

Preparado para:  
Compañía Minera Antamina S.A.  
Lima, Perú



# Evaluación para Salud de los Reactivos de Flotación de Cobre

*J. Chaudhuri*

---

Preparado por

---

Revisado por

ENSR Corporation  
20 de Abril de 2006  
Document No.: 08742-342

# Índice

<b><u>1.0 Introducción</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>2.0 Información General sobre Concentradoras de Cobre</u></b> .....	<b>5</b>
<b><u>3.0 Xantatos</u></b> .....	<b>7</b>
<u>3.1 Efectos de los Xantatos en la salud</u> .....	7
<u>3.2 Efectos del Bisulfuro de Carbono en la salud</u> .....	8
<b><u>4.0 NaHS</u></b> .....	<b>9</b>
<u>4.1 Efectos del NaHS en la salud</u> .....	9
<u>4.2 Efectos del Sulfuro de Hidrógeno en la salud</u> .....	10
<b><u>5.0 Resumen</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>6.0 Referencias</u></b> .....	<b>12</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1 Valores de Umbral aplicables a los Xantatos y al Bisulfuro de Carbono

Tabla 2 Valores de Umbral aplicables al Bisulfuro de Sodio y al Sulfuro de Hidrógeno

## 1.0 Introducción

La Compañía Minera Antamina S.A. (Antamina) ha recibido quejas de una comunidad cercana por el olor que despiden una planta de desaguado y filtrado de concentrado en la costa. La concentradora de cobre misma está situada a más de 300 kilómetros de distancia. El concentrado es bombeado a más de 300 kilómetros y luego filtrado en la planta de filtros. La comunidad que ha presentado quejas está situada a 0.5 kilómetros de la planta de filtros, y también está ubicada junto a una planta de harina de pescado que puede contribuir también a los olores. Cualquier olor procedente de la planta de filtros se debe probablemente a sustancias químicas con contenido de azufre que se usan como reactivos de flotación, que son los xantatos y el bisulfuro de sodio (NaHS), que potencialmente tienen umbrales de olor bajos. Los reactivos de flotación se usan para crear fuerzas hidrofóbicas que hagan flotar el metal. Los xantatos y el NaHS pertenecen al grupo de reactivos denominados colectores (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 1994).

Este reporte trata la información disponible sobre concentradoras de cobre, así como los efectos en la salud y umbrales de olor asociados con los xantatos, el NaHS y sus posibles subproductos: el bisulfuro de carbono y el sulfuro de hidrógeno, respectivamente. Estos subproductos se forman cuando los xantatos y el NaHS son calentados. La flotación de cobre no involucra ningún calentamiento, por lo cual es sumamente improbable que se produzca bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno. No existen informes disponibles sobre inquietudes de salud de trabajadores o comunal en las concentradoras de cobre. Las minas y concentradoras normalmente realizan estudios de salud internos, pero cuando no se encuentran problemas, es frecuente que no se publiquen los informes. En el 2004 y el 2005, Antamina realizó mediciones de área de los contaminantes de calidad de aire principales en el puerto de Punta Lobitos, las instalaciones de planta de filtros de Huarney, y en sus alrededores. Este estudio incluyó el sulfuro de hidrógeno y el bisulfuro de carbono. Las mediciones demostraron de manera concluyente que no había sulfuro de hidrógeno ni bisulfuro de carbono por encima de los límites de detección. Puesto que los efectos de los xantatos y el NaHS en la salud se relacionan con su capacidad para formar bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno, estos resultados indican que existe poca posibilidad de efectos en la salud por estos reactivos para el personal que está en contacto cercano con los materiales de procesamiento, o para las comunidades vecinas.

La exposición de superficie dentro de la planta de filtros es mucho menor que la de un sistema de flotación/espesamiento de cobre, y por lo tanto existe menos fijación de aire en los compuestos de azufre. Los informes disponibles indican que no ha habido inquietudes de salud de trabajadores o comunidades en relación con las concentradoras de cobre. Dado que la planta de filtros está situada a cierta distancia de la concentradora misma, existe aún menos probabilidad de efectos en la salud.

## 2.0 Información General sobre Concentradoras de Cobre

Basado en una búsqueda de varias agencias, incluyendo USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), la Investigación de Seguridad y Salud Minera del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés), y la Administración de Seguridad y Salud Minera (MSHA, por sus siglas en inglés), no existen reglamentos disponibles ni requisitos específicos de protección del trabajador o la comunidad para las concentradoras de cobre. Según un informe de la USEPA (USEPA, 1994), había 11 concentradoras de flotación de cobre operando en Arizona y Nuevo México en la época del informe en 1994. Por lo general, ni la USEPA ni las agencias estatales exigen permisos de aire para las concentradoras de cobre. La USEPA (1994) manifiesta que las fuentes principales de contaminación del aire en los emplazamientos mineros son las emisiones de polvo fugitivo de los tajos de mina, rocas de desarrollo de mina, relaves secos y caminos de acarreo. No se mencionan emisiones de las concentradoras de cobre.

La compañía ENSR efectuó una investigación para determinar si había inquietudes de salud de trabajadores o comunidades relacionadas con instalaciones de concentradoras de cobre en los EE.UU. La USEPA (1994) describe una visita de emplazamiento minero efectuada por su personal a la Instalación de San Manuel de la Magma Copper Company en Arizona. La instalación cerró en el 2003. Además de producir cobre del mineral de sulfuro de la mina subterránea, San Manuel opera un circuito de flotación para concentrar escoria de fundición. El pueblo de Mammoth es la población más cercana al emplazamiento de mina, situado 2.6 kilómetros al noroeste con 2,000 habitantes. Existen dos sistemas separados de flotación de espuma de dos etapas, uno para mineral y otro para escoria y otros materiales. Existen 8 circuitos de flotación en la concentradora de San Manuel, y un número no especificado de los mismos se asigna a la flotación de escoria. Aproximadamente 56,000 toneladas de alimentación de mineral y 2,300 toneladas de escoria se procesan diariamente en la concentradora. Los colectores utilizados en la instalación incluyen el xantato de sodio, petróleo y un agente de flotación comercial que contiene bisulfuro de carbono. Magma tiene un permiso de calidad de aire que fue emitido por el Estado de Arizona para toda la instalación. El permiso es para emisiones de dióxido de azufre. Existe un límite de 650 ppm de dióxido de azufre para las chimeneas de la fundición. No se fijaron permisos o requisitos de monitoreo para emisiones potenciales de la concentradora. El informe de USEPA no indica quejas ambientales o de salud por emisiones potenciales de la concentradora.

A esta instalación se la menciona aquí porque las cantidades de material utilizados en la concentradora de Magma y en la concentradora de Antamina están en el mismo rango. Además, los tipos de reactivos usados como colectores también son similares. En el 2005, la concentradora de Antamina procesó 30,362,609 toneladas de material molido durante el año, lo que equivale a 83,000 toneladas al día. El 2005, la concentradora de Antamina utilizó las siguientes cantidades de amil xantato de potasio, isopropil xantato de sodio y NaHS: 768,000, 530,000 y 3,660,026 kilos, respectivamente (que es 0.025, 0.017 y 0.121 kg/tonelada de material molido). La información de la USEPA sobre la instalación de Magma no proporciona las cantidades de reactivo colector utilizado, por lo cual no es posible comparar estas cantidades. Sin embargo, es importante anotar que el estado de Arizona no requería ningún permiso de aire para la concentradora, y que no se han visto quejas de trabajadores o comunidades respecto a emisiones potenciales de la concentradora.

Basado en una búsqueda en las bases de datos de varias agencias, incluyendo la USEPA, NIOSH y MSHA, no existen informes de riesgos de salud del personal en concentradoras de cobre, a pesar de que hay personal que trabaja directamente sobre los tanques de flotación aireados de 8 a 12 horas al día. Dado que el concentrado de Antamina se bombea más de 300 kilómetros y luego se filtra, existe menor potencial de que un trabajador, mucho menos una comunidad a 0.5 kilómetros de distancia, sean afectados. Debido a que los umbrales de olor de los compuestos de azufre son muy bajos, es posible que la gente pudiera detectar algunos olores. Los umbrales de olor reportados son de 0.1 a 0.2 partes por millón (ppm) para el bisulfuro de carbono, 0.0047 ppm para el NaHS, y de 0.0005 a 0.3 ppm para el sulfuro de hidrógeno (no se reportan umbrales de olor para los xantatos).

La USEPA (1995) manifiesta que las emisiones de dióxido de azufre y particulados ocurren durante la fundición y conversión del cobre, pero no se mencionan emisiones para el proceso de concentración de cobre.

Como se indica en USEPA (1994), el Departamento de Calidad de Aire de Montana exige un permiso de aire si las emisiones de cualquier contaminante, incluyendo polvo fugitivo, pasan de 25 toneladas/año. Las cantidades

de amil xantato de potasio, isopropil xantato de sodio y de NaHS utilizadas el 2005 en la instalación de Antamina fueron 768 toneladas, 530 toneladas y 3,660 toneladas, respectivamente. Se supone que una fracción muy pequeña de estas sustancias químicas es probable que se difunda por el aire. Podría realizarse un monitoreo o modelado del aire para determinar si las emisiones de estas sustancias químicas pueden exceder los niveles de umbral.

## 3.0 Xantatos

Los xantatos incluyen una familia de compuestos con una estructura química común que contiene dos átomos de azufre y uno de oxígeno. Los xantatos que se usan en el proceso de flotación de cobre de Antamina son el amil xantato de potasio y el isopropil xantato de sodio. Debido a la escasa literatura toxicológica sobre xantatos en general, se compiló información sobre cualquier compuesto de xantato. La única información sobre exposición de inhalación se refiere a la capacidad de los xantatos para formar bisulfuro de carbono. Por lo tanto, en esta sección se resumen también los efectos en la salud del bisulfuro de carbono.

### 3.1 Efectos de los xantatos en la salud

La literatura toxicológica sobre xantatos es muy limitada. La mayoría de los efectos tóxicos reportados se relacionan con la capacidad de los xantatos para liberar bisulfuro de carbono cuando se calientan. La flotación de cobre no incluye ningún calentamiento, por lo tanto es improbable que en este proceso se libere bisulfuro de carbono.

Un perfil químico del etil xantato de sodio preparado por el Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional (CCOHS, 2004) indica que el etil xantato de sodio tiene el olor desagradable del bisulfuro de carbono, que es parecido al de la calabaza podrida. No se dispone de un umbral de olor para esta sustancia química. El etil xantato de sodio no se acumula en el organismo (CCOHS, 2004).

Los xantatos tienen baja toxicidad aguda y oral, como lo indican las LD<sub>50</sub>s, que son las dosis a las que mueren el 50% de los animales de prueba. El amil xantato de potasio causa dolor y lesión ligera en la córnea del ojo y puede quemar la piel por contacto prolongado. En un estudio de toxicidad crónica de este xantato, se aplicó un aerosol acuoso a perros, conejos, ratas y ratones. No hubo efectos negativos en los tres últimos a 23 mg/m<sup>3</sup>, pero en los perros expuestos a este nivel hubo daños al hígado. Dado que sólo se probó una dosis, no se determinó un nivel sin efecto (Kirk-Othmer, 1992a).

Hay poca información sobre exposición humana a los xantatos. El contacto con el isopropil xantato de sodio ocasionó dermatitis leve (Gosselin, 1976; citado en HSDB, 2006). El polvo puede absorber la humedad de la piel y producir irritación. El material sólido puede causar algo de lagrimeo, parpadeo y dolor temporal leve al ser enjuagado de los ojos por las lágrimas. La única información sobre exposición de inhalación se refiere a la capacidad de los xantatos para formar bisulfuro de carbono (CCOHS, 2004).

La única pauta de salud para xantatos es una publicada en la Unión Soviética (Kirk-Othmer, 1992a). La concentración máxima permisible recomendada para el etil xantato era 0.5 mg/ m<sup>3</sup> y 1.0 mg/ m<sup>3</sup> para el isopropil, isobutil e isoamil xantatos (Ovanesyan, 1984; citado en Kirk-Othmer, 1992a). No se proporcionaba información adicional sobre la definición exacta de una concentración máxima permisible ó sobre el método para derivar estos valores. Puesto que el amil xantato de potasio y el isopropil xantato de sodio son los principales compuestos usados en la concentradora, la concentración de 1.0 mg/m<sup>3</sup> es la más apropiada. Utilizando el peso molecular del amil xantato de potasio (202.37), esta concentración equivale a 0.1 partes por millón (ppm) (1 mg/ m<sup>3</sup> x 24.5 / 202.37 = 0.1 ppm). Debe anotarse, sin embargo, que debido a la falta de información sobre la derivación y definición de este valor, hay poca confianza en el mismo.

Según la información en la literatura, el potencial de efectos tóxicos por inhalación de xantatos depende de su capacidad para formar bisulfuro de carbono. La tasa a la cual se genera bisulfuro de carbono a partir del material sólido es altamente variable y depende de factores tales como la temperatura, humedad, pH y edad (CCOHS, 2004). Los xantatos son estables en condiciones normales de uso y almacenamiento (RENASA, 2006).

### 3.2 Efectos del bisulfuro de carbono en la salud

Los efectos del bisulfuro de carbono en la salud dependen de las dosis a las cuales se expongan las personas. A niveles muy altos (10,000 partes de bisulfuro de carbono por partes por millón [ppm] de aire), el bisulfuro de carbono puede ser una amenaza para la vida debido a sus efectos sobre el sistema nervioso. Los estudios en animales muestran que los niveles altos de bisulfuro de carbono pueden dañar el corazón. Las personas que respiraron bisulfuro de carbono cerca de un accidente que involucró un vagón de ferrocarril, mostraban cambios en la respiración y algunos dolores de pecho. Entre trabajadores que respiraron alrededor de 8 ppm, algunos desarrollaron cambios muy ligeros en sus nervios. Algunos trabajadores que respiraron más de 20 ppm en horas de trabajo durante 6 meses por lo menos, tenían dolores de cabeza, cansancio, y dificultades para dormir. Sin embargo, es probable que los trabajadores hayan estado expuestos a otras sustancias químicas además del bisulfuro de carbono. La norma actual de OSHA para exposición en el centro de trabajo es 20 ppm durante un día de 8 horas y una semana de trabajo de 5 días (ATSDR, 1996).

La Tabla 1 resume los valores de umbral basados en la salud para los xantatos y el bisulfuro de carbono. Para los xantatos, el único valor disponible era una concentración máxima permisible desarrollada por la Unión Soviética, para la cual no se disponía de documentación.

Dado que se dispone de un gran volumen de literatura para el bisulfuro de carbono, existen diversos umbrales de salud para esta sustancia química que han sido desarrollados por diferentes agencias reguladoras. Los umbrales para el bisulfuro de carbono están listados en orden para darle a Antamina valores de comparación si es que se efectúa el monitoreo del aire. Puesto que los efectos de los xantatos en la salud a través de la ruta de inhalación, ocurren en relación con su capacidad para formar bisulfuro de carbono, sería útil determinar si en el proceso se forma algo de bisulfuro de carbono. Como se indica en la Tabla 1, la Agencia para Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR, 1996), indica un umbral de olor para bisulfuro de carbono de 0.1 a 0.2 ppm. La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2002) y la ATSDR (1996) han desarrollado criterios crónicos para el público general, que son 0.03 ppm y 0.3 ppm, respectivamente. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2004) ha desarrollado Niveles de Pauta de Exposición Accidental (AEGL por sus siglas en inglés) para el público general para diversos períodos de tiempo como se muestra en la Tabla 1. También existen pautas ocupacionales para el bisulfuro de carbono, que van de 1 pp, a 20 ppm para un promedio ponderado de tiempo de 8 horas (Tabla 1) (ACGIH, 2005; NIOSH, 2005). Es improbable que estos niveles se excedan alguna vez en las operaciones de concentradoras de cobre, ya que NIOSH no tiene un requisito de equipo de protección personal específico para concentradoras de cobre.

## 4.0 NaHS

El NaHS se usa también como reactivo de flotación de cobre. Al igual que los xantatos, existe literatura toxicológica muy limitada para el NaHS. La mayoría de la información toxicológica se refiere a su capacidad de producir sulfuro de hidrógeno cuando reacciona con ácido o se expone a calor elevado (Junta de Investigación de Seguridad y Peligro Químico de los EE.UU., 2004). Por lo tanto, en esta sección se resumen también los efectos del sulfuro de hidrógeno en la salud.

### 4.1 Efectos del NaHS en la salud

La literatura toxicológica sobre el NaHS es muy limitada. La mayoría de los efectos tóxicos reportados se relacionan con la capacidad del NaHS para liberar sulfuro de hidrógeno cuando se le calienta o bajo condiciones ácidas. Las concentradoras no calientan el NaHS como parte del proceso y la flotación se realiza en condiciones de pH alto. Por lo tanto, es sumamente improbable que se produzca sulfuro de hidrógeno en las concentradoras de cobre.

El NaHS es una sal alcalina de sulfuro de hidrógeno. El umbral de olor reportado es de 0.0047 ppm (Guardia Costera de EE.UU., Ministerio de Transportes; citado en HSDB, 2006). Se informa que el olor es como de huevos podridos, similar al del sulfuro de hidrógeno (Junta de Investigación de Seguridad y Peligro Químico, 2004).

El NaHS es similar al hidróxido de sodio y otros álcalis como sustancias corrosivas para tejidos animales. El contacto con la piel puede ser irritante. La inhalación del vapor de hidrosulfuro de sodio causa irritación de las vías respiratorias y posible envenenamiento sistémico (Kirk-Othmer, 1992b). No se han reportado pautas de salud ó estándares ocupacionales para el NaHS. Cuando en la literatura de toxicología y Hojas de Datos de Seguridad del Material se reporta sobre el NaHS, se listan estándares para el sulfuro de hidrógeno (HSDB, 2006; Tessengerlo Kerley, 2001).

El NaHS es un material estable en condiciones normales de uso y almacenamiento (Tessengerlo Kerley, 2001).

### 4.2 Efectos del Sulfuro de Hidrógeno en la salud

Los efectos del sulfuro de hidrógeno en la salud dependen de las dosis a las que expongan las personas. La exposición a concentraciones bajas de sulfuro de hidrógeno puede causar irritación a los ojos, nariz o garganta. También puede causar dificultad respiratoria en algunos asmáticos. La exposición breve a concentraciones altas de sulfuro de hidrógeno (más de 500 ppm) puede causar pérdida del conocimiento. En la mayoría de los casos, la persona vuelve en sí sin ningún otro efecto. Sin embargo, en muchos individuos puede haber efectos permanentes o de largo plazo tales como dolor de cabeza, corto rango de atención, mala memoria, y función motriz deficiente. No se ha encontrado efectos en la salud de seres humanos expuestos a concentraciones ambientales típicas de sulfuro de hidrógeno (0.00011 - 0.00033 ppm). Las muertes debidas a la respiración de grandes cantidades de sulfuro de hidrógeno han sido reportadas en diversos ambientes de trabajo, incluyendo alcantarillas, plantas de procesamiento de animales, botaderos de desechos, plantas de lodos, sitios de perforación de pozos de petróleo y gas, y tanques y letrinas, pero no es un riesgo de salud demostrado en concentradoras de cobre. No se ha demostrado que el sulfuro de hidrógeno cause cáncer en seres humanos, y no hay evidencia de que lo cause en animales. El sulfuro de hidrógeno no ha sido clasificado por su capacidad para causar o no causar cáncer (ATSDR, 2004).

La Tabla 2 resume valores de umbral basados en salud para el sulfuro de hidrógeno. No se dispone de valores basados en salud para el NaHS. El umbral de olor reportado para el NaHS es 0.0047 ppm (Guardia Costera de EE.UU., Ministerio de Transportes; citado en HSDB, 2006).

Dado que se dispone de un gran volumen de literatura para el sulfuro de hidrógeno, existen varios umbrales de salud para esta sustancia química que han sido desarrollados por diferentes agencias reguladoras. Los umbrales para el sulfuro de hidrógeno se indican en orden para darle a Antamina valores de comparación en caso de efectuar un monitoreo del aire. En vista de que los efectos del NaHS en la salud ocurren en relación con su capacidad de formar sulfuro de hidrógeno, sería útil determinar si se forma algo de sulfuro de hidrógeno en el proceso. Como se muestra en la Tabla 2, la ATSDR (2004) indica un umbral de olor para el sulfuro de hidrógeno de 0.0005 a 0.3 ppm. La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2003) y la ATSDR (2004) han desarrollado criterios de corto plazo y mediano plazo para el público general. La USEPA (2004) ha desarrollado AEGL (siglas en inglés de "Niveles de Pauta de Exposición Accidental") del sulfuro de hidrógeno para diversos períodos de tiempo conforme se indica en la Tabla 2. Existen también pautas ocupacionales para el sulfuro de hidrógeno, que son 10 ppm para un promedio de tiempo ponderado de 8 horas (ACGIH, 2005) y 10 a 20 ppm para períodos de corto plazo (ACGIH, 2005; NIOSH, 2005). Es improbable que estos niveles se excedan alguna vez en las operaciones de concentradoras de cobre, ya que NIOSH no tiene un requisito de equipo de protección personal específico para concentradoras de cobre.

## 5.0 Resumen

Este informe trata la información disponible sobre concentradoras de cobre y los efectos en la salud y umbrales de olor relacionados con los xantatos, el NaHS y subproductos posibles que son el bisulfuro de carbono y el sulfuro de hidrógeno, respectivamente. Basado en una búsqueda de diversas agencias, incluyendo la USEPA, NIOSH y MSHA, no hay reglamentos disponibles ni requisitos específicos de protección de trabajadores o comunidades para las concentradoras de cobre. La USEPA (1995) indica que las emisiones de dióxido de azufre y particulado al aire ocurren durante la fundición y conversión del cobre, pero no se han observado emisiones en el proceso de concentración del cobre.

Las minas y concentradoras periódicamente realizan estudios de salud internos, pero cuando no se encuentran problemas, frecuentemente no se publican los informes. En el 2004 y el 2005, Antamina realizó mediciones de área de los contaminantes de calidad de aire principales en el puerto de Punta Lobitos, las instalaciones de planta de filtros de Huarney, y en sus alrededores. Este estudio incluyó el sulfuro de hidrógeno y el bisulfuro de carbono. Las mediciones demostraron de manera concluyente que no había sulfuro de hidrógeno ni bisulfuro de carbono por encima de los límites de detección. Puesto que los efectos de los xantatos y el NaHS en la salud se relacionan con su capacidad para formar bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno, estos resultados indican que existe poca posibilidad de efectos en la salud por estos reactivos para el personal que está en contacto cercano con los materiales de procesamiento, o para las comunidades vecinas.

La literatura toxicológica sobre xantatos y NaHS es muy limitada. La mayoría de los efectos tóxicos reportados se relacionan con la capacidad de los xantatos y el NaHS para liberar bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno, respectivamente, cuando se calientan. La flotación de cobre no involucra calentamiento alguno, por lo cual es muy improbable que se produzca bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno. En vista de la disponibilidad de un gran volumen de literatura sobre bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno, existen varios umbrales de salud para estas sustancias químicas que han sido desarrollados por diversas agencias reguladoras. Se dispone de umbrales de salud para exposición comunitaria y de trabajadores, y para períodos de exposición de corto y largo plazo. Los umbrales para el bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno se indican en orden para proporcionar a Antamina valores de comparación si es que se efectúa el monitoreo del aire en la planta de filtros. Si en el interior de la instalación hubiera alguna concentración próxima a los niveles ocupacionales, muy probablemente estaría presente en espacios confinados o cerca de zonas de almacenamiento de reactivos. No se ha observado en la industria impactos a trabajadores de concentradoras. Dado que la planta de filtros está situada a más de 300 kilómetros de distancia de la concentradora misma, es probable que las concentraciones de compuestos sulfurados tengan una dilución significativa. Por lo tanto, la probabilidad de efectos en la salud es aún menor, especialmente para una comunidad situada a 0.5 kilómetros de distancia.

## 6.0 Referencias

ACGIH. 2005. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices for 2005. Cincinnati, OH.

ATSDR. 1996. Toxicological profile for carbon disulfide. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR. 2004. Toxicological profile for hydrogen sulfide. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

CCOHS. 2004. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. CHEMINFO. Chemical Profiles Created by CCOHS. Sodium ethyl xanthate.  
[www.intox.org/databank/documents/chemical/chem202/cie202.htm](http://www.intox.org/databank/documents/chemical/chem202/cie202.htm).

Gosselin, R.E., H.C. Hodge, R.P. Smith and M.N. Gleason. 1976. Clinical Toxicology of Commercial Products. 4<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams and Wilkins [as cited in HSDB, 2006].

HSDB. 2006. Hazardous Substances Data Bank – a database of the National Library of Medicine's TOXNET system. <http://toxnet.nlm.nih.gov>.

Kirk-Othmer. 1992a. Encyclopedia of chemical technology. Xanthates. Vol. 25. 4th ed. p. 713-734. John Wiley and Sons.

Kirk-Othmer. 1992b. Encyclopedia of chemical technology. Sodium Sulfides. Vol. 22. 4th ed. p. 411-418. John Wiley and Sons.

NIOSH. 2005. NIOSH pocket guide to chemical hazards. Washington, DC: National Institute for Occupational Safety and Health. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>.

Ovanesyan, R.D. 1984. Zh. Eksp. Klin. Med. 24(4), 344-348 (USSR) [as cited in Kirk-Othmer, 1992a].

RENASA. 2006. Material Safety Data Sheet – Potassium amyl xanthate. Reactivos Nacionales S.A. Revised: January 2, 2006.

Tessengerlo Kerley. 2001. Material Safety Data Sheet – Sodium hydrosulfide solution. MSDS Number 8000. Revised: 5/10/2001.

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. 2004. Safety Bulletin. Sodium hydrosulfide: Preventing Harm. No. 2003-03-B. November 2004.

U.S. Coast Guard, Department of Transportation. 1984. HRIS – Hazardous Chemical Data. Volume II. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office [as cited in HSDB, 2006].

USEPA. 1994. Technical Resource Document. Extraction and Beneficiation of Ores and Minerals. Volume 4. Copper. EPA 530-R-94-031.

USEPA. 1995. AP-42, Fifth Edition. Volume 1. Chapter 12: Metallurgical Industry.

USEPA. 2004. Acute Exposure Guideline Levels. <http://www.epa.gov/opptintr/aegl>.

WHO. 2002. Concise International Chemical Assessment Document, 46. Carbon Disulfide. World Health Organization, Geneva.

WHO. 2003. Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 53. World Health Organization, Geneva.

**Tabla 1: Valores de Umbral aplicables para Xantatos y Bisulfuro de Carbono**

Umbral	Descripción	Valor para Xantatos (ppm)	Referencia	Valor para Bisulfuro de Carbono (ppm)	Referencia
Olor		N/D	N/D	0.1-0.2	ATSDR, 1996
Criterios para público en general	Concentración tolerable – exposición continua (promediada en 24 horas) de la WHO	N/D	N/D	0.03	WHO, 2002
	MRL de duración crónica de la ATSDR (>365 días)	N/D	N/D	0.3	ATSDR, 1996
Criterios para público en general – exposición accidental	AEGL-1 <sup>a</sup> provisional	N/D	N/D		USEPA, 2004
	10 minutos			5.0	
	30 minutos			5.0	
	60 minutos			4.0	
	4 horas			2.5	
8 horas			2.0		
Pautas ocupacionales	TLV de la ACGIH (TWA de 8 horas)	N/D	N/D	10	ACGIH, 2005
	REL de NIOSH (TWA de horas)	N/D	N/D	1 ppm	NIOSH, 2005
	PEL de OSHA (TWA de 8 horas)	N/D	N/D	20 ppm	NIOSH, 2005
	Concentración máxima permisible recomendada por la Unión Soviética para isopropil, isobutil e isoamil xantatos	0.1	Citado en Kirk-Othmer (1992)	N/D	N/D

A El AEGL-1 es la concentración en el aire de una sustancia, por encima de la cual se pronostica que la población general, incluyendo personas susceptibles, podría experimentar notable incomodidad, irritación, o ciertos efectos no sensoriales asintomáticos. Sin embargo, los efectos no son incapacitantes y son transitorios y reversibles al cesar la exposición.

N/D – No disponible

ACGIH = Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno

AEGL = Nivel de Pauta de Exposición Aguda

ATSDR = Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades

MRL = Nivel de Riesgo Mínimo

NIOSH = Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional

OSHA = Administración de Seguridad y Salud Ocupacional

PEL = Nivel de Exposición Permisible

ppm = partes por millón

REL = Limite de Exposición Recomendado

TLV = Valores de Límite de Umbral

TWA = Promedio de tiempo ponderado

WHO = Organización Mundial de la Salud

**Tabla 2: Valores de Umbral aplicables para Bisulfuro de Sodio y Sulfuro de Hidrógeno**

Umbral	Descripción	Valor para Bisulfuro de Sodio (ppm)	Referencia	Valor para Sulfuro de Hidrógeno (ppm)	Referencia
Olor		0.0047	Guardia Costera de EE.UU., 1984	0.0005-0.3	ATSDR, 2004
Criterios para público en general	Concentración tolerable de la WHO - corto plazo (1-14 días) - mediano plazo (hasta 90 días)	N/D	N/D	0.07 0.01	WHO, 2003
	ATSDR - MRL de duración aguda (1-14 días) - MRL de duración mediana (14-365 días)	N/D	N/D	0.2 0.02	ATSDR, 2004
Criterios para público en general – exposición accidental	AEGL-1 <sup>a</sup> provisional 10 minutos 30 minutos 60 minutos 4 horas 8 horas	N/D	N/D	0.75 0.60 0.51 0.36 0.33	USEPA, 2004
Pautas ocupacionales	TLV de la ACGIH (TWA de 8 horas)	N/D	N/D	10	ACGIH, 2005
	STEL de la ACGIH (15 minutos)	N/D	N/D	15	ACGIH, 2005
	REL de NIOSH (TWA de 10 minutos máximo)	N/D	N/D	10 ppm	NIOSH, 2005
	Concentración máxima de OSHA	N/D	N/D	20 ppm	NIOSH, 2005

A El AEGL-1 es la concentración en el aire de una sustancia, por encima de la cual se pronostica que la población general, incluyendo personas susceptibles, podría experimentar notable incomodidad, irritación, o ciertos efectos no sensoriales asintomáticos. Sin embargo, los efectos no son incapacitantes y son transitorios y reversibles al cesar la exposición.

N/D – No disponible

ACGIH = Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno

AEGL = Nivel de Pauta de Exposición Aguda

ATSDR = Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades

MRL = Nivel de Riesgo Mínimo

NIOSH = Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional

OSHA = Administración de Seguridad y Salud Ocupacional

PEL = Nivel de Exposición Permisible

ppm = partes por millón

REL = Limite de Exposición Recomendado

STEL = límite de exposición a corto plazo

TLV = Valores de Límite de Umbral

TWA = Promedio de tiempo ponderado

WHO = Organización Mundial de la Salud

**Asunto: Párrafo adicional**

Adjunto encontrará un estudio industrial de la información publicada con respecto a los efectos de emisiones de concentradoras de cobre. El estudio, efectuado por el toxicólogo principal de ENSR / AECOM (una de las firmas consultoras más grandes del mundo), que no ha habido inquietud y por ende hay documentación limitada sobre asuntos de salud en concentradoras de cobre y sus inmediaciones. Como en el caso de Antamina, las empresas mineras han efectuado estudios de salud internos, pero como no se han encontrado problemas, no se han publicado los resultados. En el 2004 y el 2005, Antamina realizó mediciones de área de los contaminantes de calidad de aire principales en el puerto de Punta Lobitos, las instalaciones de planta de filtros de Huarmey, y en sus alrededores. Este estudio incluyó los elementos en los que se descomponen los xantatos y el NaHS: el sulfuro de hidrógeno y el bisulfuro de carbono. Las mediciones fueron concluyentes de que no había sulfuro de hidrógeno ni bisulfuro de carbono a niveles mensurables. Esto corrobora la opinión sostenida largo tiempo por la industria y las agencias reguladoras de que, a temperaturas normales de operación y por las bajas concentraciones presentes, los xantatos y el NaHS no representan un problema de salud para el personal en contacto cercano con el material, y mucho menos para las comunidades vecinas.