

---

**PISSQ PROGRAMA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD  
DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS**



---

**Guía para la Salud y la Seguridad No. 42**

**VANADIO**  
**y algunas sales de vanadio**  
**GUÍA PARA LA SALUD Y LA SEGURIDAD**

Este es un volumen que acompaña a la publicación  
“Environmental Health Criteria 81: Vanadium”  
(Criterios de Salud Ambiental 81: Vanadio)



**CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGÍA HUMANA Y SALUD**  
**PROGRAMA DE SALUD AMBIENTAL**  
**ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD**  
**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**

**Metepac, Estado de México, MÉXICO**  
**1995**

---

**ISBN 92 75 37088 5**

**(traducción)**

**La traducción de esta Guía se realizó bajo el patrocinio del Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (PISSQ), con un apoyo financiero otorgado por el “National Institute of Environmental Health Sciences” (Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental) de los Estados Unidos de América**

**Título original en inglés:**

**Vanadium. Health and Safety Guide**

**Health and Safety Guide No. 42**

**ISBN 92 4 151042 0**

**ISSN 0259-7268**

**©World Health Organization 1990**

**Publicado por la Organización Mundial de la Salud para el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (un programa de colaboración entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud).**

**Revisión técnica: Constanza Sánchez**

**Revisión editorial: Elvia Lara**

# CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN .....	5
1. IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO .....	7
1.1 Identidad .....	7
1.2 Propiedades físicas y químicas .....	8
1.3 Métodos analíticos .....	9
1.3.1 Análisis de absorción atómica .....	9
1.3.2 Análisis espectrofotométrico .....	9
1.3.3 Análisis de activación de neutrones .....	10
1.3.4 Análisis electroquímico .....	10
1.4 Producción y usos .....	10
2 RESUMEN Y EVALUACIÓN .....	12
2.1 Exposición humana .....	12
2.2 Captación, metabolismo, y excreción .....	12
2.3 Efectos en los organismos del ambiente .....	13
2.4 Efectos en animales experimentales y en sistemas de prueba <i>in vitro</i> .....	13
2.5 Efectos en los seres humanos .....	15
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	17
4. PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA .....	18
4.1 Principales peligros para la salud del hombre, prevención y protección, primeros auxilios .....	18
4.1.1 Asesoría para médicos .....	18
4.1.1.1 Síntomas de intoxicación .....	18
4.1.1.2 Asesoría médica .....	18
4.1.2 Asesoría para la vigilancia de la salud .....	19
4.2 Peligros de explosión e incendio .....	19
4.2.1 Prevención .....	19
4.2.2 Agentes extinguidores de incendio .....	19
4.3 Almacenamiento .....	20
4.4 Transporte .....	20
4.5 Derrames y eliminación .....	20
4.5.1 Derrames .....	20
4.5.2 Eliminación .....	21

# CONTENIDO

5. PELIGROS PARA EL AMBIENTE Y SU PREVENCIÓN .....	22
6. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS .....	23
7. REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES .....	27
7.1 Valores límite de exposición .....	27
7.2 Restricciones específicas .....	27
7.3 Etiquetado, embalaje y transporte .....	33
BIBLIOGRAFÍA .....	34

# INTRODUCCIÓN

Los documentos de los Criterios de Salud Ambiental (CSA), a cargo del Programa Internacional sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas incluyen una evaluación de los efectos en el ambiente y en la salud del hombre por la exposición a una sustancia o a una combinación de sustancias, o bien a agentes físicos o biológicos. Estos documentos también proporcionan guías para establecer los límites de exposición.

El propósito de una Guía para la Salud y la Seguridad es facilitar la aplicación de estas guías en programas nacionales de seguridad química. Las tres primeras secciones de la Guía para la Salud y la Seguridad destacan la información técnica relevante en el CSA correspondiente. La sección 4 incluye la asesoría sobre medidas preventivas y de protección, así como acciones de emergencia; los trabajadores del área de la salud deberán familiarizarse a fondo con la información médica para asegurar una actuación eficiente ante una emergencia. En la Guía, hay un Resumen de la información sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas que debe ser de fácil acceso y explicarse con claridad a todos los que puedan tener contacto con la sustancia. La sección sobre la información reglamentaria fue extraída del archivo legal del ‘‘Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas’’ (IRPTC, siglas en inglés) y de otras fuentes de las Naciones Unidas.

Este documento está dirigido a los profesionales de los servicios de salud ocupacional, a aquellos que trabajan en los ministerios y agencias gubernamentales, industrias y sindicatos, y que están preocupados por el uso seguro de las sustancias y por evitar peligros de salud ambiental, así como a quien desee mayor información sobre este tema. Se ha tratado de utilizar terminología que sea familiar al lector potencial; no obstante, las secciones 1 y 2 incluyen inevitablemente algunos términos técnicos. Se proporciona una bibliografía para los lectores que requieran mayor información básica.

Se llevará a cabo, en el momento preciso, la revisión de la información contenida en esta Guía para la Salud y la Seguridad, siendo la meta final el uso de terminología estandarizada. Nos serán muy útiles sus comentarios sobre cualquier dificultad que haya usted tenido al utilizar la guía y deberán enviarse a:

The Manager  
International Programme on Chemical Safety  
Division of Environmental Health  
World Health Organization  
1211 Geneva 27  
Switzerland

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTA GUÍA  
DEBERÁ CONSIDERARSE COMO EL PUNTO INICIAL  
DE UN PROGRAMA COMPLETO DE SALUD Y  
SEGURIDAD

# 1. IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

## 1.1 Identidad

Fórmula química	Nombre y sinónimos	No. del CAS	No. de RTECS
V	vanadio	7440-62-2	YW1355000
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pentóxido de vanadio	1314-62-1	YW2450000 (polvo) YW2460000 (vapor)
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	trióxido de vanadio	1314-36-7	YW3050000
NaVO <sub>3</sub>	metavanadato de sodio	13718-26-8	YW1010000
VCl <sub>4</sub>	tetracloruro de vanadio	7632-51-1	YW2625000
VCl <sub>3</sub> O	oxitricloruro de vanadio cloruro de vanadilo triclorooxo de vanadio	7727-18-6	YW2975000
(NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> VO <sub>4</sub>	Vanadato de amonio óxido de vanadio de amonio monosulfuro de vanadio sulfuro de vanadio	11115-676	BT5140000

### Estructura química

Pentóxido de vanadio (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), su estructura depende de su forma, sólida o en solución; si está en solución, la estructura depende del pH y de otros factores. Las altas formas poliméricas de su peso molecular relativo son comunes.

Trióxido de vanadio:  $O = V - O - V = O$

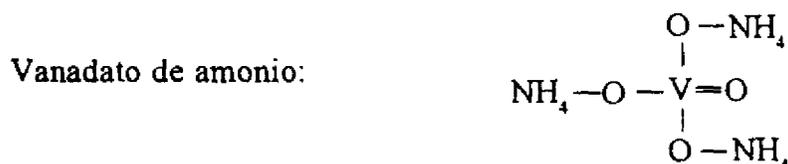
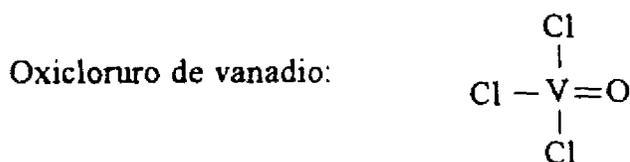
Metavanadato de sodio:

$$Na - O - \begin{array}{c} V \\ / \quad \backslash \\ O - O \end{array}$$

Tetracloruro de vanadio

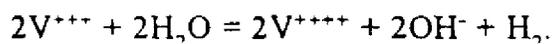
$$\begin{array}{c} Cl \\ | \\ Cl - V - Cl \\ | \\ Cl \end{array}$$

## IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO



### 1.2 Propiedades Físicas y Químicas

El vanadio (V) es un metal grisáceo que se presenta en dos isótopos naturales estables,  $^{50}\text{V}$  y  $^{51}\text{V}$ . Forma estados de oxidación de -1, 0, +2, +3, +4 (el más estable) y +5. El pentóxido de vanadio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) es la forma comercial más común. Se disuelve en el agua para formar soluciones ácidas y se disuelve en ácidos. Reacciona con las bases y forma vanadatos. El trióxido de vanadio ( $\text{V}_2\text{O}_3$ ) es básico y se disuelve en ácidos para dar el ion hexa-aquo verde ( $\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ ). En solución, el  $\text{V}^{3+}$  es un fuerte agente reductor y ataca lentamente el agua, produciendo hidrógeno



Debido a sus numerosos estados de oxidación, el vanadio forma un gran número de compuestos. La mayor parte de los compuestos orgánicos de la sustancia son inestables. El vanadio metálico reacciona con oxígeno, nitrógeno y carbono ante temperaturas relativamente bajas (<300 °C). El compuesto se presenta comúnmente como pentóxido de vanadio y como ferrovanadio (una aleación de hierro-vanadio que contiene de 40 a 80% de vanadio por peso). En el Resumen de la Información sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas (sección 6) se señalan algunas propiedades físicas y químicas del vanadio y de algunos de sus compuestos.

### 1.3 Métodos Analíticos

La absorción atómica y las valoraciones espectrofotométricas son los métodos más adecuados para el análisis de rutina. El análisis por activación de neutrones puede ser utilizado para la determinación del vanadio en suero y sangre

# IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

## 1.3.1 *Análisis por absorción atómica*

El uso de una llama de óxido nitroso/acetileno de alta temperatura mejora la sensibilidad del análisis por absorción atómica. También se puede lograr una mayor sensibilidad con el uso de valoraciones electroterómicas sin flama AAS con un horno de grafito (límites de detección entre 0.1 y 0.6  $\mu\text{g}$  de vanadio). El compuesto en el aire puede ser medido por espectrometría de emisión atómica en plasma de corriente directa (DCP-AES) (límite de detección del vanadio de 4.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; índice práctico de trabajo 0.01-100 mg/litro).

La absorción atómica se utiliza ampliamente para la determinación del vanadio en materiales biológicos y en otros medios, como en petróleo crudo (límite de detección de 30 pg; sensibilidad de 65 pg con un aparato sin flama y tubos de grafito).

## 1.3.2 *Análisis espectrofotométrico*

El análisis del espectro de emisión es un método selectivo con el cual se pueden determinar pequeñas cantidades de vanadio en presencia de numerosos otros elementos (sensibilidad relativa de  $10^{-3}$  -  $10^{-5}\%$ ). La sensibilidad puede aumentar al separar previamente del vanadio por determinar. Para la determinación simultánea de varios elementos en las muestras en aerosol obtenidas en cascada, y para la determinación del vanadio en la orina, se puede utilizar la espectrometría de emisión óptica acoplada inductivamente al plasma

La espectrometría de masa empleando una fuente de chispa es un método sensible (sensibilidad de  $10^{-11}$  -  $10^{-12}$  g; sensibilidad relativa de  $10^{-7}$  g-átomo). Este método puede ser utilizado para medir el vanadio en el aire y en materiales biológicos. Sin embargo, para los materiales biológicos, la ceniza debe carecer por completo de mezclas orgánicas para evitar el fijación del vanadio.

Se pueden utilizar reactivos orgánicos para mejorar la especificidad del análisis espectrofotométrico. La especificidad de los reactivos orgánicos puede aumentar con el uso de agentes productores de complejos que fijen los iones de interferencia. La especificidad y sensibilidad aumentan por la separación previa del vanadio, en general por extracción.

El análisis espectrofotométrico, basado en reacciones catalíticas, como la aceleración de la oxidación de las aminas aromáticas y de los aminofenoles

## IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

mediante cloratos, bromatos, periodatos, y persulfatos en presencia de compuestos de vanadio pentavalente, puede ser utilizada para determinar indicios de la sustancia.

### 1.3.3 *Análisis por activación de neutrones*

El análisis por activación de neutrones es un método rápido y exacto (sensibilidad de  $10^{-12}$  g en aire). Puede ser utilizado para determinar la sustancia en aire, suero, y tejidos corporales.

La determinación del vanadio por activación de neutrones en el material biológico resulta interferida por el sodio que debe ser eliminado antes de la irradiación, normalmente por absorción con pentóxido de antimonio.

### 1.3.4 *Análisis electroquímico*

El vanadio puede ser determinado electroquímicamente por titulación volumétrica con detección electrométrica (potenciometría, amperometría), así como por titulaciones coulombiométricas, polarografía, y coulombiometría. Se utilizan también reacciones catalíticas con detección polarográfica, potenciométrica, o amperométrica.

La voltametría en tiras y otras modificaciones de la polarografía y los métodos electrométricos basados en reacciones catalíticas son sumamente sensibles, pero son objeto de interferencia. La coulombiometría con potencial controlado es altamente selectiva, haciendo posible la determinación por separado de compuestos de vanadio de diferentes valencias. La introducción de las técnicas diferenciales en la titulación coulombiométrica y en la coulombiometría con potencial controlado mejora la exactitud.

## 1.4 **Producción y Usos**

La producción mundial anual de vanadio es del orden de 45 millones de kilos (equivalente de  $V_2O_5$ ). Aproximadamente el 70% de la producción mundial proviene de Sudáfrica y de la URSS. Alrededor del 85% de la producción mundial se consume en Europa, Japón y los E.U.A. El 75% de todo el vanadio producido se utiliza en la industria metalúrgica para la producción de aceros especiales. Se agrega como ferro-vanadio o carburo de vanadio a una concentración final de hasta 5%. Las aleaciones de vanadio no ferroso se emplean en las industrias nuclear y aeroespacial. El pentóxido de vanadio y

## **IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO**

los vanadatos se usan como catalizadores en la producción del ácido sulfúrico, en la oxidación de compuestos orgánicos, en el cracking del petróleo, y en convertidores catalíticos para los gases de escape de motores de combustión interna. Los compuestos de la sustancia se emplean en vidrio, en barnices y esmaltes para porcelana y cerámica, en lacas y pinturas, como mordientes en la tinción de telas, así como en sustancias químicas fotográficas, sustancias químicas luminiscentes, termistores, y tubos de rayos catódicos. Se utilizan también como aditivos para hule sintético y las escorias de vanadio se usan en la fundición para mejorar la calidad de las superficies de vaciado y facilitar la limpieza.

## 2. RESUMEN Y EVALUACIÓN

### 2.1 Exposición Humana

El vanadio se encuentra en grandes cantidades en la costra terrestre (aproximadamente 0.05 g/kg). La sustancia de todos orígenes se deposita por último sobre los suelos o en las aguas superficiales. Hay poca migración del compuesto en los suelos, excepto por la captación de los organismos vivos y la redeposición. La sustancia tiende a ser atrapada por, y a desplazarse con, hierro trivalente. La mayor parte del vanadio en las aguas superficiales está suspendido y se incorpora en los depósitos sedimentarios de los océanos. Los niveles en las aguas superficiales fluctúan hasta en 0.2 mg/litro, y los que se encuentran en las partículas aéreas de 0.1 a 1.0 ng/m<sup>3</sup> de aire (en ausencia de contaminación industrial). Los niveles del compuesto en el aire de las áreas industriales en las que se queman combustibles con un alto contenido de fósiles de vanadio pueden fluctuar hasta en 64 ng/m<sup>3</sup> y el aire en la región de plantas de vanadio puede contener 2 µg de vanadio/m<sup>3</sup>. El agua vaciada de plantas metalúrgicas puede contener cientos de mg de vanadio/litro.

La ingestión dietética de vanadio suele encontrarse dentro de un índice de 10-30 µg/día. En los E.U.A., la mayor parte de las muestras de agua potable contenían menos de 10 µg/litro.

La exposición ocupacional al vanadio en las industrias usuarias y productoras es variable. En general, los límites de exposición se miden y expresan como V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. La mayoría de los países tienen límites de exposición ocupacional de 0.05 ó 0.1 mg/m<sup>3</sup> de en aire del lugar de trabajo. Sin embargo, las concentraciones de la sustancia en el aire (medida como V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) pueden alcanzar 10-100 mg/m<sup>3</sup> en operaciones de limpieza de calderas y 0.5-5 mg/m<sup>3</sup> en la producción de catalizadores. En muchas operaciones industriales, el V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es producido como un vapor (aerosol de condensación) que consiste en pequeñas partículas respirables con un potencial de sobre-exposición por inhalación.

En los cuadros de la sección 7 se señalan los valores límite de la exposición ocupacional y de otras exposiciones.

### 2.2 Captación, Metabolismo, y Excreción

Los compuestos de vanadio inhalados persisten, y son absorbidos por los pulmones en diferentes grados, dependiendo de su solubilidad. La sustancia absorbida se distribuye a todos los órganos. Solo una pequeña cantidad (0.1-2%) del compuesto ingerido es absorbida y la mayor parte de ésta es excretada en la orina. La absorción dérmica del compuesto es insignificante.

# RESUMEN Y EVALUACIÓN

El vanadio puede ser detectado en la mayor parte de los órganos humanos en cantidades inferiores a 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso húmedo. Los pulmones contienen 19-140  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso húmedo y el suero sanguíneo, alrededor de 30  $\mu\text{g}/\text{litro}$  (estimados recientes). La distribución de la sustancia después de una inyección intravenosa de compuestos de vanadio con diferentes estados de oxidación ( $\text{VOCl}_3$ ,  $\text{VOCl}_2$ ,  $\text{VCl}_3$ ) fue similar.

Debido a la baja absorción intestinal, la mayor parte de la sustancia ingerida se elimina en las heces. La orina es el principal medio de eliminación de los compuestos de vanadio absorbidos. Se ha demostrado que las concentraciones urinarias son aproximadamente del 12-13% de las concentraciones dietéticas. Las concentraciones de la sustancia en la orina suelen ser superiores en las personas más expuestas, aunque las correlaciones con los niveles medidos de exposición son malas. Los niveles del compuesto en la orina reflejan la exposición reciente y pasada al vanadio. Los tejidos, tales como el hueso, liberan lentamente la sustancia.

## 2.3 Efectos en los Organismos del Ambiente

El crecimiento de algunas plantas acuáticas es estimulado por indicios de vanadio (1-10  $\mu\text{g}/\text{litro}$ ), pero las concentraciones superiores a 100  $\mu\text{g}/\text{litro}$  son tóxicas. Algunos invertebrados marinos, como los tunicados, acumulan niveles de vanadio de hasta 0.3% por peso seco. Los invertebrados suelen ser menos sensibles a la sustancia (valores de  $\text{CL}_{50}$  a 9 días dentro del límite de 10-65  $\text{mg}/\text{litro}$ ) que los peces (valores de  $\text{CL}_{50}$  a 4-6 días dentro del límite de 0.5-22  $\text{mg}/\text{litro}$ ). El pH es un modulador importante de la toxicidad del compuesto. El vanadio en los suelos en concentraciones de 10  $\text{mg}/\text{kg}$  o más es tóxico para las plantas terrestres.

## 2.4 Efectos en Animales Experimentales y Sistemas de Prueba *in Vitro*

Los compuestos de vanadio son sumamente tóxicos por la mayor parte de las vías de exposición, para la mayoría de las especies. En general, la toxicidad de los compuestos de la sustancia aumenta según su estado de oxidación. El conejo y el cobayo son más sensibles que la rata y el ratón. Aunque la absorción intestinal es baja, cuando se ha dispuesto de datos orales y subcutáneos agudos, se ha demostrado que la toxicidad es mucho más alta por vía oral (ver cuadro a continuación).

## RESUMEN Y EVALUACIÓN

Toxicidad aguda de los compuestos de vanadio por vías oral y subcutánea:

Especie	Compuesto	Dosis (mg/kg de peso corporal)	
		subcutánea	intragástrica
Ratón	pentóxido de vanadio	87.5-117.5 (DL)	23.4 (DL <sub>50</sub> )
Rata	sulfato de vanadilo	159-190 (DL)	10 (DL <sub>100</sub> )
Rata	vanadato de amonio	5-3 (DE)	20 (DE)

Esto puede reflejar la importancia del hígado en la determinación del efecto tóxico. La exposición por inhalación a aerosoles de condensación (humo) del pentóxido de vanadio causó toxicidad leve a 10 mg/m<sup>3</sup> y efectos letales a 70 mg/m<sup>3</sup>.

La administración repetida de los compuestos de vanadio produce cambios indicativos de efectos sobre el metabolismo proteínico, como una disminución en las concentraciones de albúmina sérica, aumento en la globulina sérica, y cambios en las concentraciones de aminoácidos plasmáticos. Se han descrito diversos cambios en las actividades enzimáticas en sangre; en particular, el vanadio inhibe la oxidasa de monoamina y algunos efectos han sido atribuidos a los altos niveles de serotonina en los tejidos, después de esta inhibición. Ocurre una disminución en los niveles de colesterol plasmático y un aumento en los triglicéridos plasmáticos después de la administración tanto aguda como a largo plazo de los compuestos de la sustancia. En estudios *in vitro*, se ha demostrado que el vanadio inhibe la biosíntesis hepática del colesterol. Otros efectos metabólicos incluyen una menor síntesis de cisteína y coenzima A, desacoplamiento de la fosforilación oxidativa en la mitocondria hepática, y depleción de los depósitos de trifosfato de adenosina (ATP). Puede haber un aumento en la cuenta de células rojas y, algunas veces, en las concentraciones de hemoglobina después de la administración de vanadio. El vanadato causa un mayor flujo urinario y pérdida de sodio en la rata, pero no en el perro o el gato. Se observaron cambios en la grasa miocárdica e hinchazón perivascular en las ratas y los conejos después de una exposición por inhalación a 70 mg/m<sup>3</sup>, 2 horas por día durante 9-12 meses. Aunque se sabe mucho acerca de los efectos metabólicos del vanadio, no ha sido posible deducir su modo de acción fundamental.

# RESUMEN Y EVALUACIÓN

El polvo del pentóxido de vanadio (tamaños de partícula sobre todo  $<10 \mu\text{m}$ ) produjo la muerte en conejos después de una exposición por inhalación a  $205 \text{ mg/m}^3$  durante 7 horas, pero no después de una exposición a  $77 \text{ mg/m}^3$  durante el mismo lapso o a  $525 \text{ mg/m}^3$  durante 1 hora. Hubo una inflamación marcada de todo el tracto respiratorio con edema pulmonar y también conjuntivitis, enteritis, e infiltración del tejido graso hepático. El pentóxido de vanadio, administrado como un aerosol por condensación a  $3\text{-}5 \text{ mg/m}^3$  o como un aerosol por dispersión a  $10\text{-}30 \text{ mg/m}^3$ , durante 2 horas en días alternos, durante 3 meses, produjo cambios patológicos en los pulmones, en particular en su vasculatura, pero no otros efectos patológicos.

Las dosis de  $0.05 \text{ mg}$  de vanadio/kg de peso corporal por día (en forma de pentóxido de vanadio o de vanadato de amonio) produjeron trastornos neurológicos funcionales en la rata, pero las dosis de  $0.005 \text{ mg/kg}$  de peso corporal por día no los causaron. La exposición por inhalación a  $0.027$  ó  $0.006$  (pero no a  $0.002$ )  $\text{mg}$  de aerosol por condensación de pentóxido de vanadio/ $\text{m}^3$  produjeron cambios en la excitabilidad de la musculatura tibial en las ratas.

Los compuestos del vanadio parecen tener efectos tóxicos importantes sobre la reproducción, cuando se administran por vía parenteral. Las bajas dosis subcutáneas tienen un efecto adverso sobre la espermatogénesis de la rata y la misma dosis administrada a ratas hembras en el cuarto día de la gestación resultaron en una mayor mortalidad de embriones. La administración parenteral de vanadato de amonio o de pentóxido de vanadio durante la gestación de hamsters doradas sirias y de ratas resultó en muertes fetales y en anomalías esqueléticas en las crías nacidas vivas.

No se ha determinado un patrón claro con base en las pruebas de genotoxicidad. Algunos compuestos dieron resultados débilmente positivos en una evaluación de mutagenicidad bacteriana sobre el *Bacillus subtilis*, pero los resultados de la mayor parte de las pruebas de mutagenicidad bacteriana fueron negativos.

No se ha determinado la posible carcinogenicidad del vanadio.

## 2.5 Efectos en los Seres Humanos

Los compuestos de vanadio han sido utilizados terapéuticamente en los seres humanos para el tratamiento de diversas enfermedades. En un estudio sobre los efectos del vanadio en la reducción del colesterol, se administró la sustancia por vía oral en dosis de  $21\text{-}30 \text{ mg/día}$ , como oxitartarovanadato de

## RESUMEN Y EVALUACIÓN

biamonio, durante 6 semanas. Los compuestos de la sustancia se han aplicado a los dientes para estudiar su eficacia en la prevención de la caries dental.

La exposición por inhalación de personas voluntarias al polvo del pentóxido de vanadio reveló que el síntoma principal era la tos, que se inició después de 5 horas de exposición a  $1 \text{ mg/m}^3$  y tras 20 horas de exposición a  $0.2 \text{ mg/m}^3$ . La tos persistió aproximadamente durante una semana. Después de la exposición a un nivel de  $0.1 \text{ mg/m}^3$  durante 8 horas, se desarrolló tos después de 24 horas, progresó durante 24 horas, y después cedió, 72 horas después de la exposición. En otro estudio, 11/11 sujetos reportaron irritación después de una exposición por inhalación a humos de pentóxido de vanadio a niveles de  $0.4 \text{ mg/m}^3$ , 5/11 reportaron signos leves de irritación por la exposición a  $0.16 \text{ mg/m}^3$ , pero el nivel de  $0.08 \text{ mg/m}^3$  no fue notado por ninguno de los once sujetos.

La sobre-exposición por inhalación aguda en casos leves causa irritación sensorial, fiebre variable, conjuntivitis, y mayor movilidad intestinal. En los casos moderados, puede haber broncoespasmo, tos, así como vómito y/o diarrea. Algunas veces se presenta un exantema eczematoso. En los casos graves, se observa bronquitis o bronconeumonía y signos de toxicidad sistémica, incluyendo temblores y daño tubular renal irreversible.

La sobre-exposición a largo plazo al pentóxido de vanadio causa jadeo, pero sin evidencia de bronquitis crónica o enfisema; la función pulmonar y las radiografías pulmonares suelen ser normales. Se han reportado cambios en el ritmo cardíaco, desviación del eje derecho, y cambios en la onda P en el electrocardiograma.

Se han hecho reportes no concluyentes acerca de la elevación de los niveles de vanadio en la enfermedad depresiva y las reducciones relacionadas con la recuperación.

La intoxicación por vanadio en los seres humanos puede ser diagnosticada con base en una historia de exposición, el cuadro clínico, una lengua verde (debida al ion hexa-aquo), y las mediciones de los niveles de vanadio en las células sanguíneas, el plasma, y la orina. Se debate el valor de diversas pruebas sobre los efectos metabólicos secundarios de la intoxicación. El dimercaprol (anti-lewisite inglés, BAL) y el ácido ascórbico pueden ser benéficos en el tratamiento de la intoxicación en los seres humanos.

## RESUMEN Y EVALUACIÓN

Los estudios epidemiológicos de los efectos de diversos metales aéreos sobre la población general han demostrado, en un estudio, ligeras correlaciones entre los niveles de vanadio en el aire y el cáncer pulmonar y la neumonía, y en otros estudios, entre los niveles de vanadio en el aire y la enfermedad cardiovascular. No se considera que indiquen una relación causal, debido a los factores metodológicos y al desacuerdo con los resultados de los estudios de las poblaciones ocupacionalmente expuestas a niveles mucho más altos. No se dispone de estudios epidemiológicos adecuados de la mortalidad en poblaciones ocupacionalmente expuestas.

### **3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

No hay evidencia de riesgo para la población general, ya sea por deficiencia o por sobre-exposición al vanadio, no obstante el hecho de que las exposiciones atmosféricas pueden ser altas cerca de las plantas metalúrgicas y de las instalaciones que queman combustibles con un alto contenido de fósiles de vanadio.

Solo muy raras veces, la exposición atmosférica excederá la exposición dietética normal, o se acercará a las exposiciones ocupacionales autorizadas.

No se ha establecido una función terapéutica para el vanadio.

Existe el potencial de exposiciones ocupacionales muy altas, y las operaciones que dan origen a ellas, como la limpieza de calderas, son difíciles de controlar por medios de ingeniería. En dichos casos, se requerirá equipo de protección respiratoria que brinde una protección adecuada. No hay evidencia, en los seres humanos, de los efectos reproductivos observados en los animales a bajas dosis.

En tanto que el vanadio es tóxico para la vida silvestre, solo las emisiones en los puntos de origen o los depósitos accidentales o deliberados de los compuestos de vanadio pueden ejercer un efecto. Aparte de estos efectos locales, no hay aumento en la cantidad de vanadio en el ambiente global, aunque sus usos comerciales pueden resultar en cierta redistribución, principalmente de sus fuentes sobre las grandes áreas de tierra a las regiones de la placa continental de los océanos, como resultado de la sedimentación del material suspendido en las aguas superficiales.

## **4. PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA**

### **4.1 Principales Peligros para la Salud del Hombre, Prevención y Protección, Primeros Auxilios**

El principal peligro es la sobre-exposición aguda y a largo plazo a partículas aéreas de vanadio en situaciones ocupacionales. No hay evidencia de peligro para la población general. En el Resumen de la Información sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas (sección 6) se señalan los efectos de la exposición al vanadio, su prevención, y las recomendaciones de primeros auxilios.

#### *4.1.1 Asesoría para médicos*

##### *4.1.1.1 Síntomas de intoxicación*

La manifestación más común de la sobre-exposición al vanadio serán efectos irritantes sobre las conjuntivas y el tracto respiratorio. Estos pueden ser atribuidos erróneamente a una infección del tracto respiratorio superior, a menos que se obtenga una historia ocupacional apropiada. La gravedad de la conjuntivitis y de la irritación nasal puede variar. La inflamación nasal puede estar acompañada por una descarga profusa y frecuentemente sanguinolenta y puede haber sangrados nasales. Se ha descrito hiperplasia de la membrana mucosa faríngea, con o sin cambios atróficos, en relación a la intoxicación crónica por vanadio.

##### *4.1.1.2 Asesoría médica*

La mayor parte de los casos se restablecerá después de suspender la exposición y de un tratamiento sintomático, el aspecto más importante será la prevención de otra exposición excesiva. Los exantemas cutáneos responderán a tratamientos tópicos simples, incluyendo preparaciones leves de corticoesteroides, sobre áreas que no sean la cara. En el caso poco probable de ingestión de compuestos de vanadio, además de tratar los efectos locales de irritación de la mucosa de la boca y la faringe, se considerará el uso de ácido ascórbico en la fase aguda o de BAL (2,3-mercapto-1-propanol) en las etapas posteriores. Con referencia a los agentes queladores más recientes, los estudios experimentales han demostrado que el ácido dietilnetriaminepentaacético (DTPA) y el ácido dimercaptosuccínico (DMSA) no son eficaces y no se dispone de datos sobre el uso del ácido 2,3-dimercapto-1-propano sulfónico (DMPS).

##### *4.1.2 Asesoría para la vigilancia de la salud*

Los sistemas apropiados para el control de los niveles de exposición y de

# **PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA**

la protección personal de los trabajadores, monitoreados por la medición de los niveles de vanadio en el aire, son sumamente importantes. En tanto que los niveles de vanadio en la orina pueden elevarse por una sobre-exposición aguda o a largo plazo, no tienen valor en la cuantificación de la exposición a los niveles que cumplen con las concentraciones autorizadas de vanadio en el aire del lugar de trabajo. El autoreporte inicial de síntomas respiratorios, y las investigaciones de estos síntomas orientadas médicamente, son probablemente los indicadores más sensibles. Puesto que es compleja la composición de muchos polvos con contenido de vanadio, es prudente incluir, en los programas de vigilancia, medidas simples de la función pulmonar, como el espirograma de expiración forzada, y, con menos frecuencia, las radiografías del tórax.

## **4.2 Peligros de Explosión e Incendio**

El metal de vanadio pulverizado es combustible y puede formar mezclas explosivas en el aire en concentraciones superiores a  $200 \text{ g/m}^3$  con una temperatura de autoignición de  $500^\circ\text{C}$ . Algunas aleaciones de vanadio son también combustibles y explosivas.

Sin embargo, la mayor parte de los compuestos de vanadio no son combustibles y no suelen constituir un peligro de incendio o de explosión. Además, los compuestos en sus estados más bajos de oxidación (por ejemplo, sulfuro de vanadio y carburo de vanadio) pueden quemar. Muchos compuestos de vanadio reaccionan con el agua, produciendo algunas veces gases tóxicos; por ejemplo, el cloruro de vanadilo y el tricloruro de vanadio producen gases de cloruro de hidrógeno.

### **4.2.1 Prevención**

No fumar o utilizar llamas abiertas en las áreas en las que se manejen compuestos de vanadio inflamables.

### **4.2.2 Agentes extinguidores**

Utilizar polvo seco, bióxido de carbono e hidrocarburos halogenados para extinguir las llamas. En general, no utilizar agua, aspersión de agua, o espumas a base de agua.

## **4.3 Almacenamiento**

Todos los compuestos de vanadio deben ser almacenados secos. Los

# PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

compuestos con un bajo estado de oxidación que son combustibles (p.ej , el sulfuro de vanadio) y el metal de vanadio deben ser almacenados lejos de agentes oxidantes. Los compuestos que reaccionan con el agua, como el cloruro de vanadilo y el tricloruro de vanadio, deben mantenerse en envases sellados para evitar el ingreso de humedad.

## 4.4 Transporte

En caso de accidentes durante el transporte por carretera, apagar el motor y como precaución general, no permitir fuentes de ignición en el área. En caso de incendio o derrame, utilizar los métodos aconsejados en las secciones 4.2 y 4.5, respectivamente. Notificar de inmediato a la policía y a la brigada contra incendios.

## 4.5 Derrame y Eliminación

### 4.5.1 Derrame

El metal de vanadio pulverizado y los sólidos de vanadio en polvo deben ser aspirados, con equipo diseñado para polvos combustibles. El área afectada debe ser entonces humedecida o enjuagada con agua hasta que no quede material identificable.

Los productos líquidos deben ser absorbidos con tierra seca, arena u otro material absorbente para evitar que se extiendan, y traspalados a envases sellables para su eliminación segura (ver sección 4.5.2.). En el caso del cloruro de vanadio o de otros haluros, se debe usar vestimenta protectora completa y equipo de protección respiratoria, eficaz contra los haluros de hidrógeno. Después de la absorción, los pequeños derrames de haluros de vanadio pueden ser bañados con grandes cantidades de agua, a condición que el derrame se encuentre lo suficientemente lejos de personas o ganado sin protección. En ocasiones, puede ser aceptable la hidrólisis lenta en la humedad atmosférica, a condición que se pueda aislar con seguridad el derrame.

### 4.5.2 Eliminación

El material de desecho o el material de los derrames debe ser eliminado en un relleno sanitario seguro, autorizado para desechos químicos. La eliminación de grandes cantidades de haluros de vanadio no hidrolizados requiere condiciones especiales.

## **5. PELIGROS PARA EL AMBIENTE Y SU PREVENCIÓN**

Los compuestos de vanadio reactivos, como los haluros de vanadio, causarán un daño local inmediato al ambiente, y las altas concentraciones de la sustancia en suelos y aguas superficiales exterminarán a los organismos susceptibles. Todo el vanadio se deriva de la costra terrestre y el efecto neto de su uso es transferir los depósitos de las grandes áreas de tierra a los sedimentos oceánicos. Los compuestos solubles se dispersarán y diluirán ampliamente. Los compuestos insolubles tendrán poco efecto sobre la biosfera. La reducción de las corrientes efluentes, la prevención de las pérdidas y emisiones accidentales, el transporte apropiado, el almacenamiento, y la eliminación de desechos, así como la recuperación del catalizador invertido minimizarán el impacto ambiental.

## 6. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

*Este resumen deberá ser puesto a disposición de todos los trabajadores del área de la salud que tengan que ver con el vanadio, así como de los usuarios del producto. Se deberá desplegar en o cerca de las entradas a las áreas en donde haya una exposición potencial al vanadio, y sobre el equipo de procesamiento y los contenedores. El resumen deberá ser traducido al (los) idioma(s) del lugar. También se deberán explicar con claridad las instrucciones del resumen a todas las personas potencialmente expuestas al producto químico.*

*Se dispone de lugar para la inserción del Límite Nacional de Exposición Ocupacional, la dirección y el número de teléfono del Centro Nacional de Control de Intoxicaciones, y para los nombres comerciales locales*

# RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

## VANADIO Y ALGUNOS COMPUESTOS

Compuesto	Forma	Color	MP (°C)	BP (°C)	Solubilidad en agua (g/litro)	SG	RMM <sup>(a)</sup>	Otras características
Vanadio	metal	gris	1890	3380	insoluble <sup>(b)</sup>	6.11 (c)		El vanadio es combustible y puede formar mezclas explosivas en el aire a altas concentraciones (200 g/m <sup>3</sup> ); el tricloruro de vanadio y el oxocloruro de vanadilo reaccionan (violentamente) con el agua formando gases de cloruro de hidrógeno tóxicos e irritantes; el pentóxido de vanadio se utiliza como catalizador en muchas reacciones de oxidación y puede ser preparado en formas especiales para este propósito; el catalizador "invertido"
Pentóxido de vanadio	crisales	amarillo/rojo	690	1750	0.7	3.357	181.9	
Trióxido de vanadio	crisales	negro	1970	sin datos	ligera	4.87	149.9	
Metavanadato de sodio	crisales	incoloro/verde	630	sin datos	211	sin datos	194.0	
Tetracloruro de vanadio	liquido	rojo/pardo	-28	148.5	reacciona	1.816	192.78	
Cloruro de vanadio	liquido dehescente	amarillo	-77	126.7	reacciona	3.00	173.32	

Vanadato de amonio	cristales	incoloro/ amarillo	se degrada	5.2	2.326	117	puede contener residuos entre otros ácidos; el sulfuro de vanadio reacciona con los ácidos y el agua produciendo gases tóxicos de sulfuro de hidrógeno; reacciona violentamente con los agentes oxidantes; al calentarlo o quemarlo en el aire, libera pentóxido de vanadio y óxidos de azufre irritantes
Sulfuro de vanadio	cristales	negro	se degrada	reacciona	4.2	83	

PELIGROS/SÍNTOMAS	PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<p>PIEL: El pentóxido de vanadio y el sulfuro de vanadio causan irritación; los haluros de vanadio causan quemaduras cutáneas; las sales de orto- y metavanadato tienen poco efecto</p>	<p>Usar guantes impermeables; es particularmente posible la irritación cutánea en el punto de contacto de las máscaras para polvo; controlar los niveles de polvo en el aire, tanto como sea posible, por medios de ingeniería; usar gafas (goggles), un visor de cara completa, o un respirador, cuando se manejen haluros de vanadio</p>	<p>Usar guantes para retirar la vestimenta contaminada; retirar con cepillo el polvo de la piel y lavar bien con agua; para los haluros de vanadio, usar guantes y (si es posible) protección respiratoria, retirar la vestimenta contaminada, sin mojarla, y colocarla a favor del viento o en un envase sellable; remojar a la víctima bajo una regadera de emergencia; obtener asesoría médica</p>
<p>OJOS: El polvo de vanadio actúa como un cuerpo extraño; otros compuestos causan diversos grados de irritación</p>	<p>Evitar generar polvo; usar gafas (goggles) para sustancias químicas, un visor de cara completa, o un respirador, cuando se manejen haluros de vanadio</p>	<p>Irrigar con agua potable o líquido estéril para lavado de ojos durante por lo menos 15 minutos; obtener atención médica, si los síntomas persisten</p>

## RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS (continuación)

PELIGROS/SÍNTOMAS	PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<p><b>INHALACIÓN:</b> El polvo de pentóxido de vanadio, y en particular el humo, es un irritante agudo y crónico; los vapores y los productos hidrolíticos de los haluros y sulfuros de vanadio son irritantes; los orto- y metavanadatos son menos irritantes</p>	<p>Controlar el polvo, el humo, y los vapores, tanto como sea posible, por medios de ingeniería; cuando los niveles de polvo exceden los límites de la exposición ocupacional, usar equipo de protección respiratoria con un factor de protección adecuado; para las operaciones de limpieza de calderas, emplear un aparato para respirar de aire comprimido (CABA); para los haluros de vanadio utilizar un CABA o botes especiales contra el HCl</p>	<p>Retirar de la exposición y llevar al aire libre; si es difícil la respiración, mantener al paciente sentado en descanso y darle oxígeno; obtener atención médica, si los síntomas persisten</p>
<p><b>INGESTIÓN:</b> Los compuestos de vanadio pueden causar signos y síntomas de irritación gastrointestinal y de toxicidad sistémica, en particular hepática</p>	<p>No comer, beber, o fumar en donde se manejen las sustancias químicas; usar buena higiene personal</p>	<p>Obtener atención médica</p>
<p>El polivanadato de amonio, el metavanadato de sodio, y el pentóxido, el trióxido, y el sulfato de vanadio se encuentran en la Clase de Transporte 6.1 (Tóxico) de Naciones Unidas; el tricloruro y el tetracloruro de vanadio están en la clase 9 (Corrosivo).</p> <p>(a) RMM = Peso molecular relativo            (b) Agua "fria"            (c) A temperaturas dentro del índice de 15-35 °C</p>		

## **7. REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES**

La información contenida en esta sección fue extraída del archivo legal del “Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas” (IRPTC, siglas en inglés). Se puede obtener del IRPTC una referencia completa del documento nacional original del que se extrajo la información. Cuando no aparece una fecha en vigor en el archivo legal del IRPTC, se indica con (r) el año de referencia del cual se tomaron los datos

El lector debe estar consciente que las decisiones reglamentarias sobre sustancias químicas, adoptadas en un cierto país, sólo pueden comprenderse por completo dentro de su propio marco legal. Además, los reglamentos y las guías de todos los países están sujetos a cambio y siempre deberán verificarse con las autoridades reglamentarias antes de su aplicación

### **7.1 Valores Límite de Exposición**

En los cuadros 1A y 1B se señalan algunos valores límite de exposición ocupacional y medio ambiental para el vanadio y el pentóxido de vanadio.

### **7.2 Restricciones Específicas**

En el Reino Unido, se requiere que se utilicen “los mejores medios prácticos” en premisas especificadas, para reducir las emisiones que contienen vanadio y para hacerlas menos dañinas e inofensivas. La CEE requiere que los estados miembros limiten la introducción del vanadio a las aguas freáticas por una investigación previa de todas las descargas directas y de cualquier disposición o volcadura que pueda llevar a una descarga indirecta. Los estados miembro tienen la obligación de monitorear la presencia de vanadio en relación con las descargas a aguas dulces o estuarinas de las plantas de bióxido de titanio o en relación con los basureros de bióxido de titanio. En los E.U.A, la Agencia de Protección Ambiental controla las descargas de vanadio con reglamentos generales que se relacionan con las emisiones de los puntos de origen a las aguas. Las técnicas de medición para la cuantificación del vanadio en las descargas, especificadas por la legislación norteamericana son: digestión seguida por espectrometría de absorción atómica o colorimetría para determinar el vanadio total, el vanadio disuelto se determina después de filtración de 0.45- $\mu$ m

## REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

Medio	Especificación	País/ Organización	Descripción del límite de exposición	Valor	Fecha en vigor
AIRE	Ocupacional	Canadá	Valor de umbral límite (TLV)* Polvo y humo respirables medidos como V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.05 mg/m <sup>3</sup>	1980
		Checoslovaquia	Concentración máxima admisible (MAC)* Humo - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* - Valor techo (CLV)* Polvo - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* - Valor techo (CLV)*	0.1 mg/m <sup>3</sup> 0.3 mg/m <sup>3</sup>  0.5 mg/m <sup>3</sup> 1.5 mg/m <sup>3</sup>	1985
		U.R S.S.	Concentración máxima admisible (MAC)* - Valor techo (CLV)* (polvo de cenizas; aerosol)	4.0 mg/m <sup>3</sup>	1977

AIRE	Ambiente	C.E.E.	Límite máximo (MXL)* Para la combustión de aceites de desecho en plantas con un suministro térmico de 3 megawatts (MW) o más - Suma de cromo, cobre y vanadio 1 5 mg/m <sup>3</sup> - Suma de cromo, cobre, plomo y vanadio	1990
		Alemania, República Federal de	Límite máximo La concentración total de polvos de antimonio, plomo, cromo, cobre, manganeso, platino, paladio, rodio, vanadio, y estaño, así como de sus compuestos inorgánicos y de los cianuros y fluoruros inorgánicos solubles, no debe exceder de 5 mg/m <sup>3</sup> a un flujo de masa de 25 g/h o más	1986
AGUA	Superficial	Checoslovaquia	Concentración máxima admisible (MAC)* 0.05 mg/litro	1975
		U.R.S.S.	Concentración máxima admisible (MAC)* 0.1 mg/litro El vanadio y sus compuestos calculados como vanadio	1983
AGUA	Potable	Checoslovaquia	Concentración máxima admisible (MAC)* 0.01 mg/litro	1982
AGUA	Reservas de agua potable	Checoslovaquia	Concentración máxima admisible (MAC)* 0.005 mg/litro	1975
SUELO	General	U.R.S.S.	Concentración máxima admisible (MAC)* 150 mg/litro	1982

## REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

### 1B. VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN PARA EL VANADIO COMO PENTÓXIDO DE VANADIO (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Medio	Especificación	País/ Organización	Descripción del límite de exposición	Valor	Fecha(s) en vigor
AIRE	Ocupacional	Australia	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* Polvo y humo respirables medidos como V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05 mg/m <sup>3</sup>	1985(r)
		Belgica	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* (como V)		1987(r)
		Bulgaria	Concentración máxima permisible (MPC)* - Valor techo (CLV)*	0.05 mg/m <sup>3</sup> 0.5 mg/m <sup>3</sup> 0.5 mg/m <sup>3</sup>	1985(r)
		República Democrática Alemana	Concentración máxima admisible (MAC)* - Límite de exposición a corto plazo (STEL)* - Humo (como V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) - Polvo (como V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.1 mg/m <sup>3</sup> 0.5 mg/m <sup>3</sup>	1988(r)

Alemania, República Federal	Concentración máxima admisible (MAC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* (polvo fino) - Límite de exposición a corto plazo (STEL)* (polvo fino) (30 min; dos por turno)	1985(r)
	0.05 mg/m <sup>3</sup> 2.5 mg/m <sup>3</sup>	
Hungria	Concentración máxima admisible (MAC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* (polvo) - Límite de exposición a corto plazo (STEL)* (polvo)	1987(r)
	0.5 mg/m <sup>3</sup> 1 mg/m <sup>3</sup>	
Italia	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* (sensibilizador) (polvo)	1985(r)
	0.05 mg/m <sup>3</sup> 0.5 mg/m <sup>3</sup>	
Japón	Concentración máxima admisible (MAC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* - Humo - Polvo	1988(r)
	0.1 mg/m <sup>3</sup> 0.5 mg/m <sup>3</sup>	
Suecia	Valor del límite higiénico (HLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* (polvo total como V)	1988
	0.2 mg/m <sup>3</sup>	

## REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES (continuación)

### 1B VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN PARA EL VANADIO COMO PENTÓXIDO DE VANADIO (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Medio	Especificación	País/ Organización	Descripción del límite de exposición	Valor	Fecha(s) en vigor
AIRE	OCUPACIONAL (continuación)	Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor techo (CLV)* (polvo respirable como V)</li> <li>Límite de umbral recomendado (RECL)*</li> <li>- Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* (polvo) (humo)</li> <li>- Límite de exposición a corto plazo (STEL)* (10 min, TWA*) (polvo como V) (humo como V)</li> </ul>	<p style="text-align: center;">0.05 mg/m<sup>3</sup></p> <p style="text-align: center;">1.5 mg/m<sup>3</sup> 0.05 mg/m<sup>3</sup> 1.5 mg/m<sup>3</sup> 0.5 mg/m<sup>3</sup></p>	1987(r)
		E.U.A. (ACGIH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Límite de umbral límite (TLV)*</li> <li>- Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*, metal (polvo y humo respirable)</li> </ul>	<p style="text-align: center;">0.05 mg/m<sup>3</sup></p>	1988

E.U.A. (OSHA)	Límite de exposición permisible (PEL)* - Valor techo (CLV)* (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en polvo) (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en humo)	0.5 mg/m <sup>3</sup> 0.1 mg/m <sup>3</sup>	1986(r)
U.R.S.S.	Concentración máxima admisible (MAC)* - Valor techo (CLV)* (aerosol)	0.5 mg/m <sup>3</sup>	1984
AIRE	Ambiente	0.002 mg/m <sup>3</sup>	1984

---

\* N. del T.: siglas en inglés

# REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

En la Comunidad Económica Europea, se controlan los desechos de vanadio para limitar su introducción a las aguas superficiales, freáticas o saladas y puede ser que los niveles sean monitoreados con regularidad. En el Reino Unido, los desechos que contienen vanadio o compuestos de vanadio son controlados como desechos especiales. En los E.U.A., se requiere un permiso para la descarga de desechos de vanadio en aguas territoriales, y el pentóxido de vanadio, así como las soluciones y las mezclas que lo contienen, son designados como sustancias peligrosas para propósitos de descarga. Los desechos sólidos que contienen pentóxido de vanadio están sujetos a control como un desecho peligroso. Cuando el desecho es un producto comercial, se le identifica como desecho peligroso agudo.

## 7.3 Etiquetado, Embalaje, y Transporte

En la Comunidad Económica Europea las etiquetas para el pentóxido de vanadio son las siguientes:

*Dañino; dañino por inhalación; no respirar el polvo.*

## BIBLIOGRAFÍA

ACGIH (1986) *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices*, Cincinnati, American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

CLAYTON, G.D. & CLAYTON, F.E. (1981) *Patty's industrial hygiene and toxicology*, Vol. 2A, New York, Wiley - Interscience, John Wiley & Sons.

GOSSELIN, R.E., HODGE, H.C., SMITH, R.P., & GLEASON, M.N. (1976) *Clinical toxicology of commercial products*, 4th ed., Baltimore, Maryland, Williams and Wilkins Company.

*Handling chemicals safety*, 2nd ed. (1980). Dutch Association of Safety Experts, Dutch Chemical Industry Association, Dutch Safety Institute.

IARC (1974) *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic risk of chemicals to man: some aromatic amines, hydrazine and related substances, N-nitroso compounds and miscellaneous alkylating agents*, Vol. 4, Lyon, International Agency for Research on Cancer.

IRPTC (1988) *Data profile (legal file)*, Geneva, International Register of Potentially Toxic Chemicals.

MATERIAL SAFETY DATA SHEETS COLLECTION PLUS UPDATING SERVICE (1984) New York, Genium Publishing Corporation.

SAX, N.I. (1984) *Dangerous properties of industrial materials*, New York, Van Nostrand Reinhold Company.

US NIOSH (1976) *A guide to industrial materials*, New York, Van Nostrand Reinhold Company.

US NIOSH/OSHA (1981) *Occupational health guidelines for chemical hazards*, Washington DC, US National Institute for Occupational Safety and Health. Occupational Safety and Health Administration, 3 Vol. (Publication No. 01.123).

## BIBLIOGRAFÍA

US NIOSH/OSHA (1985) *Pocket guide to chemical hazards*, Washington DC, US National Institute for Occupational Safety and Health, Occupational Safety and Health Administration (Publication No. 85 114).

USDHHS(NIOSH)(1987)*Registry of Toxic Effects of Chemical Substances*, Washington DC, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, 5 Vol. (DHSS/NIOSH: Publication No. 87-114)

WHO (1988) *Environmental Health Criteria No. 81: Vanadium*. Geneva, World Health Organization.