

4.8

Cloro

- 4.8.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
 - 4.8.1.1 SINONIMOS
 - 4.8.1.2 DESCRIPCION
 - 4.8.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
 - 4.8.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
 - 4.8.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
 - 4.8.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.8.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
 - 4.8.2.1 PRODUCCION
 - 4.8.2.1.1 Proceso de Celda de Diafragma
 - 4.8.2.1.2 Proceso de Celda de Mercurio
 - 4.8.2.1.3 Proceso de Celda de Membrana
 - 4.8.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.8.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
 - 4.8.3.1 INHALACION
 - 4.8.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
 - 4.8.3.3 INGESTION
 - 4.8.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
 - 4.8.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.8.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
 - 4.8.4.1 CANCER
 - 4.8.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO
- 4.8.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
 - 4.8.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
 - 4.8.5.1.1 Exposición en Ojos
 - 4.8.5.1.2 Exposición en la piel
 - 4.8.5.1.3 Inhalación
 - 4.8.5.1.4 Ingestión
 - 4.8.5.1.5 Rescate
 - 4.8.5.2 INCENDIOS
 - 4.8.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

- 4.8.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

- 4.8.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
 - 4.8.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

- 4.8.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
 - 4.8.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
 - 4.8.8.2 ALMACENAMIENTO

- 4.8.9 USOS Y CONTROLES

- 4.8.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
 - 4.8.10.1 AIRE
 - 4.8.10.2 AGUA
 - 4.8.10.3 SUELO

- 4.8.11 ECOTOXICIDAD

- 4.8.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

- 4.8.13 BIBLIOGRAFÍA

4.8.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA ⁽⁸⁾

Fórmula Molecular: Cl₂

Estructura Molecular: Cl – Cl

CAS: 7782-50-5

Número UN: 1017

Riesgo Principal UN: 2.3

Riesgo Secundario UN: 8

4.8.1.1 SINÓNIMOS

Se conoce como Bertolita, Cloro molecular, Chlor (Alemán), Chlore (Francés), Cloro (Italiano) ⁽³⁾.

4.8.1.2 DESCRIPCIÓN

El Cloro se genera de forma natural en el medio ambiente pero se convierte rápidamente en otros compuestos debido a su alta reactividad. Es uno de los elementos más abundantes en la tierra y existe principalmente en forma de Cloruros, de los que se destacan por su abundancia el de Sodio (NaCl), el de potasio (KCl) y el de magnesio (MgCl₂). A temperatura y presión ambiente, el Cloro es un gas amarillo verdoso que es más pesado que el aire y posee un olor muy fuerte, penetrante e irritante. En su forma líquida es una sustancia translúcida de color ámbar. Sólido existe en forma de cristales rómbicos de color amarillo pálido ^(1, 4, 5, 6, 12, 14).

Para su comercialización masiva se empaqueta por lo común en cilindros de acero como líquido comprimido de 100 y 150 libras para uso en pequeña escala. A gran escala se comercializa en tanques de 1, 55 y 90 toneladas ^(6, 12).

Cl₂

Cloro

4.8.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Componente	Contenido	Peligro
Cloro	100%	Sí

4.8.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS ^(5, 6, 7, 8, 10)

Tabla 28. Propiedades físicas para el Cloro

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular; g/gmol	70,9
Estado Físico	Gas
Punto de Ebullición; °C (760 mmHg)	-34,6
Punto de Fusión; °C	-101
Presión de Vapor; mmHg	583; -40 °C 5.048; 20 °C 10.703; 50 °C
Densidad relativa del vapor (aire = 1)	2,48
Gravedad específica (agua = 1)	1,42; 15 °C
pH	No Aplica
Solubilidad en agua; g/100	0,57; 30 °C
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No Reportado
Temperatura de Auto Ignición (°C)	No Reportado
Punto de Inflamación (°C)	No Reportado
Temperatura crítica; °C	144
Presión crítica; mmHg	57.836

4.8.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Cloro es un elemento muy reactivo y se combina de forma directa con muchos otros elementos. Es muy poco soluble en agua pero al entrar en contacto con humedad forma el inestable Acido Hipocloroso (HClO) y el Acido Clorhídrico (HCl). Cuando se descompone el Acido Hipocloroso, se generan radicales libres de oxígeno, los cuales constituyen un potencial de efectos corrosivos mas altos ^(1,6).

Dentro de sus reacciones inorgánicas, el Cloro presente en exceso con sales de Amonio forma tricloruro de Nitrógeno (NCl₃), que es una sustancia muy explosiva. Reacciona con amoniaco hasta Cloruro de Amonio. Cuando se combina con Hidrógeno en presencia de luz o calor se da una reacción explosiva para producir Cloruro de Hidrógeno. En presencia de catalizadores reacciona con óxidos de Nitrógeno y de Azufre dando lugar a Cloruro de Nitrosilo (NOCl) y de sulfurilo (SO₂Cl₂). Reacciona con disulfuro de carbono hasta tetracloruro de carbono (CCl₄) y Bicloruro de Azufre (S₂Cl₂). El Cloro húmedo ataca muchos metales generando Cloruros; en su forma seca los metales no sufren corrosión por Cloro sino hasta arriba de los 100 °C en algunos casos ⁽¹⁾.

En el campo de la química orgánica, el Cloro puede reaccionar con hidrocarburos en reacciones de sustitución o de adición. Para el caso específico de hidrocarburos saturados, el Cloro reemplaza al Hidrógeno y produce además del hidrocarburo clorado, Cloruro de Hidrógeno. En los hidrocarburos insaturados se produce un rompimiento de los dobles enlaces; la reacción puede ser tan violenta como para degradar el hidrocarburo hasta dióxido de carbono. En sustancias aromáticas se puede presentar cualquiera de los dos comportamientos anteriores dependiendo las condiciones que se trabajen ⁽¹⁾.

4.8.1.5.1 Incompatibilidades

Directamente el Cloro no es explosivo, pero reacciona de forma explosiva o genera materiales explosivos con sustancias como el acetileno, éter, trementina, amoniaco, propano, Hidrógeno y metales finamente divididos ^(2,6). Reacciona violentamente con sustancias básicas. Ataca compuestos de caucho, plástico y algunos recubrimientos. El Cloro liberado puede entrar en contacto con vapor de agua para dar lugar a nieblas de Acido Clorhídrico muy irritantes y tóxicas ^(2,6,8).

4.8.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

4.8.2.1 PRODUCCIÓN

La fuente comercial más común de Cloro corresponde a la electrólisis de sales de Cloro en las que se encuentra como Cloruro. El proceso electrolítico de producción de Cloro se puede llevar a cabo por medio de tres tecnologías diferentes: proceso de celda de diafragma, de celda de mercurio y celda de membrana. Las tres tecnologías usan como materia prima una solución acuosa de Cloruro de Sodio, que se descompone electrolíticamente por acción de corriente directa en Cloro molecular, Hidrógeno e hidróxido de Sodio. La reacción general del proceso es la siguiente:



La diferencia entre los tres procesos citados consiste en la manera como el Cloro, producido en el ánodo, se mantiene separado de la soda cáustica y del Hidrógeno, producidos en el cátodo.

4.8.2.1.1 Proceso de Celda de Diafragma

Aquí la zona del ánodo se separa de la del cátodo por medio de un diafragma permeable compuesto de asbesto. La salmuera se introduce en el compartimiento del ánodo y fluye a través del diafragma hasta el compartimiento del cátodo. La solución salina cáustica obtenida sufre procesos de evaporación donde se separa la sal y se obtiene una solución de soda cáustica al 50% que tiene fines comerciales. La corriente gaseosa contiene Cloro y oxígeno. Estos elementos se separan por procesos de liquefacción y evaporación. Además de los posibles riesgos de contaminación del medio ambiente por las sustancias procesadas en sí mismas, existe la posibilidad de contaminación con residuos de los diafragmas de asbestos usados en la operación.

4.8.2.1.2 Proceso de Celda de Mercurio

En este procedimiento se genera una amalgama sódica en el cátodo. La amalgama reacciona con agua en un reactor externo donde se producen el Hidrógeno y la solución de soda cáustica. Los productos generados por esta metodología son muy puros. La corriente gaseosa que corresponde al Cloro, sale del proceso junto con poco oxígeno y por tanto se puede usar con fines comerciales sin más tratamiento. La soda que sale del proceso posee una concentración de 50% de hidróxido de Sodio. Las corrientes de amalgama y de solución de soda pasan por operaciones de separación donde se retira el mercurio y se comercializan como tal. Las complicaciones en este proceso tienen que ver con la efectividad en la recuperación de mercurio de las corrientes.

4.8.2.1.3 Proceso de Celda de Membrana

Para separar los compartimientos del ánodo y del cátodo se usa una membrana de intercambio iónico permeable a cationes. De las especies presentes, solo el Sodio puede atravesar la membrana. La solución cáustica generada posee una concentración de entre 30 y 35% de hidróxido de Sodio y se debe concentrar para comercialización. La corriente gaseosa sufre procesos de liquefacción y evaporación para separar el oxígeno del Cloro. De las tres, ésta constituye la tecnología de menos consumo energético y además no se tiene el inconveniente de la generación o emisión de otros materiales peligrosos diferentes a los de interés del proceso.

En los tres procesos, luego de la separación de las especies de las corrientes gaseosas, el Cloro se somete a presión y se enfría para su empaque final en cualquiera de los medios que se reverenciaron en la sección de descripción.

Además de las formas de producción nombradas antes, el Cloro se puede producir por vía química sin generación de hidróxido de Sodio por medio de oxidación catalítica de Cloruro de Hidrógeno usando agentes oxidantes como oxígeno, aire, Acido nítrico, trióxido de Azufre y peróxido de Hidrógeno.

A causa de los graves accidentes en los que se ha involucrado esta sustancia en el pasado, los procesos para su producción son muy bien controlados y vigilados para evitar fugas, derrames o accidentes. Existen sociedades de productores y personal interesado en el tema que posee amplia información y experiencia en operación y manejo de procesos en los que interviene el Cloro. En los Estados Unidos y Canadá la asociación de interés alrededor del Cloro se llama Chlorine Institute Inc. Y en Europa Bureau International Technique Chlore (BITC).



4.8.2.2 APLICACIONES Y USOS

Este elemento es muy usado en una gran variedad de industrias y procedimientos. Sus usos incluyen la manufactura de plásticos y cauchos sintéticos, de solventes clorados, pesticidas, polímeros, refrigerantes. Se usa de forma extendida para la elaboración de blanqueadores en la industria textil y en la del papel. Se usa en el tratamiento de aguas como bactericida, en la purificación de piscinas, como intermediario en la producción de aditivos para gasolina y en compuestos retardantes de llama y en el procesamiento de metales ^(2, 4, 6, 7, 11).

Las compañías que consumen grandes cantidades de Cloro son aquellas dedicadas a la producción de dicloruro de etileno y otros solventes clorados, Cloruro de vinilo en la fabricación de PVC y otras resinas, Cloro fluoro carbonados y blanqueadores ⁽⁴⁾.

Pese a sus usos difundidos, la demanda y producción de Cloro esta en decremento en países como Estados Unidos y Europa debido al impacto ambiental que producen compuestos que lo incluyen dentro de sus formulaciones como los CFC (Cloro fluoro carbonados), los pesticidas clorados o los bifenilos policlorados (PCB) ^(2, 7).

4.8.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Frases de Riesgo ⁽⁹⁾

R23: Tóxico por inhalación

R36/37/38: Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos

No es probable que la población en general este expuesta al Cloro en su forma gaseosa, pero si se expone comúnmente a productos que están constituidos por átomos de Cloro como el hipoclorito de Sodio que se usa como desinfectante en la generación de agua potable y como limpiador y blanqueador doméstico⁽⁵⁾. La exposición al Cloro puede ocurrir en ambientes de trabajo industriales donde se produce o se procesa Cloro o en el medio ambiente luego de derrames o liberaciones en la atmósfera, flujos de agua o en la tierra^(4,5).

El Cloro ingresa al cuerpo humano a través de la respiración de aire contaminado o cuando se consume con comida o agua contaminadas. Esta no es una sustancia que permanezca absorbida en el organismo, así que se elimina y no se acumula⁽⁴⁾.

Los efectos del Cloro en la salud humana dependen, como en la mayoría de los casos para otras sustancias, de la concentración del gas en la atmósfera próxima, de la duración de la exposición y de su frecuencia así como de la susceptibilidad de cada individuo expuesto. Por lo general, las exposiciones severas al Cloro resultan fatales^(4,11).

Exposiciones agudas al Cloro pueden generar taquicardia, hipertensión seguida de hipotensión y en algunos casos colapso cardiovascular. Los efectos directos seguidos de una exposición aguda por inhalación incluyen tos con generación de flemas que en algunos casos pueden contener sangre, sensación de sofoco, mareo, ansiedad, náusea y vómito, esto acompañado de dolor o punzadas en el pecho. Se puede presentar edema pulmonar o neumonía dependiendo el individuo. Los efectos irritantes y corrosivos son causados por la transformación de parte del Cloro en Acido Clorhídrico y Acido Hipocloroso en las vías respiratorias debido a su reacción con agua. Normalmente en lugares con una ventilación pobre se pueden generar rápidamente concentraciones atmosféricas nocivas de esta sustancia durante una fuga. El Cloro genera al contacto con la piel o los ojos sensación de quemadura gracias a sus propiedades corrosivas. De forma directa en exposiciones agudas se genera sudoración, dolor, irritación y formación de ampollas. Cuando existe contacto de la piel con Cloro líquido se producen quemaduras por frío seguidas de quemaduras por corrosión. En los ojos los efectos de exposición pueden ir desde una leve irritación, a niveles bajos, visión borrosa para niveles moderadamente altos y quemaduras profundas para concentraciones altas. Algunos de los efectos a la salud del Cloro se pueden presentar tiempo después de la exposición y por tal motivo se recomienda observación médica luego de una exposición de importancia^(2,8,11).

4.8.3.1 INHALACIÓN

La exposición a Cloro gaseoso en niveles importantes ocurre en la mayoría de los casos en ambientes industriales donde el Cloro se transforma en sus diferentes productos terminados o donde se produce Cloro para comercialización. Este tipo de exposición es la más común y la que presenta los efectos más perjudiciales a la salud⁽⁶⁾.

Los niveles de percepción del Cloro por su olor y efectos irritantes en la atmósfera son por lo regular mucho más bajos que los niveles requeridos para que se den efectos en la salud de alguna consideración y por tal motivo son una buena señal de alarma ante su exposición. El intervalo de percepción del Cloro puede variar en las personas pero en general se puede afirmar que se encuentra en el orden de 0,2 a 0,4 ppm^(6,12).

El Cloro gaseoso es más pesado que el aire y por causa de esta propiedad, puede causar asfixia en ambientes cerrados y pobremente ventilados. Además esta condición agrava sus efectos irritantes y corrosivos pues hace más difícil retirar esta sustancia de las vías respiratorias una vez inhalada⁽⁶⁾.

El Cloro en condiciones fisiológicas reacciona con agua para producir Acido Hipocloroso, Acido Clorhídrico y radicales oxígeno, todos ellos con actividad biológica. Aparentemente, el Acido Hipocloroso puede penetrar la pared celular y perturba su integridad y permeabilidad; además, reacciona con grupos sulfhidrilo (SH) de sustancias intracelulares generando inhibición enzimática⁽⁷⁾.

Concentraciones de Cloro en el orden de 1 a 3 ppm en exposiciones eventuales se produce irritación leve de las membranas mucosas del tracto respiratorio que, dependiendo del individuo se pueden soportar por el transcurso de una hora. A niveles entre 5 y 10 ppm se produce dolor en la garganta y tos, además de los efectos anteriores. En concentraciones alrededor de 15 ppm se produce rápidamente afección respiratoria que incluye acumulación de fluido en los pulmones y obstrucción de

las vías respiratorias en algunas personas. A 30 ppm se produce de inmediato dolor en el pecho, vómito, sensación de ahogo y mucha tos. Entre 40 y 60 ppm se produce edema grave e inflamación pulmonar. Cantidades tan altas como 430 ppm generan la muerte en un periodo de 30 minutos y a un nivel de 1000 ppm producen la muerte con seguridad en el lapso de pocos minutos. Todos estos síntomas son reversibles si la víctima se retira de la exposición de manera inmediata y se ubica en un ambiente de aire limpio.

Los niños expuestos a iguales niveles de Cloro en el ambiente poseen mayor riesgo debido a su mayor frecuencia respiratoria y mayor área pulmonar en relación con el peso corporal. De igual forma se afectan en mayor grado por causa de agentes corrosivos ya que sus vías respiratorias poseen un menor diámetro de flujo. A causa de su corta estatura, pueden estar expuestos a niveles mayores de Cloro gracias a que esta sustancia es más pesada que el aire y tiende a estancarse en alturas cercanas al nivel del piso⁽⁶⁾.

4.8.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

Existen dos tipos de contacto del Cloro con los ojos o la piel. El primero corresponde al contacto del Cloro gaseoso y el segundo al contacto del Cloro como líquido refrigerado, que solo se da en la industria ya que a condiciones atmosféricas el Cloro líquido se evapora rápidamente. En los dos casos los niveles o cantidades necesarios para alcanzar lesiones de grados nocivos no se encuentran por lo común en el medio ambiente. Estos se dan en entornos industriales y en casos de fugas o derrames de material; pero aún en entornos industriales es más común la exposición a Cloro gaseoso que a Cloro líquido.

Los efectos tóxicos del Cloro sobre la piel o los ojos se deben primordialmente a sus características corrosivas. En forma general y obedeciendo a su fuerte capacidad oxidativa, el Cloro desplaza Hidrógeno del agua presente en los tejidos corporales y genera de esta forma Acido Clorhídrico, que es quien produce los mayores daños. De forma alterna, el Cloro se convierte en Acido Hipocloroso y penetra las paredes celulares para después reaccionar con proteínas del citoplasma para formar derivados nitroclorados que destruyen la estructura celular^(6,12).

En bajas concentraciones en el ambiente (1 a 5 ppm), el Cloro produce sensación de ardor en los ojos, parpadeo espasmódico o cierre involuntario de los párpados. A niveles bajos se presenta también enrojecimiento ocular, conjuntivitis y lacrimación. Para concentraciones de 10 ppm la irritación ocular se hace intolerante y se produce irritación de la piel. Las quemaduras oculares se dan a niveles mayores de 10 ppm y aumentan en grado a medida que aumenta la concentración de Cloro en el aire. En la piel para niveles similares se generan quemaduras y ampollas que se intensifican también con el aumento de la concentración del Cloro. Con el aumento de la intensidad de la exposición la piel toma un color azuloso^(6,5).

El contacto con Cloro líquido refrigerado puede provocar quemaduras por acción del frío y posteriormente quemaduras debidas a su acción corrosiva si el líquido no se retira de inmediato del área afectada. Si estas lesiones son agudas y no se atienden debida y prontamente se genera muerte celular y ulceraciones^(5,6,12).

4.8.3.3 INGESTIÓN

De las formas de exposición al Cloro, esta es la forma menos común debido a la dificultad que se presenta para mantener al Cloro en estado líquido. No obstante si es posible la ingestión de sustancias que contienen al Cloro en su estructura y que pueden ser oxidadas por ácidos como el Clorhídrico que está presente en los jugos gástricos. Esta reacción de oxidación desprende Cloro a nivel estomacal y produce lesiones corrosivas estomacales severas^(5,6).

4.8.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

En el largo plazo, en exposiciones crónicas o prolongadas esta sustancia puede tener efectos sobre los pulmones, resultando en la aparición de bronquitis crónica, sobre los dientes, donde se puede producir erosión dental y en la piel produciendo irritación crónica^(8,11).

Exposiciones prolongadas a bajas concentraciones de Cloro como las que se presentan en lugares de trabajo



común con esta sustancia (1,5 ppm) pueden acarrear fatiga del olfato y tolerancia a los efectos irritantes de la sustancia. A nivel respiratorio en exposiciones crónicas se presentan irritaciones de las mucosas nasales y modificaciones del funcionamiento pulmonar como por ejemplo disminución de la capacidad respiratoria. Otro efecto presente a nivel crónico implica la erosión dental por la generación de ácidos Hipocloroso y Clorhídrico ^(4, 5, 6, 7, 11, 12).

4.8.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

4.8.3.5.1 Efectos Cardiovasculares

En exposiciones agudas se puede presentar taquicardia seguida de hipertensión y posterior hipotensión. También es posible que se presente colapso cardiovascular por causa de falta de oxígeno en el sistema ⁽⁶⁾.

4.8.3.5.2 Efectos Hematológicos

se puede presentar acidosis como resultado de insuficiente oxigenación de los tejidos. Una complicación inusual pero posible consiste en el aumento en los niveles de iones Cloruro en la sangre, causantes de desequilibrios Acido base ⁽⁶⁾.

4.8.3.5.3 Efectos Musculares

No se han reportado efectos adversos en músculos o huesos provocados por exposición de algún tipo al Cloro.

4.8.3.5.4 Efectos Hepáticos

No se han reportan efectos adversos en el hígado en seres humanos o en animales.

4.8.3.5.5 Efectos Renales

No se han reportan efectos adversos al sistema urinario en seres humanos o en animales.

4.8.3.5.6 Efectos Endocrinos

No se han reportan efectos adversos en glándulas luego de exposiciones prolongadas o agudas a Cloro en las diferentes referencias bibliográficas consultadas.

4.8.3.5.7 Efectos Inmunológicos

No se han reportan efectos adversos al sistema inmunológico en seres humanos o en animales.

4.8.3.5.8 Efectos Neurológicos

No se han reportan efectos adversos al sistema nervioso central en seres humanos o en animales.

4.8.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

LC₅₀ (Inhalación, ratas): 293 ppm/1 hora

4.8.4.1 CÁNCER

Las entidades consultadas para la elaboración de este documento como la IARC (International Agency for Research on Cancer) y la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) no incluyen al Cloro dentro sus listas como una sustancia cancerígena directamente. De acuerdo con las mismas entidades, tampoco es teratogénico o mutagénico para animales.

4.8.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

4.8.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

4.8.5.1.1 Exposición en Ojos

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Si ingresa a los ojos Cloro líquido o Cloro gaseoso en concentraciones altas, los ojos se deben lavar inmediatamente con agua en abundancia por varios minutos levantan-

do ocasionalmente los párpados superior e inferior para retirar rastros de la sustancia adherida a ellos. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica ^(8,11).

4.8.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. El área de la piel contaminada con Cloro gaseoso o con Cloro líquido se debe lavar de inmediato con agua. Si la exposición ha comprometido la ropa de la víctima, la ropa se debe retirar de forma inmediata y la piel se debe lavar con agua en abundancia. Si luego de la exposición se presenta irritación se debe solicitar atención médica ^(8,11).

4.8.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde pueda tenerse acceso al aire fresco. Si la víctima no está respirando o está respirando con mucho esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de oxígeno de un respirador, este procedimiento se debe realizar hasta la llegada del personal de atención especializado. Si la víctima ha cesado de respirar se puede administrar respiración artificial teniendo precaución de no absorber Cloro gaseoso que pueda estar todavía en el sistema respiratorio de la víctima. La víctima siempre debe recibir atención médica ^(8,11).

4.8.5.1.4 Ingestión

No se encuentra información debido a la dificultad que se presenta para mantener al Cloro en estado líquido a condiciones ambientales.

4.8.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antiguas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo de la cara. Se debe usar también un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en neopreno u otro material impermeable y resistente al Cloro ^(2,6,11).

4.8.5.2 INCENDIOS

Todos los tipos de agentes de extinción son aplicables al control de incendios de esta sustancia. Si existe incendio en los alrededores de un tanque de almacenamiento de Cloro, el tanque se debe mantener fresco rociando agua con las mangueras de emergencia evitando el contacto directo del agua con el Cloro ⁽⁸⁾.

El Cloro no es un material combustible en presencia de aire, pero muchos materiales combustibles arden en atmósferas de Cloro tal como lo harían en atmósfera de oxígeno. El Cloro y el Hidrógeno forman mezclas inflamables que dan lugar a Cloruro de Hidrógeno corrosivo ⁽²⁾.

4.8.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Siempre que existan fugas o derrames de Cloro se deben realizar los siguientes pasos ⁽¹¹⁾:

- Ventilar el área de fuga o derrame para dispersar el gas
- Parar la fuente de fuga. Si la fuente de fuga es un cilindro y la fuga no se puede detener en el mismo lugar, mover el cilindro a un lugar seguro al aire abierto donde se repare la fuga o se deje vaciar el cilindro.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben restringir de las áreas de fugas hasta que la descontaminación se haya completado. Se deben mantener los materiales combustibles como madera,



papel o gasolina fuera del alcance de las fugas y derrames. En casos de volúmenes de derrame muy grandes, las personas se deben evacuar a un lugar seguro al aire libre hacia donde el viento no favorezca el transporte de gases peligrosos. Las áreas de alturas bajas se deben evitar debido al peligro de posible acumulación de Cloro en esas zonas ^(2, 5, 12).

4.8.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

TLV (TWA; 8 horas; ACGIH): 0,5 ppm; 1,5 mg/m³ (1999) ^(5, 8, 10)

PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general): 1 ppm; 3 mg/m³ (1984) ⁽⁶⁾

PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción): 1 ppm; 3 mg/m³ (1984) ⁽⁶⁾

IDLH (NIOSH): 10 ppm; 30 mg/m³ (Fecha de estudio no reportada) ⁽⁶⁾

STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH): 1 ppm; 2,9 mg/m³ (1999) ^(5, 8, 10)

TLV: Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

PEL: Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

IDLH: Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

STEL: Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

4.8.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con Cloro en estado líquido o gaseoso y para prevenir quemaduras por frío cuando la piel entre en contacto con contenedores de Cloro líquido.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Cloro en estado líquido o gaseoso deben proveerse instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con Cloro en estado líquido o gaseoso se debe remover inmediatamente y no se deben usar hasta que el Cloro se retire de ella.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que Cloro en estado líquido gaseoso entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Cloro en estado líquido o gaseoso entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

4.8.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

Tabla 29. Protección respiratoria mínima para Cloro en el aire

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 1 ppm (OSHA)
Concentración de gas de hasta 25 ppm	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa y cartuchos que provean protección contra cloro. Una máscara de gases de tipo mentón o con un cilindro frontal o trasero que provea protección contra cloro. Cualquier respirador de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con careta completa.

Tabla 29. Protección respiratoria mínima para Cloro en el aire (continuación)

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 1 ppm (OSHA)
Concentración de gas mayor de 25 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o flujo continuo y un dispositivo auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con careta completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases con pieza facial completa que provea protección contra el cloro. Cualquier aparato de evacuación de respiración autocontenido con pieza facial completa.

4.8.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

La seguridad en el manejo del Cloro depende en gran medida de la educación y entrenamiento que tengan los empleados a ese respecto y por tal motivo se debe instaurar un plan de entrenamiento y de acción de emergencias apropiados para cada planta en particular.

Las fugas de Cloro normalmente pueden ocurrir en equipos como válvulas, sellos de bombas, compresores, tanques y cualquier equipo que lo transporte o almacene; por esta razón se debe establecer un programa de mantenimiento y verificación de estos equipos que permita realizar acciones preventivas⁽⁷⁾.



4.8.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

S1/2: Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

S9: Consérvese el recipiente en un lugar bien ventilado

S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrela la etiqueta)

S61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

4.8.8.2 ALMACENAMIENTO

Su almacenamiento siempre debe asegurar que el Cloro nunca entre en contacto con ninguno de los materiales que se encuentran dentro de sus incompatibilidades como bases fuertes, materiales oxidantes fuertes, combustibles, acetileno, etileno, Hidrógeno, amoníaco o metales finamente divididos. El lugar de almacenamiento debe ser fresco, seco y bien ventilado para evitar la posible acumulación de gases tóxicos⁽⁸⁾.

Para el almacenamiento de Cloro en grandes cantidades normalmente se recomienda el uso de contenedores individuales de hasta 300 o 400 toneladas con paredes dobles. En instalaciones industriales de gran magnitud se usa el almacenamiento del Cloro en forma líquida a baja presión y temperatura de -34 °C⁽¹⁾.

4.8.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES⁽¹⁰⁾

Tabla 30. Usos, generación y control de emisiones de Cloro

Uso / Generación	Control
Usado como agente de cloración y como agente oxidante en síntesis orgánica, producción de solventes, plásticos, resinas, elastómeros, pesticidas, refrigerantes, blanqueadores y químicos inorgánicos	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal

Tabla 30. Usos, generación y control de emisiones de Cloro (continuación)

Uso / Generación	Control
Usado como agente de purificación y extracción en la metalurgia	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal
Usado como desinfectante y en el control de olores en tratamiento de agua	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal
Usado como agente de cloración en la industria del caucho y de recubrimientos	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal Aislamiento
Usado como blanqueador, agente de limpieza y desinfectante en lavanderías y polvos limpiadores	del proceso, ventilación local, equipo de protección personal

4.8.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Cloro no es una sustancia que permanezca en el ambiente en forma pura a causa de alta reactividad. Aunque no existen fuentes naturales de Cloro, se ha propuesto⁽⁷⁾ que las radiaciones solares reaccionan con aerosoles de Cloruro de Sodio en el mar generando Cloro gaseoso. Se puede generar a partir de reacciones químicas en las que intervienen el hipoclorito de Sodio y agentes oxidantes fuertes.

4.8.10.1 AIRE

En condiciones atmosféricas naturales el Cloro está presente en la atmósfera en niveles muy bajos o insignificantes así que la manera en la cual se dan concentraciones peligrosas de Cloro en el aire obedece directamente a fuentes humanas, de esta manera, la emisión de Cloro gaseoso se da en la mayoría de los casos por accidentes o malos funcionamientos en instalaciones que lo usan o producen^(7,12).

En la atmósfera, el Cloro no posee una vida muy prolongada en su estado basal. Inicialmente, alguna cantidad del Cloro liberado reacciona con humedad produciendo Acido Clorhídrico y Acido Hipocloroso, estos dos compuestos se lavan de la atmósfera con por medio de la lluvia interviniendo en los fenómenos de lluvia ácida. Otra cantidad de Cloro reacciona con Hidrógeno atmosférico en una reacción iniciada por energía solar dando lugar al Acido Clorhídrico. Los compuestos de Cloro que no siguen la vía de la lluvia ácida reaccionan con gases y vapores básicos atmosféricos y con material suspendido generando aerosoles particulados que se precipitan a tierra o permanecen suspendidos haciendo parte de la contaminación atmosférica conocida como smog. Finalmente, el Cloro que no se ha transformado por las vías anteriores interviene en la formación y destrucción de ozono a nivel de la troposfera^(5,12).

4.8.10.2 AGUA

Existen diferentes maneras por las cuales el Cloro puede alcanzar las vías de agua, no obstante, en la mayoría de los casos los niveles son tan bajos que no tienen efectos graves sobre organismos que entran en contacto con las vías de agua contaminadas. Gracias a sus propiedades desinfectantes, fungicidas y de modificación de pH, el Cloro y otros de sus compuestos como el hipoclorito de Sodio, se adicionan al agua en concentraciones controladas en piscinas así como en las últimas etapas de procesos de potabilización. Una porción del Cloro que escapa en derrames o emisiones a la atmósfera se lava de ella por acción de la lluvia formando parte de la lluvia ácida, pero en general el aporte de esta sustancia a los efectos ácidos es mínima (cerca del 1%⁽¹²⁾) en parte por que es poco soluble en agua y en parte por la marcada presencia de otras sustancias como los óxidos de Azufre y de Nitrógeno. La entrada de Cloro a fuentes de agua por causa de derrames es poca debido a su alta volatilidad una vez se encuentra en condiciones de temperatura y presión atmosféricas. Sin embargo, compuestos de Cloro con características irritantes, solubles en agua si poseen un alto riesgo para la vida acuática^(4,7,12).

Una vez el Cloro ingresa al agua, reacciona con materiales inorgánicos formando sales de Cloruro y con materiales orgánicos generando químicos orgánicos clorados. De estos, solo algunos de los químicos orgánicos clorados que se forman poseen algún grado de peligrosidad para seres dependientes del agua⁽⁴⁾.

4.10.3 SUELO

Teniendo en cuenta que el Cloro es un gas, es muy rara su presencia en el suelo, pero si se libera por causa de derrames o fugas reacciona con la humedad allí presente formando Acido Hipocloroso y Acido Clorhídrico. Posteriormente estos compuestos reaccionan con otras sustancias que se encuentran en el suelo formando en su mayoría Cloruros. El Cloro en sus formas derivadas a partir de la reacción con la humedad no se acumula en las cadenas alimenticias ⁽⁵⁾.

4.8.11 ECOTOXICIDAD

Toxicidad Para Peces

Daphnia Magna LC₅₀, 46 horas: 0,017mg/l

Truchas TL_m, 168 horas: 0,08 ppm

Esta sustancia es muy tóxica para organismos acuáticos. Algunas bacterias y virus mueren por exposiciones de menos de 1 ppm en fase acuosa en periodos de menos de un minuto aunque las algas y muchos otros organismos acuáticos pueden resistir mayores concentraciones o mayores periodos de exposición. Las plantas expuestas a niveles apreciables de Cloro en el ambiente sufren decoloración y marchitamiento de sus hojas debido, en primer lugar, a que el Cloro inhibe la generación de clorofila y en segundo lugar a las propiedades decolorantes de la sustancia ^(7,8,12).

4.8.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Las emisiones gaseosas son los más comunes en instalaciones industriales donde se maneja Cloro. Las emisiones que contienen Cloro se deben tratar en una instalación o equipo apropiado para acondicionar los niveles de salida de esta sustancia y evitar el impacto ambiental. La operación del sistema de recolección de emisiones gaseosas a presiones debajo de la atmosférica permite llevar a cabo de mejor manera procedimientos de purga en tuberías, contenedores, reactores y en general todo el equipo que está en contacto con Cloro. Las instalaciones de operación y tratamiento de emisiones con Cloro gaseoso deben evitar la presencia de humedad para minimizar la corrosión de equipos ⁽¹⁾.

El sistema de tratamiento que se emplea por lo común para tratar emisiones con Cloro incluye procesos de absorción sobre soluciones de hidróxido de Sodio en una torre empacada o en un scrubber tipo vénturi. La solución de soda cáustica recomendada corresponde como máximo a un 22% en peso. A mayores concentraciones se produce la deposición de sólidos en el equipo. Como resultado de este proceso se genera hipoclorito de Sodio que se puede usar en otros procesos ⁽¹⁾.

4.8.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 6; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide for Chlorine [en línea]. Octubre de 1985, actualizado junio de 2003 [citado junio 17 de 2003]. Disponible http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=30
3. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Chlorine [en línea]. Enero de 1994, actualizado mayo de 2003 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0405.htm>
4. Environmental Protection Agency (EPA). Chemicals in the Environment: Chlorine [en línea]. Agosto de 1994 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/opptintr/chemfact/index.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQs for Chlorine [en línea]. Abril de 2002, actualizado febrero de 2003 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts172.html>

Cl₂

Cloro

6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Managing Hazardous Material Incidents, Chlorine* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado marzo de 2003 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg172.pdf>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 21, Chloride and Hydrogen Chloride* [en línea]. 1982 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc21.htm>
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Card, Chlorine* [en línea]. Abril de 2000 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc01/icsc0126.htm
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Anexo 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. 1999 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/toc.htm>
10. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Chlorine* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado junio de 2001 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_226500.html
11. Occupational Safety and Health Administration. *Occupational Health Guideline for Chlorine* [en línea]. Septiembre de 1978 [citado mayo 28 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0115.pdf>
12. The Chlorine Institute. *Chlorine: Effects on Health and the Environment* [en línea]. Tercera edición. Noviembre de 1999 [citado junio 17 de 2003]. Disponible en http://www.cl2.com/whats_new/8-pgCleffects.pdf
13. The Chlorine Institute. *Site Security Guidelines for the U.S. Chemical Industry* [en línea]. Octubre de 2001 [citado junio 17 de 2003]. Disponible en <http://www.cl2.com/SecurityguidanceACC.pdf>
14. The Chlorine Institute. *Properties of Chlorine* [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado Junio 17 de 2003]. Disponible en <http://www.cl2.com/Clproperties.pdf>

Cloro