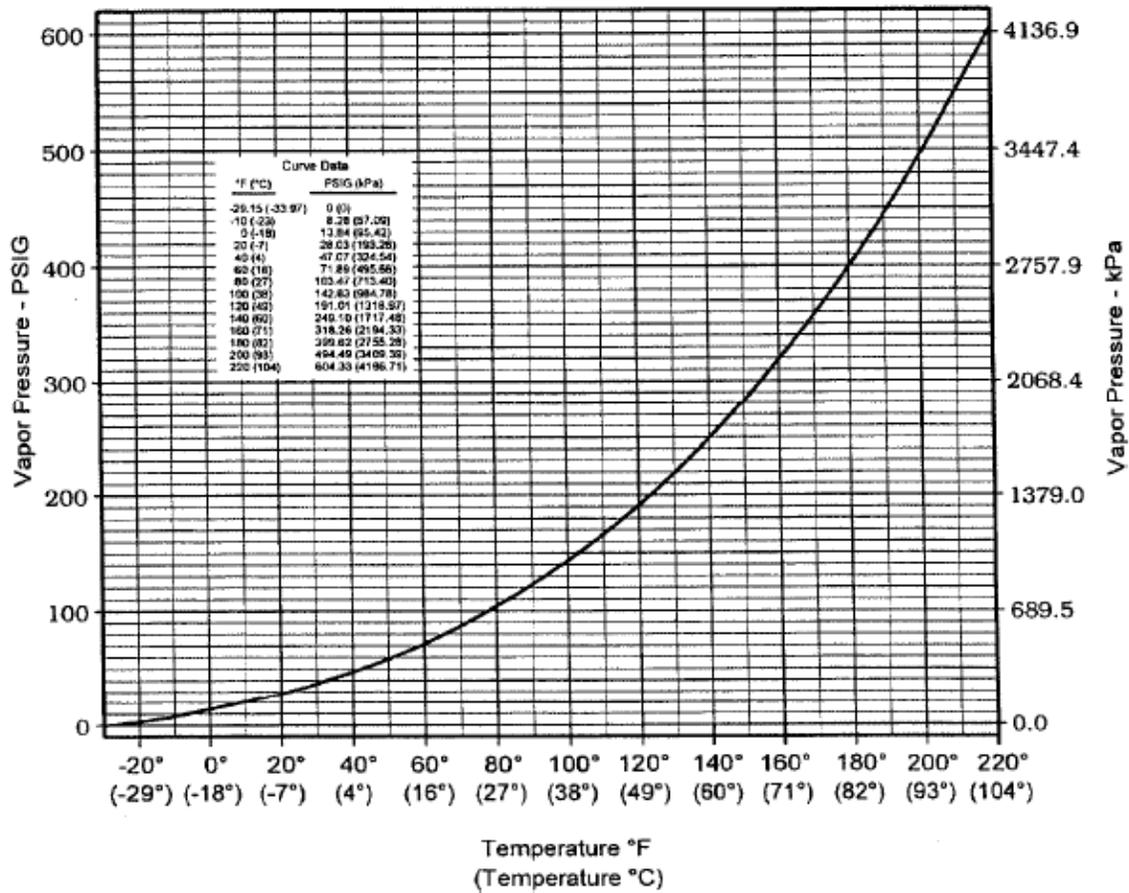


Figura 10.2 Relación Temperatura – Densidad del Cloro Líquido
(Calculados a partir de datos del Folleto 72 del Cl)

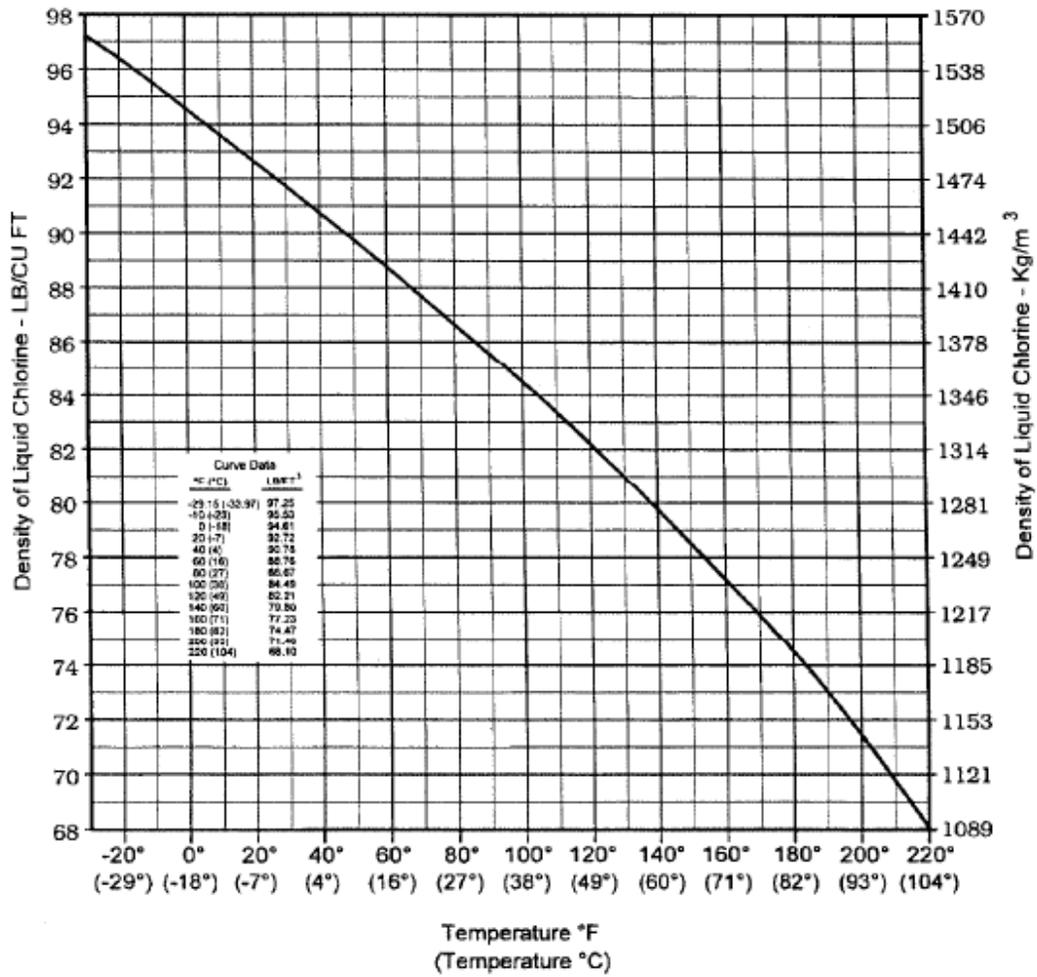


Figura 10.3 Equilibrio Cloro – Agua
(Referencia 11.18.1)

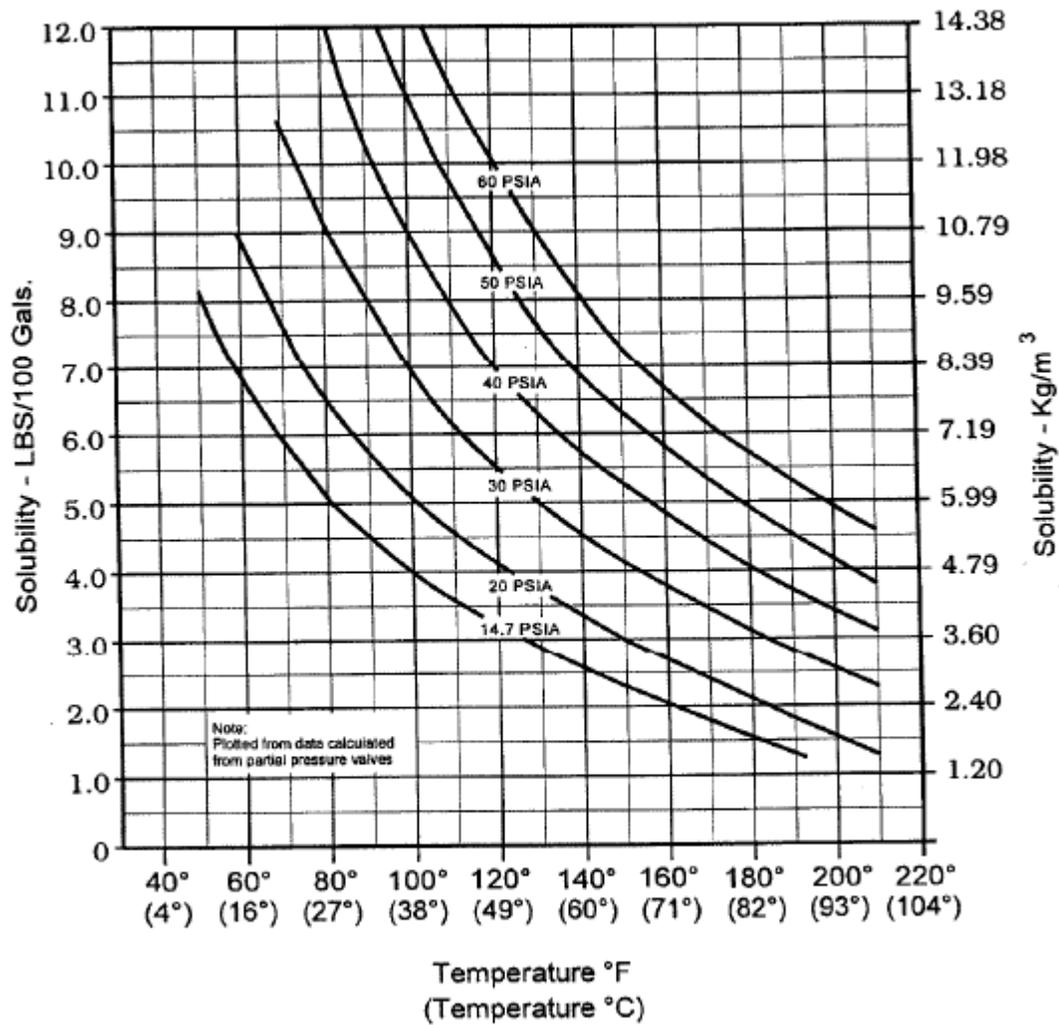


Figura 10.4 Relación Volumen-Temperatura del Cloro Líquido en un Recipiente Cargado hasta el Límite Permitido (Calculado a partir de los datos del Folleto 72 del CI

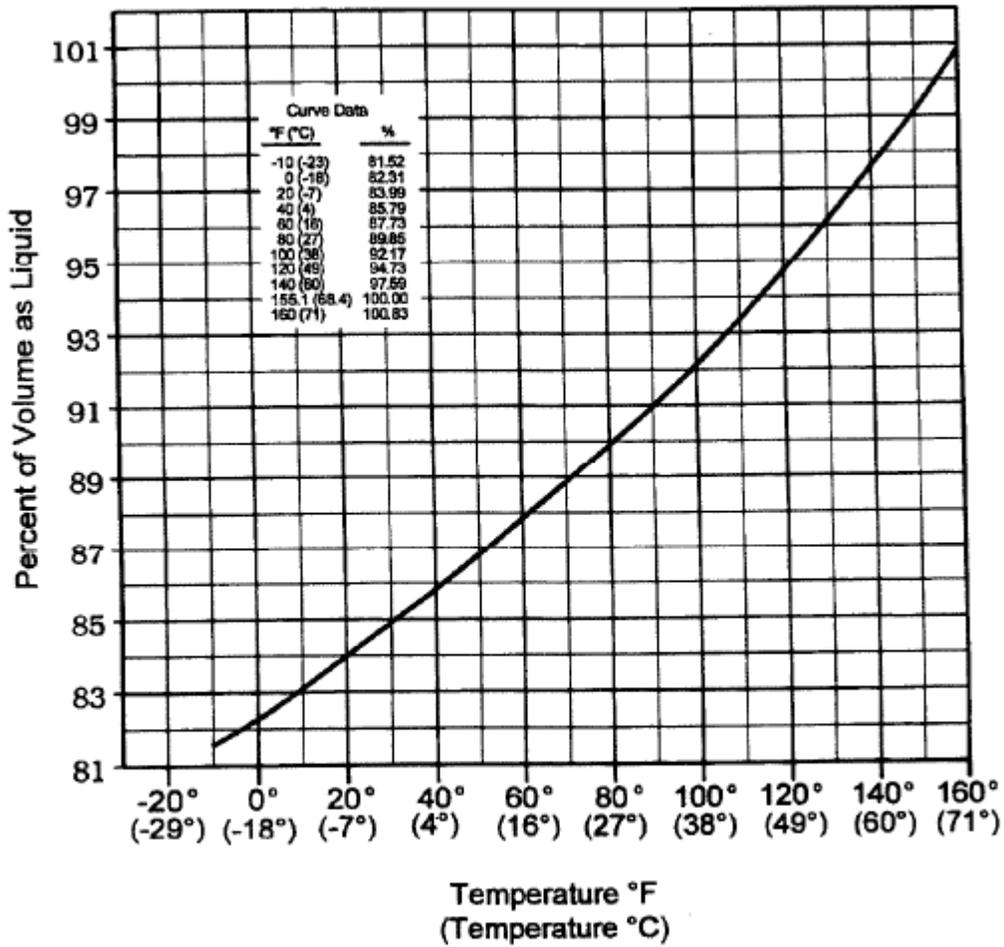
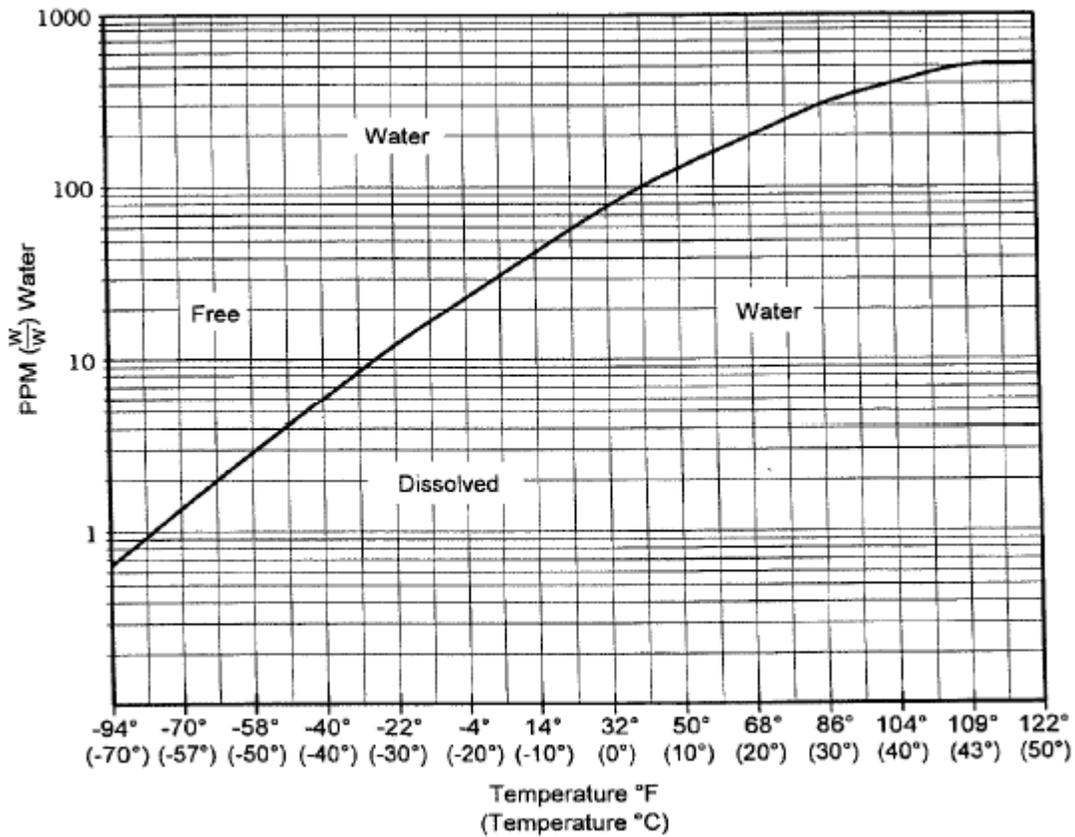


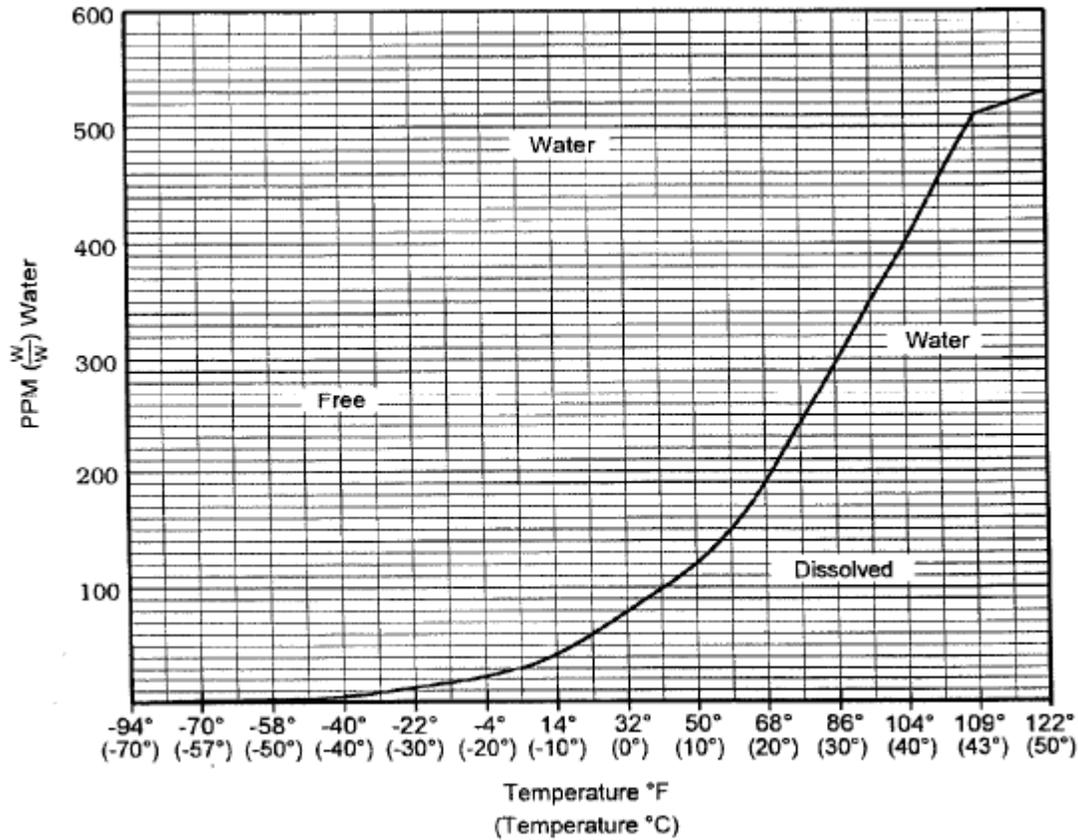
Figura 10.5 Solubilidad del agua en Cloro Liquido
(Referencia Folleto 100 del Cl)



Nota: Arriba de la curva el cloro está húmedo. Debajo de la curva el cloro está seco
Siguen ejemplos de uso de esta figura:

- El cloro con un contenido de agua de 30 ppm a una temperatura de 50 °F (10 °C) está seco. Si este mismo cloro estuviera a una temperatura de -4°F (-20°C) el cloro está húmedo.
- El cloro a 41 °F (5 °C) está seco si el contenido de agua no supera las 100 ppm.

Figura 10.6 Solubilidad del Agua en Cloro liquido
(Referencia Folleto 100 del Ci)



Nota: por encima de la curva el cloro está húmedo. Por debajo de la curva el Cloro está seco. Los siguientes son ejemplos de uso de esta figura:

- El cloro con un contenido de agua de 30 ppm a una temperatura de 50 °F (10 °C) está seco. Si este mismo cloro estuviera a una temperatura de -4°F (-20°C) el cloro estaría húmedo.
- El cloro a 41 °F (5 °C) está seco si el contenido de agua no supera las 100 ppm.

11. REFERENCIAS

Las siguientes secciones proporcionan información bibliográfica detallada y otros documentos sobre las publicaciones del Chlorine Institute.

11.1 REFERENCIAS DEL INSTITUTO DEL CLORO

Folleto#	<u>Título</u>
5	Bulk Storage of Liquid Chlorine, ed. 8; Pamphlet 5; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2011 . <i>Almacenaje a granel de Cloro Líquido</i>
6	Piping Systems for Dry Chlorine, ed. 16; Pamphlet 6; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2013 . <i>Sistemas de Tuberías para Cloro Seco</i>
9	Chlorine Vaporizing Systems, ed. 7; Pamphlet 9; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2011 . <i>Sistemas de Vaporización de Cloro</i>
17	Packaging Plant Safety and Operational Guidelines, ed. 4, Rev. 2; Pamphlet 17; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2011 . <i>Directrices operativas y de seguridad para planta de envasado</i>
21	Nitrogen Trichloride – A Collection of Reports and Papers, ed. 6, Pamphlet 21; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2010 . <i>Tricloruro de nitrógeno: una colección de informes y documentos</i>
49	Recommended Practices for Handling Chlorine Bulk Highway Transports, ed. 9; Pamphlet 49; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2009 . <i>Prácticas recomendadas para el manejo del cloro a granel en transportes por carretera</i>
63	First Aid, Medical Management/Surveillance and Occupational Hygiene Monitoring Practices for Chlorine, ed. 8; Pamphlet 63; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2011 . <i>Primeros Auxilios, Manejo Médico/Vigilancia y Prácticas de Monitoreo de Higiene Ocupacional para Cloro.</i>
64	Emergency Response Plans for Chlor-Alkali, Sodium Hypochlorite, and Hydrogen Chloride Facilities, ed. 6, Rev. 1; Pamphlet 64, Rev. 1; The Chlorine Institute: Arlington, VA, 2008 . <i>Planes de respuesta a emergencias para instalaciones de cloro-álcali, hipoclorito de sodio y cloruro de hidrógeno.</i>

- 65 Personal Protective Equipment for Chlor-Alkali Chemicals, ed. 5; Pamphlet 65; The Chlorine Institute: Arlington, VA **2008**.
Equipo de protección personal para productos químicos cloro-álcali.
- 66 Recommended Practices for Handling Chlorine Tank Cars, ed. 4; Pamphlet 66; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2009**.
Prácticas recomendadas para el manejo de Camiones Cisterna de Cloro
- 72 Properties of Chlorine in SI Units, ed. 3; Pamphlet 72; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2011**.
Propiedades del Cloro en Unidades SI
- 73 Atmospheric Monitoring Equipment for Chlorine, ed. 7; Pamphlet 73; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2003**.
Equipos de Monitoreo Atmosférico para Cloro
- 74 Guidance on Complying with EPA Requirements under the Clean Air Act by Estimating the Area Affected by a Chlorine Release, ed. 5; Pamphlet 74; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2012**.
Orientación sobre el cumplimiento de los requisitos de la EPA en virtud de la Ley de Aire Limpio mediante la estimación del área afectada por una liberación de cloro
- 76 Guidelines for the Safe Motor Vehicular Transportation of Chlorine Cylinders and Ton Containers, ed. 5; Pamphlet 76; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2012**.
Pautas para el transporte vehicular seguro de cilindros de cloro y contenedores de una tonelada
- 89 Chlorine Scrubbing Systems, ed. 3, Rev. 1; Pamphlet 89; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2008**.
Sistema de Lavado de Cloro
- 100 Dry Chlorine: Behaviors of Moisture in Chlorine and Analytical Issues, ed. 4; Pamphlet 100; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2011**.
Cloro Seco: Comportamientos de la humedad en el cloro y cuestiones analíticas
- 121 Explosive Properties of Gaseous Mixtures Containing Hydrogen and Chlorine, ed. 3; Pamphlet 121; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2009**.

Propiedades explosivas de mezclas gaseosas que contienen hidrógeno y cloro

- 152 Safe Handling of Chlorine Containing Nitrogen Trichloride, ed. 3; Pamphlet 152; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2011**.

Manipulación segura de cloro que contiene tricloruro de nitrógeno

- 155 Water and Wastewater Operators Chlorine Handbook, ed. 3; Pamphlet 155; The Chlorine Institute: Arlington, VA **2014**.

Manual de Cloro para Operadores de Agua y Aguas Residuales

- 164 Reactivity and Compatibility of Chlorine and Sodium Hydroxide with Various Materials, ed. 2; Pamphlet 164; The Chlorine Institute: Arlington, VA **2007**.

Reactividad y compatibilidad del cloro y el hidróxido de sodio con diversos materiales

- 165 Instrumentation for Chlorine Service, ed. 2; Pamphlet 165; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2009**.

Instrumentación para un Servicio de Cloro

- 166 Reactivity and Compatibility of Chlorine and Sodium Hydroxide with Various Materials, ed. 2; Pamphlet 164; The Chlorine Institute: Arlington, VA **2007**.

Reactividad y Compatibilidad del Cloro e Hidróxido de Sodio con varios materiales

- 168 Guidelines for Dual Valve Systems for Bulk Chlorine Transport, ed. 1; Pamphlet 168; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2013**.

Directrices para sistemas de doble válvula para el transporte de cloro a granel

- IB/A Instruction Booklet: Chlorine Institute Emergency Kit "A" for 100- and 150-lb. Chlorine Cylinders, ed. 12; Pamphlet IB/A; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2013**.

- IB/B Instruction Booklet: Chlorine Institute Emergency Kit "B" for Chlorine Ton Containers, ed. 10; Pamphlet IB/B; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2009**.

- IB/C Instruction Booklet: Chlorine Institute Emergency Kit "C" for Chlorine Tank Cars and Tank Trucks, ed. 9; Pamphlet IB/C; The Chlorine Institute: Arlington, VA, **2009**.

11.2 REGULACIONES Y ESPECIFICACIONES DEL GOBIERNO DE LOS ESTADOS UNIDOS

Todas las normas y especificaciones de los EE. UU. están disponibles en el Superintendente de Documentos, Oficina de Imprenta del Gobierno de los EE. UU., Washington, D.C. 20401. www.gpo.gov

11.2.1 Código de Regulaciones Federales (CFR), Varias Secciones

11.3 REGLAMENTACIONES CANADIENSES

11.3.2 La mayoría de las regulaciones canadienses se pueden obtener del Centro de Publicaciones del Gobierno Canadiense. www.publications.gc.ca

11.4 CONFERENCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIALES GUBERNAMENTALES (ACGIH)

1330 Kemper Meadow Drive
Cincinnati, OH 45240
www.acgih.org

11.4.1 Valores Límite e Índices de Exposición Biológica, Publicación Anual.

11.4.2 Ventilación industrial: manual de prácticas recomendadas para el diseño, 28.^a edición, 2013.

11.5 SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS (ASME)

Two Park Avenue
New York, NY 10016-5990.
www.asme.org

Reglas para la Construcción de Recipientes a Presión, Secciones VIII, Caldera División ASME, y Código de Recipientes a Presión ANSI/ASME BPV-VIII- 1.

11.6 ASTM INTERNACIONAL (ASTM)

(Formerly American Society for Testing and Materials)
100 Barr Harbor Drive
P.O. Box C700
West Conshohocken, PA 19428-2959
www.astm.org

11.6.1 ASTM-E410 (2008), Método estándar de test de humedad y residuos en cloro líquido.

11.6.2 ASTM-E649 (2011), Método de prueba estándar para bromo en cloro

11.6.3 ASTM-E806 (2008), Método de test estándar para tetracloruro de carbono y cloroformo en cloro líquido mediante inyección directa (procedimiento de cromatografía de gases).

11.6.4 ASTM-D2022 (2008), Métodos estándar de muestreo y análisis químico de

blanqueadores que contienen cloro.

11.7 ASOCIACIÓN DE GAS COMPRIMIDO (CGA)

14501 George Carter Way, Suite 103
Chantilly, VA 20151
www.cganet.com

11.7.1 Folleto C-1, Métodos para pruebas de presión de cilindros de gas comprimido.

11.7.2 Folleto C-6, Norma para la Inspección Visual de Cilindros de Acero para Gas Comprimido.

11.7.3 Folleto P-1, Manejo Seguro de Gases Comprimidos en Contenedores.

11.7.4 Folleto V-1, Norma para conexiones de válvulas de entrada y salida de cilindros de gas comprimido (Este folleto también está designado como ANSI B57.1 y CSA b96).

11.8 ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS (NAS)

Printing and Publishing Office
500 Fifth Street, NW
Washington, DC 20001
www.nationalacademies.org

11.8.1 Códigos de productos químicos del agua 1982.

11.9 ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (NFPA)

Batterymarch Park
Quincy, MA 02169
www.nfpa.org

11.10 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL (NIOSH)

1600 Clifton Road
Atlanta, GA 30333
www.cdc.gov/niosh/

11.10.1 Guía de bolsillo sobre riesgos químicos, Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos: 2010.

11.11 NSF INTERNACIONAL

789 N. Dixboro Road

Ann Arbor, MI 48105

www.nsf.org

Norma NSF/ANSI 60 - Productos químicos para el tratamiento del agua potable-Efectos en la salud; actualizada anualmente.

11.12 CONVENCIÓN FARMACOPEA DE LOS ESTADOS UNIDOS

12601 Twinbrook Parkway

Rockville, MD 20852

<http://www.usp.org/>

10.12.1 Codex sobre productos químicos alimentarios V, novena edición, 2014

CLORO: EL ELEMENTO ESCENCIAL

El Elemento Esencial

Hace más de 240 años, un joven investigador sueco, Carl Wilhelm Scheele, descubrió el cloro. Debido a sus características de reactividad y enlace, el cloro se ha convertido en un componente básico popular en la química y es esencial en la vida cotidiana. El agua potable, la agricultura, las aguas residuales desinfectadas, los productos químicos industriales esenciales, los blanqueadores y los combustibles dependen del cloro. Los productos farmacéuticos, los plásticos, las tinturas, los cosméticos, los revestimientos, los productos electrónicos, los adhesivos, la ropa y las piezas de automóviles son ejemplos de grupos de productos que dependen de la química del cloro.

PRODUCTOS DE LA QUÍMICA DEL CLORO

Automotor

Air Bags
Líquidos de freno
Parachoques
Tableros
Alfombras
Mangueras, correas y cables
Paneles de instrumentos
Pintura
Cinturón de seguridad
Cojines de asiento
Cuerda de neumático

Construcción

Alfombras
Recubrimientos
Piso
Pinturas
Tubería
Tapicería
Revestimiento de vinilo
Cables

Defensa

Vidrio resistente a balas
Chalecos antibalas
Casco
Alabes de motores
Misiles
Paracaídas
Escudos antidisturbios
Fibras repelentes al agua

Electrónicos

CD, DVD
Vidrio de fibra óptica
Semiconductores
Cables

Producción y de manipulación de alimentos

Productos químicos para la protección de cultivos
Embalaje estéril
Desinfectantes de superficies
Aislamiento térmico
Vitaminas B1 y B6

Cuidado de la Salud

Articulaciones artificiales
Compuestos de limpieza
Instrumentos electrónicos
Reactivos de laboratorio
Anteojos recetados
Embalaje estéril
Suministros Quirúrgicos

Medicina

Antibióticos
Antihistamínicos
Tratamiento para el cáncer
Descongestionantes
Anestésicos locales
Analgésicos

Producción de Metales

Bismuto
Magnesio
Níquel
Titanio
Circonio
Zinc

Recreación al aire libre

Mochilas
Abrigos
Empuñaduras de palos de golf
Balsas inflables
Trajes húmedos de neopreno
Cuerdas de nailon
Bolsas de dormir
Tablas de surf
Desinfección de piscinas
Carpas
Ropa impermeable

Tratamiento de Aguas

Agua potable
Tratamiento de aguas residuales

GRAFICOS

GRAFICO 122-2: VIGA DE ELEVACIÓN DE CONTENEDOR DE TONELADA

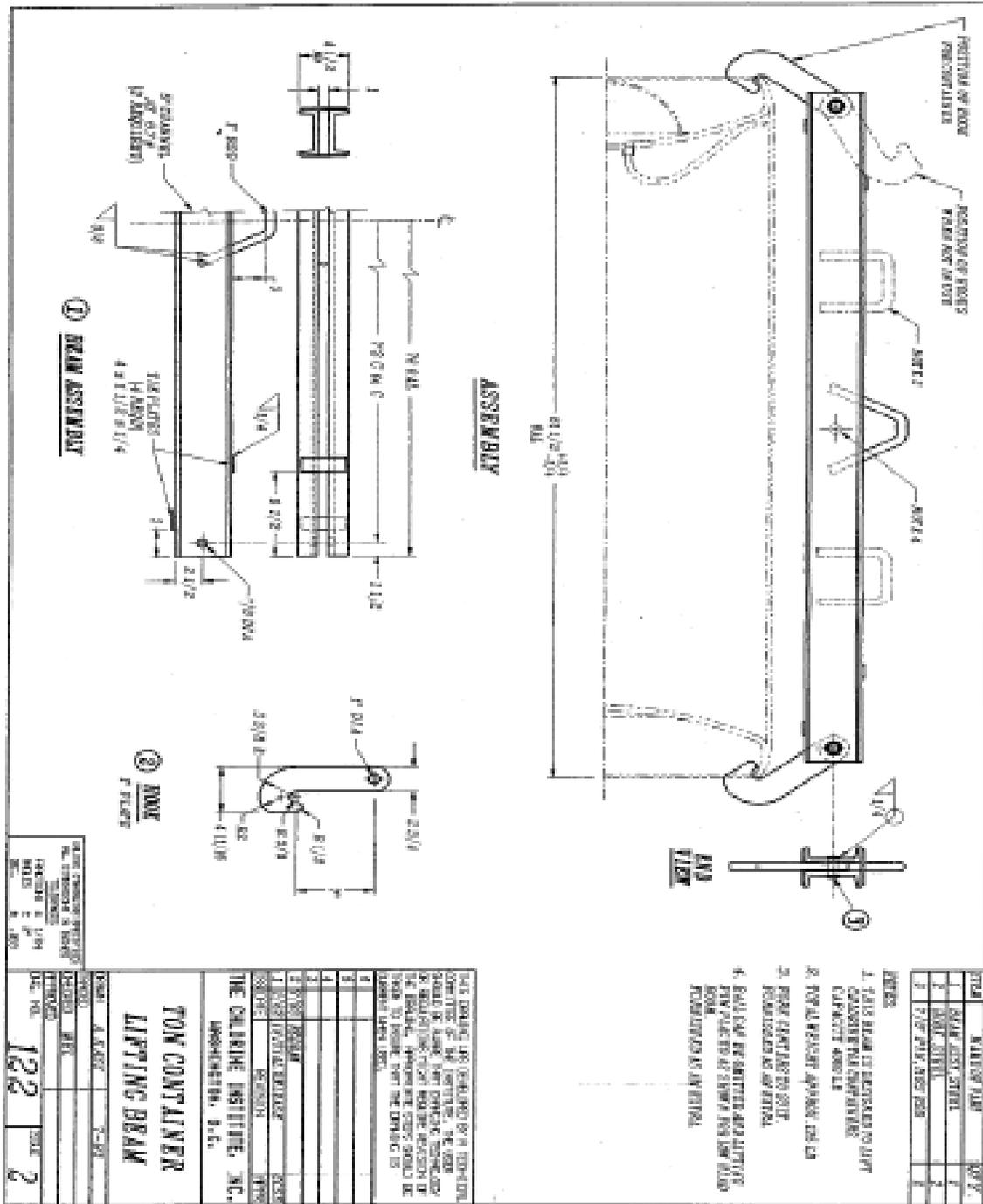


GRAFICO 183-3: COLECTOR DE CONTENEDORES PARA EXTRACCIÓN DE CLORO LÍQUIDO

