

ANEXO V: MANUAL DE OPERACIONES



PROVINCIA DE MISIONES

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

MEJORA DEL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO
SANITARIO ZONA SUR. MISIONES

MANUAL DEL OPERADOR DEL REACTOR FENTON

- OCTUBRE 2019 -

Dr. Hernán Darío Traid – Dra. María Laura Vera

PREFACIO

El propósito de este Manual del Operador del Reactor Fenton es proporcionar información específica para el operador sobre el diseño y la operación de la denominada Planta Móvil mediante el Proceso Fenton, específicamente para el tratamiento de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la Zona Sur de la provincia de Misiones, situado en la localidad de Fachinal. El manual también ayudará al personal a familiarizarse con el sistema. Es esencial que todo el personal que trabaje en la planta comprenda completamente la naturaleza del proceso y los riesgos de los productos químicos utilizados. Para este fin, se incluyen una sección de Seguridad y un Apéndice con las hojas de seguridad de los reactivos químicos que se utilizan en el proceso.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| SECCIÓN I. PROCESO FENTON | 5 |
| I. INTRODUCCIÓN | 5 |
| II. QUÍMICA DEL PROCESO..... | 6 |
| II.I. Reactivos | 6 |
| II.II. Reacciones Químicas | 6 |
| II.III. Velocidad de reacción | 7 |
| II.IV. Reacciones Secundarias No Deseadas..... | 8 |
| II.V. Rendimiento y Eficiencia Química | 8 |
| SECCIÓN II. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN | 10 |
| I. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO | 10 |
| II. REACTOR FENTON | 11 |
| III. OPERACION DEL REACTOR FENTON | 13 |
| III.I. Carga del reactor | 13 |
| III.II. Alimentación de reactivos | 13 |
| III.II.I. Sulfato Ferroso | 13 |
| III.II.II. Antiespumante | 14 |
| III.II.III. Ácido sulfúrico | 14 |
| III.II.IV. Peróxido de Hidrógeno..... | 14 |
| III.III. Recomendaciones de automatización y control | 15 |
| III.IV. Secuencia de operación de lotes..... | 15 |
| IV. CONDICIONES ÓPTIMAS DE OPERACIÓN DEL REACTOR | 16 |
| V. TIEMPO DE REACCIÓN..... | 16 |
| SECCIÓN III. SEGURIDAD Y AMBIENTE | 17 |
| I. SEGURIDAD y AMBIENTE. GENERALIDADES..... | 17 |
| II. ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS | 17 |
| Sulfato Ferroso | 17 |
| Ácido Sulfúrico..... | 18 |
| Peróxido de Hidrógeno..... | 18 |
| Hidróxido de sodio | 18 |
| III. ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL | 19 |
| SECCIÓN IV. PROBLEMAS FRECUENTES..... | 21 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 22 |

| | |
|--|----|
| APÉNDICE I. TOMAS DE MUESTRA DEL REACTOR | 24 |
| APÉNDICE II. HOJAS DE SEGURIDAD..... | 25 |

SECCIÓN I. PROCESO FENTON

I. INTRODUCCIÓN

El proceso Fenton forma parte de los que se conocen como Procesos o Tecnologías Avanzadas de Oxidación (PAOs/TAOs), que son procesos físico químicos basados en la generación de radicales muy oxidantes, fundamentalmente el radical hidroxilo (HO^\bullet), que provocan cambios profundos en la estructura de los contaminantes orgánicos e inorgánicos, transformándolos en especies no tóxicas o menos tóxicas, más simples y más biodegradables, que no transfieren contaminantes a otra fase y permiten el tratamiento de especies refractarias difíciles de tratar por los tratamientos biológicos convencionales.

El proceso Fenton consiste básicamente en la adición, al efluente a tratar, de una sal ferrosa (Fe^{2+}) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a pH ácido para promover la generación de radicales libres que transformen los contaminantes, obteniendo de esta manera un efluente clarificado y de menor DQO¹.

Este proceso generalmente se implementa en el tratamiento terciario (después de un tratamiento físico y/o biológico), pero también puede emplearse antes del tratamiento biológico, si se transforma la DQO refractaria a DQO biodegradable y se eliminan compuestos tóxicos para la biomasa, permitiendo el acoplamiento del proceso Fenton al tratamiento biológico.

Las principales ventajas del proceso son las siguientes:

- El Fe(II) es abundante y no tóxico.
- El peróxido de hidrógeno es relativamente fácil de manejar.
- No existen problemas de transferencia de masa, dado que los reactivos son solubles y se constituye un sistema homogéneo.

Es preciso aclarar que los valores de relaciones entre reactivos y eficiencias previstas para el proceso Fenton presentados en el presente manual, corresponden a resultados hallados en ensayos de laboratorio, piloto y planta realizados con los lixiviados

¹ DQO: Demanda Química de Oxígeno: mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos. Este parámetro permite la evaluación global de la eficiencia de tratamiento de efluentes complejos.

dispuestos en las Piletas 4 y 5 del Relleno Sanitario Zona Sur de la Provincia de Misiones. Dada la naturaleza química específica del proceso, la extrapolación de resultados a lixiviados de otra naturaleza u origen no es directa. Se recomienda la realización de ensayos específicos de optimización de parámetros con cada tipo de efluente a tratar.

II. QUÍMICA DEL PROCESO

II.I. Reactivos

En el Reactor Fenton se dosifican sulfato ferroso heptahidratado, ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno. Se debe tener especial cuidado en el manejo de estas sustancias y contar con la protección adecuada (Ver Sección III). A continuación se realiza una breve descripción de los reactivos utilizados para llevar adelante el proceso Fenton:

Tabla 1: Reactivos de proceso

| Reactivo | Fórmula | Uso | Presentación adquirida |
|--------------------------------|---|---------------------------------|--|
| Sulfato ferroso heptahidratado | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | Catalizador de reacción | Bolsas. Sólido granulado |
| Ácido sulfúrico | H_2SO_4 | Regulador de pH | Barril 200 L. Líquido diluido al 25%*. |
| Peróxido de Hidrógeno | H_2O_2 | Oxidante-Generador de radicales | Bidón 30 L. Líquido concentrado al 60% |

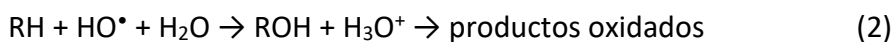
* Presentación permitida según SEDRONAR 764/11.

II.II. Reacciones Químicas

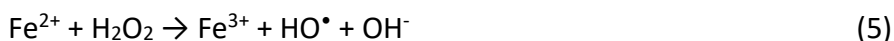
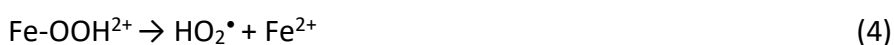
En el proceso Fenton, el H_2O_2 se activa con Fe^{2+} para generar radicales hidroxilos (HO^\bullet), que constituyen la principal especie oxidante en el proceso, dado su elevado potencial de oxidación ($E_{\text{EEH}}^\circ = 2,80 \text{ V}$ a 25°C), siendo la segunda especie oxidante luego del Flúor, que es la especie más oxidante que existe. La reacción de Fenton de formación de radicales hidroxilos se puede observar en la reacción (1).



El proceso es muy efectivo para la generación de radicales HO^\bullet , por lo que resulta útil para destruir contaminantes transformándolos en productos oxidados (reacción 2).



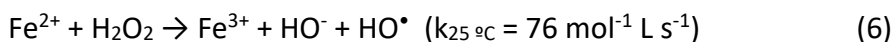
Está demostrado que a $\text{pH} < 3$, la reacción es autocatalítica, ya que el Fe^{3+} vuelve a generar Fe^{2+} a través de un mecanismo de reacción en cadena (reacciones (3) a (5)).



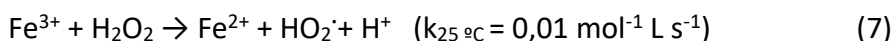
Como se observa en la reacción (4) también se produce la formación de otro radical, el radical perhidroxilo (HO_2^\bullet). Ambos radicales, el HO^\bullet y el HO_2^\bullet reaccionan indiscriminadamente, presentando baja selectividad, sin embargo el radical perhidroxilo es menos reactivo, dado su menor potencial de oxidación ($E_{\text{EEH}}^\circ = 1,70 \text{ V}$ a 25°C).

II.III. Velocidad de reacción

La velocidad de generación de radicales está determinada por la reacción del Fe^{2+} con el H_2O_2 , por lo que la concentración de Fe^{2+} limita la velocidad de oxidación (reacción (6)).



La participación del ion ferroso (Fe^{2+}) en la reacción de Fenton es de naturaleza catalítica ya que la especie oxidada (Fe^{3+}) reacciona nuevamente con el H_2O_2 , generando a su vez radicales perhidroxilo (HO_2^\bullet) y regresando a su forma reducida, para dar comienzo de nuevo a la reacción anterior (reacción (7)).



Sin embargo, en la práctica, como la formación de los iones férricos (Fe^{3+}) de la reacción (6) es mucho más rápida que transformación a Fe^{2+} de la reacción (7), los iones Fe^{3+} se acumulan progresivamente en solución acuosa hasta alcanzar su producto de solubilidad, dando lugar a la aparición de precipitados de hidróxido férrico, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, de un característico tono pardo-rojizo y aspecto coloidal. Para minimizar la aparición de precipitados de hierro es preciso mantener el pH de la mezcla en torno a 3, rango en el que el hierro permanece en disolución como Fe^{2+} .

II.IV. Reacciones Secundarias No Deseadas

Como los radicales HO^\bullet y HO_2^\bullet son muy oxidantes, pueden reaccionar tanto con la materia orgánica como con los mismos reactivos de Fenton, en reacciones improductivas, por lo que es necesario en cada caso optimizar la relación $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ y como se dijo anteriormente trabajar a un $\text{pH} \approx 3$ para promover la reacción autocatalítica de Fe^{3+} a Fe^{2+} , minimizando la formación de barro que requieran de disposición adicional. Un exceso de iones Fe^{2+} , puede atrapar los radicales (reacciones (8) y (9)), al igual que el mismo H_2O_2 (reacción (10)) o reaccionar entre ellos (reacción (11)).



II.V. Rendimiento y Eficiencia Química

El rendimiento químico general del proceso, por lo descrito con anterioridad, se encuentra ligado al uso adecuado de los reactivos. Motivo por el cual se definen las condiciones óptimas de relaciones entre reactivos para el tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario Zona Sur dispuestos actualmente en las Piletas 4 y 5.

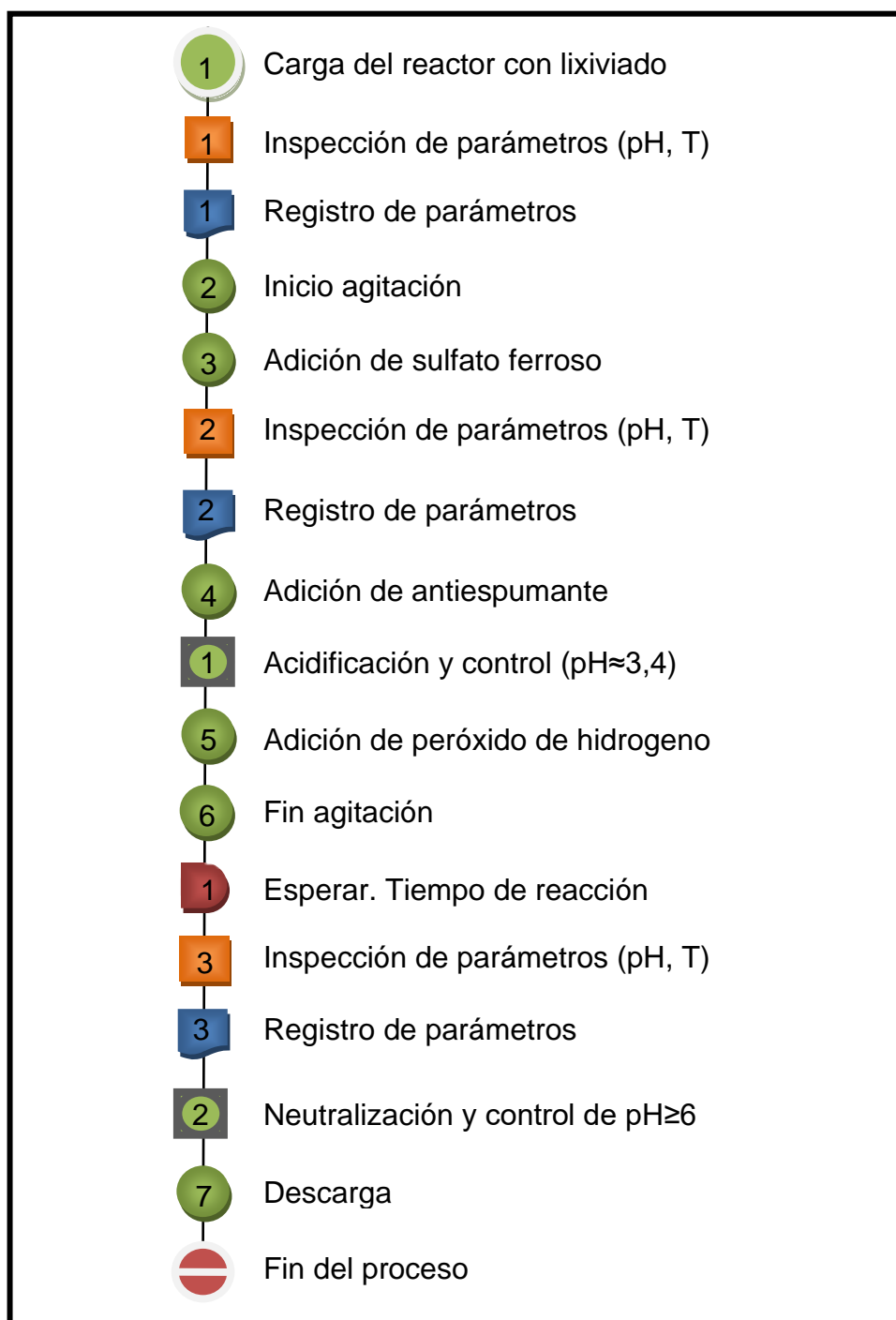
- $[\text{H}_2\text{O}_2]/\text{DQO} = 2 - 3$

- $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,2 \text{ M}$, con H_2O_2 60%
- $[\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{Fe}^{2+}] = 50$, con H_2O_2 60%
- pH (inicial) = 3 ; pH (durante la reacción) = 2 – 3,5
- tiempo de reacción = 24 – 48 h
- Temperatura de reacción = 25 °C

En estas condiciones, la eficiencia del proceso en cuanto a la reducción de DQO puede oscilar entre el 50% y el 80%.

SECCIÓN II. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

I. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



II. REACTOR FENTON

El reactor Fenton se corresponde con los recintos de reacción (2 m^3) y sedimentación ($3,8 \text{ m}^3$) de la Planta Móvil de geometría de paralelepípedo, el primero con fondo recto y el segundo con fondo troncocónico, construidos ambos de acero inoxidable, apropiados para las condiciones de operación.



Figura 1: Recintos de reacción y sedimentación. Planta Móvil



Figura 2: Sistema de purga de lodos de fondo.

La agitación necesaria para la homogenización durante el agregado de reactivos puede realizarse mediante el sistema de agitación mecánica de la Planta Móvil o alternativamente por recirculación, con bomba centrífuga de al menos de potencia suficiente para permitir una rápida mezcla e incorporación de los reactivos.

La Planta Móvil dispone de recipientes para contener los reactivos y bombas dosificadoras que permiten regular el caudal de alimentación de estos al interior del reactor.

La medición de pH puede realizarse en línea o por medio de un instrumento portátil, en función de los valores obtenidos puede controlarse de manera manual o automática la velocidad de dosificación del ácido.

Alternativamente a la Planta Móvil, el proceso puede desarrollarse en reactores adicionales, contruidos de un material apropiado a las condiciones de operación.

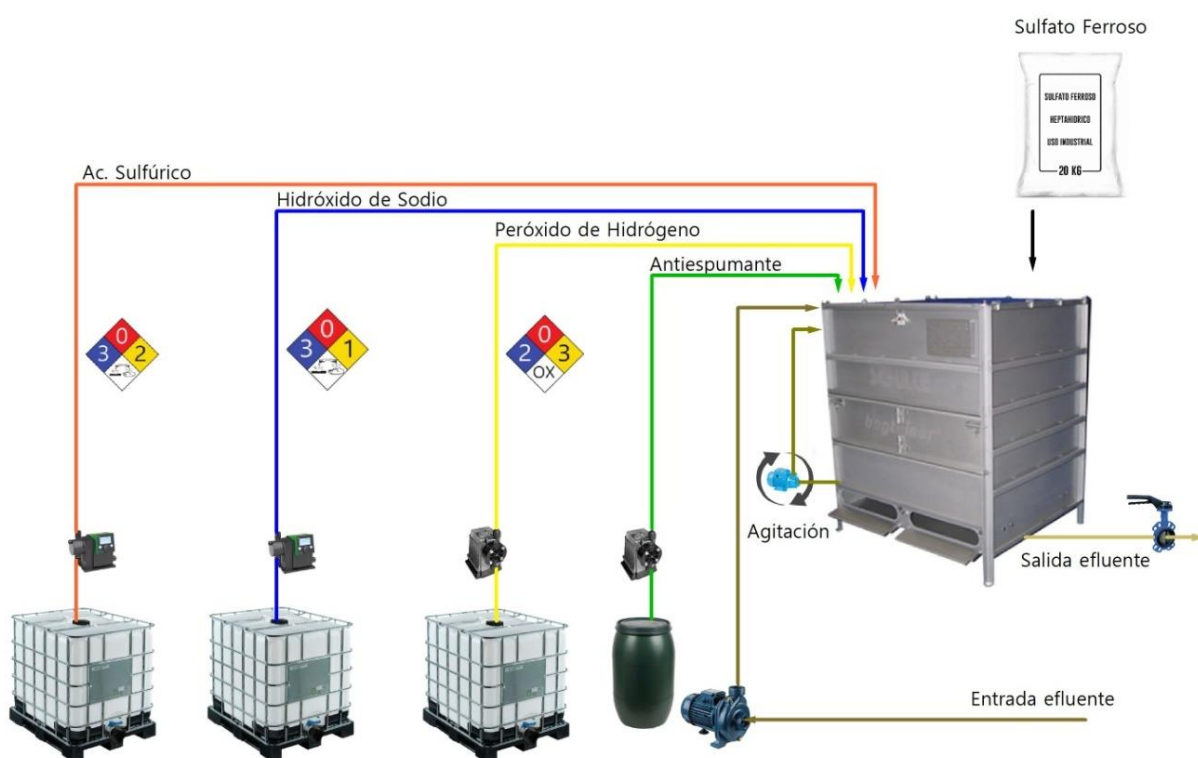


Figura 3: Esquema del reactor

III. OPERACION DEL REACTOR FENTON

III.I. Carga del reactor

La carga del efluente a tratar en el reactor se realiza mediante bomba centrífuga operada manualmente; el reactor cuenta con una marca de nivel que permite colocar el volumen deseado.

El sulfato ferroso granulado debe ser pesado y puede incorporarse manualmente por la parte superior del reactor o, alternativamente, puede ser dosificado como solución líquida, según la cantidad de lixiviado a tratar.

La incorporación de reactivos líquidos se realiza a través de bombas dosificadoras que permiten regular el caudal suministrado. Una vez que terminada la reacción, la descarga se realiza por el fondo del reactor tras la apertura de una válvula mariposa, donde el líquido desagota por gravedad.

III.II. Alimentación de reactivos

La adición de todos los reactivos deben realizarse manteniendo agitación continua (mecánica o por recirculación) para homogenizar su distribución en sistema de reacción.

III.II.I. Sulfato Ferroso

- Es el primer reactivo que se introduce al reactor conteniendo el efluente a tratar, debidamente homogenizado y en agitación.
- La cantidad correspondiente, previamente pesada, se puede introducir de manera manual por la parte superior del reactor.
- Alternativamente, el sulfato de hierro se puede disolver en agua (hasta al 25%) para poder incorporarlo mediante bombas dosificadoras.
- Cabe mencionar que la adición de sulfato de hierro produce una leve caída del pH.

III.II.II. Antiespumante

- Si bien el antiespumante no forma parte del proceso Fenton, es utilizado para aplacar la espuma generada tras la adición de ácido y peróxido.
- Se recomienda introducir una cantidad conocida de antiespumante previamente a los procesos de acidificación y vertido del oxidante.
- Alternativamente se puede asperjar durante el proceso de formación de espuma, si se cuenta con el volumen de contención suficiente.

III.II.III. Ácido sulfúrico

- Se emplea para bajar el pH del efluente (típicamente de 8) hasta pH = 3, valor recomendado al inicio de la reacción.
- Como la adición posterior de peróxido disminuye el valor de pH en aproximadamente 0,4 UpH, se recomienda adicionar ácido hasta llegar a un pH en torno a 3,4.
- La cantidad utilizada de ácido a adicionar se encuentra establecida para lixiviado provenientes de Pileta 4 y 5, permitiendo de esta manera trabajar a grandes caudales de la bomba dosificadora, hasta disminuir considerablemente el pH y luego realizar un ajuste fino de la dosificación a menor caudal.
- Habida cuenta de la importancia del pH en el proceso Fenton, el seguimiento y registro del descenso de pH durante la acidificación (curva de pH vs. volumen de ácido adicionado) es aconsejado durante cada el tratamiento de cada uno de los lotes.

III.II.IV. Peróxido de Hidrógeno

- Último reactivo a agregar, determina el inicio de la reacción de Fenton.
- Como es un poderoso oxidante debe ser incorporado mediante bombas dosificadoras evitando su manipulación directa por parte del personal.

III.III. Recomendaciones de automatización y control

- Sistema de medición y control de pH, para dosificación de reactivos.
- Sistema de medición y control de potencial redox (rH) (para dosificar y ajustar el contenido de peróxido).
- Termómetro (para control de temperatura)
- Control de nivel
- Detector de espuma

III.IV. Secuencia de operación de lotes

La Planta Móvil puede ser empleada para la operación de tratamiento de lixiviados mediante tecnología Fenton. Se sugiere la utilización del reactor de contacto 1, ubicado en un extremo de la planta (oeste) y que dispone de un agitador, como recinto de incorporación de reactivos y los volúmenes restantes de la Planta Móvil como recintos de reacción. Se propone la siguiente secuencia de operación.

- 1) Carga del reactor de contacto 1 con el lixiviado a tratar e incorporación de reactivos por la parte superior. Tiempo estimado: 50 minutos
- 2) Iniciada la reacción (adición de peróxido) y homogenizado, retiro de la totalidad del volumen por la parte inferior del reactor por bombeo y descarga en zona de deflectores entre reactor de contacto 1 y el sedimentador. Tiempo estimado: 10 minutos
- 3) Repetir la operación 5 veces permite ocupar todo el volumen de la Planta Móvil (unos 10 m³). Un lote adicional, al final de la secuencia, podrá tratarse empleando el reactor de contacto 1 como recinto de reacción.
- 4) Dejar reaccionar el tiempo requerido (preferentemente 24-48).
- 5) Proceder al retiro del lixiviado tratado por bombeo superior, descarga inferior o por retiro en el recinto final, resultado de la adición de nuevos lotes que desplazan en volumen tratado del reactor de contacto 1 hasta el extremo opuesto.

Las sucesivas operaciones podrán derivar en modificaciones en la secuencia operativa de los lotes o precisiones operativas. Se sugiere registro y actualización de la información

IV. CONDICIONES ÓPTIMAS DE OPERACIÓN DEL REACTOR

A continuación se describen las cantidades de reactivos que aseguran las condiciones óptimas de operación del reactor para el tratamiento de lixiviados de las Piletas 4 y 5, según condiciones de la Sección I.

- Volumen efluente a tratar: 2000 L
- Sulfato de Hierro: 2,24 kg
- pH = 3 (Aproximadamente 30 L Ácido Sulfúrico 25% o cantidad equivalente)
- Peróxido de Hidrógeno: 22,2 L (concentración 60% o cantidad equivalente)
- Antiespumante: 1,3 L (cantidad sugerida)

V. TIEMPO DE REACCIÓN

Se recomienda un tiempo de reacción de 24 a 48 h, lo que permite alcanzar la degradación y rendimientos planteados anteriormente. Menores tiempos de contacto resultarán en degradaciones menores.

SECCIÓN III. SEGURIDAD Y AMBIENTE

I. SEGURIDAD y AMBIENTE. GENERALIDADES

- Se proporcionará acceso a la parte superior del reactor por una escalera.
- El reactor debe mantenerse abierto, operarse en áreas debidamente ventiladas o con sistema de extracción de aire, por los riesgos de explosión, dados por la evolución de gases producto de las reacciones de degradación.
- Es habitual la generación de "olores" durante la operación (compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno, COV).
- Los reactivos que se utilizan en el proceso son considerados sustancias peligrosas, por lo que deben considerarse todas las normas pertinentes para su almacenamiento y manipulación.
- Las medidas tomadas, en cualquier caso, revestirán carácter preventivo, buscando prioritariamente la eliminación del peligro y/o reducción de los riesgos asociados a las tareas emprendidas.

II. ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS

Sulfato Ferroso

- Almacenar en lugar ventilado, fresco y seco.
- Mantener lejos de fuentes de ignición, calor y de la acción directa de rayos solares.
- Separar de materiales incompatibles y mantener en recipientes cerrados. Almacenar a temperatura ambiente sin exceder de los 24°C en lo posible (el producto se puede oxidar a causa de la fluctuación en la temperatura).
- El producto pierde agua en aire seco y se oxida si se expone a la humedad formando un revestimiento café de sulfato férrico extremadamente corrosivo e improductivo en el proceso Fenton.

Ácido Sulfúrico

- Almacenar separado de sustancias combustibles, reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes, materiales incompatibles, alimentos y piensos.
- Puede ser almacenado en contenedores de acero inoxidable o PAD. Almacenar en un área con suelo de hormigón resistente a la corrosión.
- La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de los metales más comunes, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo). Reacciona violentamente con agua y compuestos orgánicos, con desprendimiento de calor.

Peróxido de Hidrógeno

- Almacenar separado de sustancias combustibles, reductoras, bases fuertes, metales, alimentos y piensos.
- Mantener en lugar fresco y oscuro. La incidencia de luz solar produce su degradación.
- Almacenar en contenedor con sistema de venteo.
- Almacenar solamente si está estabilizado.
- La sustancia se descompone al calentarla suavemente o bajo la influencia de la luz, produciendo oxígeno, que aumenta el peligro de incendio.
- La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores causando peligro de incendio o explosión particularmente en presencia de metales. Ataca a sustancias orgánicas tales como textiles y papel.

Hidróxido de sodio

- Almacenar separado de ácidos fuertes, metales, alimentos y piensos.

- Almacenar en el recipiente original. Mantener en lugar seco. Bien cerrado.
- Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.
- La dilución en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible (Hidrógeno).
- Reacciona con sales de amonio produciendo amoniaco, originando peligro de incendio. El contacto con la humedad o con el agua genera calor.

III. ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL

La utilización de los elementos de protección personal es obligatoria, independientemente del tiempo de exposición o la actividad que se va a realizar. Se debe mantener estrictas normas de higiene y conocer la ubicación exacta del equipo de atención de emergencia previa a cualquier manipulación. A continuación se resumen los EPP necesarios para operar.

- Protección de ojos y rostro



Protector facial completo apropiado para productos químicos. No utilizar lentes de contacto durante el trabajo.

- Protección de manos



Utilizar guantes de acrilonitrilo, certificados para el manejo de sustancias químicas.

- **Protección respiratoria:**



Utilizar protección para material particulado y ácidos inorgánicos.

- **Protección de pies**



Dada la existencia de riesgos de agentes físicos de acción mecánica, utilizar zapatos de seguridad con puntas reforzadas.

- **Protección de cuerpo**



Protege de posibles salpicaduras y a la acción de agentes físicos

SECCIÓN IV. PROBLEMAS FRECUENTES

Generación de espuma: Posterior a la adición del sulfato de hierro, durante la acidificación del lixiviado, se genera abundante espuma, compacta y de consistencia viscosa. Sin el agregado de productos que controlen la presencia de espumas, el proceso puede presentar una dificultad considerable, motivo por el cual se recurre al uso de antiespumante. Si el agregado de antiespumante se realiza posterior a la formación de espuma, esta impide el contacto del producto con el resto de la solución, retardando el aplacamiento de la misma y presentando menor efectividad que de ser agregado previo a la incorporación del ácido.

El agregado del oxidante también produce espuma, sin embargo ésta es controlada en parte por el efecto residual del antiespumante, sin embargo muchas veces es necesario agregar pequeñas proporciones de antiespumante para reforzar el efecto.

Formación de buffer de pH: Constituye una de las principales dificultades del proceso. El problema radica en la formación de un buffer en torno a $\text{pH} \approx 5-6$ que dificulta la acidificación del lixiviado. Aquí se incorporan grandes volúmenes de ácido, que producen pequeñas variaciones de pH. Una vez alcanzado el punto de ruptura del buffer, la adición de pequeñas cantidades de ácido produce una caída abrupta del pH. Por lo que se debe tener mucha atención al momento de controlar este parámetro, hasta familiarizarse con el comportamiento del sistema.

Retención de ácido en la espuma: Un inconveniente derivado de la generación de espuma durante el proceso de acidificación es la retención de ácido en la misma, lo que produce una lectura incorrecta del valor de pH en la solución. La incorporación de la misma a la solución podría reducir significativamente del lixiviado a tratar. Este es uno de los motivos por el que se recomienda la adición de antiespumante previa a la acidificación.

BIBLIOGRAFÍA

- H.D. Traid, M.L. Vera: Mejora del tratamiento de lixiviados del relleno sanitario zona sur de Misiones, CFI (2019)
- P. Torres-Lozada, L.E. Barba-Ho, C. Ojeda, J. Martínez, Y. Castaño: Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición físico-química y su potencial de toxicidad, *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 17, 1 (2014) 245-255.
- D. Kulikowska, E. Klimiuk: The effect of landfill age on municipal leachate composition, *Bioresource Technol.* 99 (2008) 5981-5985.
- H. Shouliang, X. Beidou, Y. Haichan, H. Liansheng, F. Shilei, L. Hongliang: Characteristics of dissolved organic matter (DOM) in leachate with different landfill ages, *J. Environ. Sci.* 20 (2008) 492-498.
- D.R. Ramírez-Sosa, E.R. Castillo-Borges, R.I. Méndez-Novelo, M.R. Sauri-Riancho, M. Barceló-Quintal, J.M. Marrufo-Gómez: Determination of organic compounds in landfill leachates treated by Fenton–Adsorption, *Waste Manag.* 33 (2013) 390-395.
- S. Fatima, S.K. Rafiq, A. Hai: Effect of depth and age on leachate characteristics of Achan Landfill, Srinagar, Jammu and Kashmir, India *J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol.* 2, 2 (2012) 04-11.
- C.A. Quintal Franco, G. Giácoman Vallejos, B. Jiménez Cisneros, R.I. Méndez Novelo, E.R. Castillo Borges, M.R. Sauri Riancho: Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados, *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25 (3) (2009) 133-145.
- Texto colectivo Red CYTED VIII-G (2001). Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. M.A. Blesa (Editor). Digital Grafic, La Plata. ISBN: 987-43-3809-1. Páginas. 3-26.
- Environmental Protection Agency (1998). Handbook of Advanced Photochemical Oxidation Processes. EPA/625/R-98/004. Cincinnati, Ohio.
- M.I. Litter Heterogeneous photocatalysis: transition metal ions in photocatalytic systems. *App. Catal. B*, 23(2) (1999) 89-114.

- O. Legrini., E. Oliveros, A.M. Braun: Photochemical processes for water treatment. Chemical reviews, 93(2) (1993). 671-698.
- Y. Deng, J.D. Englehardt: Review-Treatment of landfill leachate by the Fenton process, Water Res. 40 (2006) 3683-3694.
- Y. Deng, J.D. Englehardt: Hydrogen peroxide-enhanced iron-mediated aeration for the treatment of mature landfill leachate, J. Hazard. Mater. 153 (2008) 293-299.
- Normas Reglamentarias de Emisión de Efluentes Industriales según Anexos I y II de los Decretos Nº 2149/88 y 1.666/89 dependientes de la Ley VIII Nº 11 (antes Nº 2.267/85) de Radicación y Habilitación Industrial y su Decreto Reglamentario General Nº 966/87 de la Provincia de Misiones.
- Standard Methods (SM) for de Examination of Water and Wastewater, 17 Edition.
- F. Wang, D.W. Smith, M. Gamal El-Din: Application of advanced oxidation methods for landfill leachate treatment - A review, J. Environ. Eng. Sci., 2 (2003) 413-427.
- P. Kjeldsen, M.A. Barlaz, A.P. Rooker, A. Baun, A. Ledin, T.H. Christensen: Present and long-term composition of MSW landfill leachate: A review, Critical Rev. Environ. Sci. Tech. 32, 4, (2002) 297-336
- W. Li, Q. Zhou, T. Hua: Removal of organic matter from landfill leachate by Advanced Oxidation Processes: A Review, Inter. J. Chem. Eng. 2010 (2010) 1-10.
- Y.W. Kang, K.Y. Hwang: Effects of reaction conditions on the oxidation efficiency in the Fenton process, Water Res. 34, 10 (2000) 2786-2790.
- Y. Hee-Chan, Ch. Soon-Haing, K. Seok-Oh: Modification of coagulation and Fenton oxidation processes for cost-effective leachate treatment, J. Environ. Sci. Heal. 36 (2001) 39-48

APÉNDICE I. TOMAS DE MUESTRA DEL REACTOR



PROCEDIMIENTO MUESTREO-DQO

MATERIALES

1 Pipeta de 25 ml

1 Propipeta

100 ml Solución de Carbonato de Sodio Saturada ($32\text{g Na}_2\text{CO}_3 / 100\text{ml Sn}$ – T óptima= 40°C)

2 Frascos grandes (250 ml aprox)

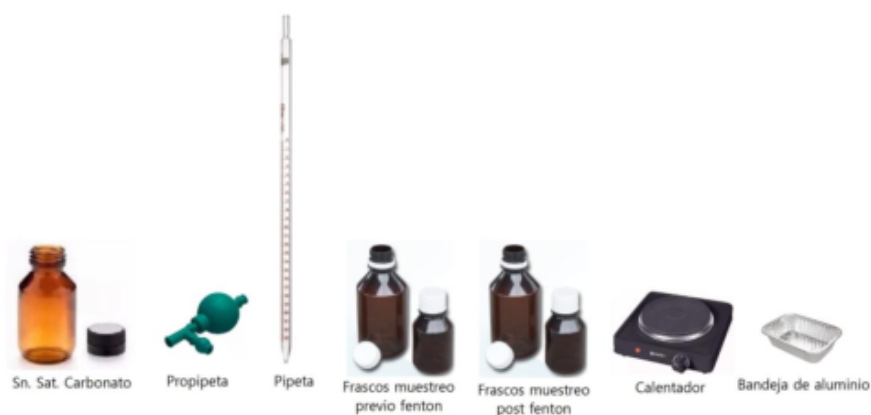
2 Frascos pequeños (100 ml aprox)

1 calentador

1 termómetro (rango de medición utilizado 0°C a 90°C)

1 Un recipiente para llevar a baño maría (fuente descartable de aluminio)

*No se considera dentro de materiales los elementos de protección correspondientes pero debe ser tenido en cuenta al momento de la toma de muestra.











METODOLOGIA

- 1- Se toma 250 ml de lixiviado antes de llevar a cabo el agregado de reactivos, llenando un frasco grande que garantiza disponer de muestra para análisis varios.
- 2- Se toman con pipeta y pro pipeta 20 ml de efluente sin tratar, se deposita en un frasco pequeño y se adiciona 6 ml de carbonato de sodio saturado, esta muestra es llevada a baño maría por 10 min luego de alcanzar 90°C .
- 3- Se repiten el punto 1 y 2 luego de realizado el proceso fenton, es decir con el efluente tratado.
- 4- Se acercan las muestras al laboratorio de análisis.

APÉNDICE II. HOJAS DE SEGURIDAD









Fichas Internacionales de Seguridad Química

| ÁCIDO SULFÚRICO | | | ICSC: 0362 Febrero 2000 |
|---|---|--|--|
| CAS: RTECS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS: | 7664-93-9 WS5600000 1830 016-020-00-8 231-639-5 | Ácido sulfúrico 100% Aceite de vitriolo H ₂ SO ₄ Masa molecular: 98.1 |  |
| TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN | PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS | PREVENCIÓN | PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS |
| INCENDIO | No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. | NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con combustibles. | NO utilizar agua. En caso de incendio en el entorno: polvo, espuma, dióxido de carbono. |
| EXPLOSIÓN | Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, oxidantes, agentes reductores o agua. | | En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua. |
| EXPOSICIÓN | | ¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! | ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS! |
| Inhalación | Corrosivo. Sensación de quemazón. Dolor de garganta. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Síntomas no inmediatos (ver Notas). | Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria. | Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica. |
| Piel | Corrosivo. Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Quemaduras cutáneas graves. | Gautes de protección. Traje de protección. | Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica. |
| Ojos | Corrosivo. Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves. | Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria. | Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica. |
| Ingestión | Corrosivo. Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Shock o colapso. | No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. | Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica. |
| DERRAMES Y FUGAS | | ENVASADO Y ETIQUETADO | |
| Consultar a un experto. ¡Evacuar la zona de peligro! NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. | | Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 35 S: (1/2-)26-30-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II | |
| RESPUESTA DE EMERGENCIA | | ALMACENAMIENTO | |
| Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-805 1830 o 80G C 1-II+III Código NFPA: H3; F0; R2; W | | Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes, alimentos y piensos, materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Puede ser almacenado en contenedores de acero inoxidable. Almacenar en un área con suelo de hormigón resistente a la corrosión. | |
| <div>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005</div> <div><div><div> International Programme on Chemical Safety</div><div> WHO</div><div> ILO</div><div> UNEP</div><div></div><div> MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN</div><div> INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO</div></div></div> | | | |

Fichas Internacionales de Seguridad Química

| <div> <div>ÁCIDO SULFÚRICO</div> <div>ICSC: 0362</div> </div> | |
|---|---|
| DATOS IMPORTANTES | |
| <p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido higroscópico incoloro, aceitoso e inodoro.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de metales más comunes, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo- ver ICSC 0001). Reacciona violentamente con agua y compuestos orgánicos con desprendimiento de calor (véanse Notas). Al calentar se forman humos (o gases) irritantes o tóxicos (óxido de azufre).</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 0.2 mg/m³, Fracción trácica, A2 (sospechoso de ser cancerígeno humano); (ácido sulfúrico contenido en las nieblas de ácidos inorgánicos fuertes) (AC GIH 2005). MAK: (Fracción inhalable) 0.1 mg/m³; Categoría de limitación de pico: I(1); Cancerígeno: categoría 4; Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004).</p> | <p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por pulverización.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN Corrosivo. La sustancia es muy corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del aerosol de esta sustancia puede originar edema pulmonar (ver Notas).</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia. Si las exposiciones al aerosol de esta sustancia son repetidas o prolongadas existe el riesgo de presentar erosiones dentales. Las nieblas de ácidos inorgánicos fuertes que contengan esta sustancia son carcinógenas para los seres humanos.</p> |
| PROPIEDADES FÍSICAS | |
| <p>Punto de ebullición (se descompone): 340°C Punto de fusión: 10°C Densidad relativa (agua =1): 1.8 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 146°C: 0.13 Densidad relativa de vapor (aire =1): 3.4</p> | |
| DATOS AMBIENTALES | |
| La sustancia es nociva para los organismos acuáticos. | |
| NOTAS | |
| <p>Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirle al agua siempre lentamente. Otros números NU: UN1831 Ácido sulfúrico fumante, clase de peligro 8, riesgo subsidiario 6.1, grupo de envasado I; UN1832 Ácido sulfúrico agotado, clase de peligro 8, grupo de envasado II. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2005, ver Límites de exposición, Respuesta de Emergencia, y en enero de 2008: ver Lucha contra incendios.</p> | |
| INFORMACIÓN ADICIONAL | |
| <p>Límites de exposición profesional (INSHT 2014):☐</p> <p>VLA-ED (niebla): 0,05 mg/m³</p> <p>Notas: al seleccionar un método adecuado de control de la exposición, deben tomarse en consideración posibles limitaciones e interferencias que pueden surgir en presencia de otros compuestos de azufre. Agente químico que tiene un valor límite indicativo por la UE. Esta sustancia tiene prohibida total o parcialmente su comercialización y uso como fitosanitario y/o biocida. Véase UNE EN 481: "Atmósferas en los puestos de trabajo; Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles". ☐</p> | |
| NOTA LEGAL | Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española. |
| © IPCS, CE 2005 | |











Fichas Internacionales de Seguridad Química

| PERÓXIDO DE HIDRÓGENO EN SOLUCIÓN >60% | | | ICSC: 0164 Abril 2000 |
|--|---|--|---|
| CAS: RTECS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS: | 7722-84-1 Ver Notas 2015 008-003-00-9 231-765-0 | Hidroperóxido Dióxido de hidrógeno Dióxido de dihidrógeno Agua oxigenada H ₂ O ₂ Masa molecular: 34.0 |   |
| TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN | PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS | PREVENCIÓN | PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS |
| INCENDIO | No combustible. La sustancia puede prender materiales combustibles. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. | NO poner en contacto con agentes combustibles o reductores. NO poner en contacto con superficies calientes. | En caso de incendio en el entorno: agua en grandes cantidades, pulverización con agua. |
| EXPLOSIÓN | Riesgo de incendio y explosión en contacto con calor o catalizadores metálicos. | | En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. |
| EXPOSICIÓN | | ¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! | ¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS! |
| Inhalación | Dolor de garganta. Tos. Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. | Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria. | Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Proporcionar asistencia médica. |
| Piel | Corrosivo. Manchas blancas. Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Dolor. | Guantes de protección. Traje de protección. | Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica. |
| Ojos | Corrosivo. Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras profundas graves. | Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial. | Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica. |
| Ingestión | Dolor de garganta. Dolor abdominal. Distensión abdominal. Náuseas. Vómitos. | No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. | Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica. |
| DERRAMES Y FUGAS | | ENVASADO Y ETIQUETADO | |
| Ventilar. Eliminar el líquido derramado con agua abundante. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración). | | Material especial. Clasificación UE Símbolo: O, C R: 5-8-20/22-35 S: (1/2-)-17-26-28-36/37/39-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 5.1 Riesgos Subsidiarios de las NU: 8 Grupo de Envasado NU: I | |
| RESPUESTA DE EMERGENCIA | | ALMACENAMIENTO | |
| Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-51S2015 Código NFPA: H 2; F 0; R 3; OX | | Separado de sustancias combustibles y reductoras, alimentos y piensos, bases fuertes, metales. Mantener en lugar fresco. Mantener en la oscuridad. Almacenar en contenedor con un sistema de venteo. Almacenar solamente si está estabilizado. | |
| Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005 | | | |
| <div><div><div>IPCS International Programme on Chemical Safety</div><div></div></div><div>MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO</div></div> | | | |

Fichas Internacionales de Seguridad Química

| PERÓXIDO DE HIDRÓGENO EN SOLUCIÓN >60% | | ICSC: 0164 |
|---|--|--|
| DATOS IMPORTANTES | | |
| ESTADO FÍSICO: ASPECTO Líquido incoloro. | | VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión. |
| PELIGROS QUÍMICOS La sustancia se descompone al calentarla suavemente o bajo la influencia de la luz, produciendo oxígeno, que aumenta el peligro de incendio. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores causando peligro de incendio o explosión particularmente en presencia de metales. Ataca a muchas sustancias orgánicas, ej. textiles y papel. | | RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire. |
| LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 1 ppm (como TWA), A3 (ACGIH 2004). MAK: 0.5 ppm, 7.1 mg/m³. Categoría de limitación de pico: I(1). Cancerígeno: categoría 4, Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2005). | | EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva para los ojos y la piel. El vapor irrita el tracto respiratorio. La ingestión de esta sustancia puede producir burbujas de oxígeno (embolia) en la sangre, dando lugar a shock. |
| | | EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la inhalación de concentraciones altas. La sustancia puede afectar al cabello, dando lugar a decoloración. |
| PROPIEDADES FÍSICAS | | |
| Punto de ebullición: 141°C (90%), 125°C (70%) Punto de fusión: -11°C (90%), -39°C (70%) Densidad relativa (agua = 1): 1.4 (90%), 1.3 (70%) Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.2 (90%), 0.1 (70%) Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1 | | Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -1.36 |
| DATOS AMBIENTALES | | |
| La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos. | | |
| NOTAS | | |
| Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). RTECS MX900000 se refiere a solución >90%; MX0887000 se refiere a solución >30%. Otros números NU: 2014 (disolución acuosa al 20-60% de peróxido de hidrógeno): clase de peligro 5.1, riesgo subsidiario 8, grupo de envasado II; 2984 (disolución acuosa al 8-20% de peróxido de hidrógeno): clase de peligro 5.1, grupo de envasado III. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2005: ver Límites de exposición, Clasificación UE, Respuesta de Emergencia. | | |
| INFORMACIÓN ADICIONAL | | |
| Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-ED: 1 ppm; 1,4 mg/m³ | | |
| NOTA LEGAL | | Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española. |
| © IPCS, CE 2005 | | |

Fichas Internacionales de Seguridad Química

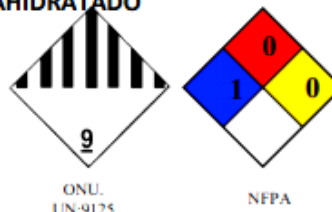
| HIDRÓXIDO DE SODIO | | | ICSC: 0360 Mayo 2010 | |
|--|--|---|---|--|
| CAS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS: | 1310-73-2 1823 011-002-00-6 215-185-5 | Sosa cáustica Hidrato de sodio Sosa NaOH Masa molecular: 40.0 |    | |
| TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN | PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS | PREVENCIÓN | PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS | |
| INCENDIO | No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar calor suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles. | NO poner en contacto con el agua. | En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. | |
| EXPLOSIÓN | Riesgo de incendio y explosión en contacto con: (ver Peligros Químicos). | NO poner en contacto con materiales incompatibles. (Ver Peligros Químicos). | | |
| EXPOSICIÓN | | ¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! | ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS! | |
| Inhalación | Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo. | Extracción localizada o protección respiratoria. | Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica. | |
| Piel | Enrojecimiento. Dolor. Graves quemaduras cutáneas. Ampollas. | Guantes de protección. Traje de protección. | Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica. | |
| Ojos | Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves. | Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria. | Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica. | |
| Ingestión | Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso. | No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. | Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente. | |
| DERRAMES Y FUGAS | | ENVASADO Y ETIQUETADO | | |
| Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. | | No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria. | | |
| RESPUESTA DE EMERGENCIA | | ALMACENAMIENTO | | |
| Código NFPA: H3; F0; R1 | | Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar en el recipiente original. Mantener en lugar seco. Bien cerrado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. | | |
| Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2010 | | | | |
| <div><div></div></div> | | | | |

| HIDRÓXIDO DE SODIO | | ICSC: 0360 |
|--|--|------------|
| DATOS IMPORTANTES | | |
| ESTADO FÍSICO: ASPECTO Sólido blanco e higroscópico, en diversas formas | VÍAS DE EXPOSICIÓN Efectos locales graves | |
| PELIGROS QUÍMICOS La disolución en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible (hidrógeno - ver FISQ:0001). Reacciona con sales de amonio produciendo amoníaco, originando peligro de incendio. El contacto con la humedad o con el agua genera calor. (Ver Notas). | RIESGO DE INHALACIÓN Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa. | |
| LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 2 mg/m ³ (Valor techo) (ACGIH 2010). MAK: 1lb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2009). | EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. | |
| EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. | | |
| PROPIEDADES FÍSICAS | | |
| Punto de ebullición: 1388°C Punto de fusión: 318°C Densidad: 2.1 g/cm ³ | | |
| Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 (muy elevada). | | |
| DATOS AMBIENTALES | | |
| Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente. Debe prestarse atención especial a los organismos acuáticos. | | |
| NOTAS | | |
| El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Otro n° NU: NU1824 Disolución de hidróxido de sodio, clasificación de peligro 8, grupo de envasado II-III. | | |
| INFORMACIÓN ADICIONAL | | |
| Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-EC: 2 mg/m ³ | | |
| NOTA LEGAL | | |
| Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española. | | |
| © IPCS, CE 2010 | | |

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **SULFATO DE HIERRO (II) HEPTAHIDRATADO**

Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

PRODUCTO

Nombre Químico: SULFATO DE HIERRO (II) HEPTAHIDRATADO - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Número CAS: 7782-63-0
Sinónimos: Sulfato ferroso heptahidratado, Sal del ácido sulfúrico de hierro (II) heptahidratada, Vitriolo verde, Caparrosa, Vitriolo de hierro, Sal ferruginosa.

COMPAÑÍA: GTM

Teléfonos de Emergencia

México : +55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
Guatemala: +502 6628 5858
El Salvador: +503 2251 7700
Honduras: +504 2540 2520
Nicaragua: +505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
Costa Rica: +506 2537 0010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
Panamá: +507 512 6182 – Emergencias 9-1-1
Colombia: +018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
Perú: +511 614 65 00
Ecuador: +593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
Argentina +54 115 031 1774

SECCION 2 : COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

SULFATO DE HIERRO (II) HEPTAHIDRATADO

CAS: 7782-63-0

100%

SECCION 3 : IDENTIFICACION DE PELIGROS

Clasificación ONU: Clase 9 Misceláneo

Clasificación NFPA: Salud:1 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación: Causa irritación a las vías respiratorias, nariz y garganta. Los síntomas pueden incluir tos y dificultad para respirar.

Ingestión: Baja toxicidad en pequeñas cantidades, sin embargo, pueden ser tóxicas para los niños. En dosis altas puede causar náuseas, vómitos y diarrea. La coloración rosada de la orina es un fuerte indicador de la intoxicación por hierro. El daño al hígado, coma y muerte por envenenamiento de hierro han sido registrados. Puede causar daños irreversibles en el hígado, bazo y sistema linfático.

Contacto con la piel: Causa irritación a la piel. Los síntomas incluyen enrojecimiento, picazón y dolor.

Contacto con los ojos: Causa irritación, enrojecimiento y dolor.

La exposición crónica: Se han registrado estados de coma y muerte por daños en el hígado por envenenamiento con sulfato de hierro en concentraciones crónicas. El envenenamiento severo o crónico por sulfato ferroso puede dañar los vasos sanguíneos. Grandes dosis causan raquitismo en los niños. La exposición crónica puede causar efectos en el hígado. La exposición prolongada de los ojos puede causar decoloración.

Agravación de condiciones pre-existentes: Las personas con desórdenes cutáneos ya existentes o problemas oculares o función hepática.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Sacar al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Obtener atención médica.

Ingestión: Provocar el vómito inmediatamente como lo indique el personal médico. No dar nada por boca a una persona inconsciente. Obtener atención médica.

Contacto con la piel: Lavar la piel inmediatamente con abundante agua y jabón durante al menos 15 minutos. Quítense la ropa y zapatos contaminados. Obtener atención médica. Lavar la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie completamente los zapatos antes de volver a usarla.

Contacto con los ojos: Enjuagar los ojos con abundante agua durante al menos 15 minutos, el levantamiento de párpados superior e inferior ocasionalmente. Obtener atención médica inmediatamente

Nota para el médico: Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Peligro de incendio y/o explosión: No es combustible. La descomposición a altas temperaturas produce vapores tóxicos e irritantes. No se han evidenciado peligros de explosión del material.

Medios de extinción de incendios: Usar el agente de extinción adecuado según el tipo de incendio del alrededor. Utilizar agua en rocío, polvo químico seco, bióxido de carbono o una espuma adecuada.

Productos de la combustión: Oxidos de azufre.

Precauciones para evitar incendio y/o explosión: Mantener alejado de sustancias incompatibles. Mantener alejado de toda fuente de ignición y calor. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión.

Instrucciones para combatir el fuego: Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Evitar inhalar los humos producidos por la descomposición del producto. Enfriar los contenedores con abundante agua y retirarlos del fuego si puede hacerlo sin peligro. Aplicar agua desde la mayor distancia posible.

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Evacuar o aislar el área de peligro. Eliminar toda fuente de ignición. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Limpiar sobre el área de l derrame de forma que el polvo no se disperse en el aire, reduzca la dispersión humedeciendo con agua. Evitar que el producto entre en contacto con alcantarillados. Recoger e introducir el producto en contenedores secos con cierre hermético. Ventilar el área.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manejo: Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que va a realizar con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, comer o beber en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer la ubicación exacta del equipo de atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente y proteger de daño físico. Manipular lejos de toda fuente de ignición y calor y de sustancias incompatibles. Nunca retornar material contaminado al recipiente original.

Almacenamiento: Lugares ventilados, frescos y secos. Mantener lejos de fuentes de ignición, calor y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Evitar la formación de nubes de polvo. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos puesto que conservan los residuos del producto (polvo, sólidos). Permitir el acceso únicamente a personal autorizado. Inspeccionar periódicamente las áreas de almacenamiento para detectar fugas o daños en los contenedores. Almacenar a temperatura ambiente sin exceder de los 24°C. (El producto se puede oxidar a causa de la fluctuación en la temperatura). No utilice este producto si está cubierto con el sulfato férrico básico (amarillo pardusco).

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles de Ingeniería: Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional o se mantenga lo más baja posible. Considerar la posibilidad de encerrar el proceso. Garantizar el control de las condiciones del proceso. Suministrar aire de reemplazo continuamente para suplir el aire removido. Disponer de duchas y estaciones lavajojos en el área de trabajo.

Protección Personal

Protección de ojos y rostro: Usar gafas de seguridad apropiadas para productos químicos. Si ocurren salpicaduras usar protección facial completa. No utilizar lentes de contacto durante el trabajo con este producto.

Protección de la piel: Usar guantes protectores apropiados para prevenir la exposición de las manos. Usar ropa protectora apropiada (impermeable) para prevenir la exposición de la piel. Usar botas adecuadas.

Protección respiratoria: Usar un respirador de partículas (tipo N95 o filtros mejores de NIOSH), en condiciones de uso donde es evidente la exposición al polvo o a la niebla y los controles de ingeniería no son factibles. Usar un respirador de partículas para todo el rostro (tipo de filtro N100 de NIOSH) hasta 50 veces por debajo del límite de exposición (o cualquier límite de exposición más bajo) o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador. Usar un respirador de filtro R o P de NIOSH si existe exposición a partículas de caite (lubricantes, glicerina, etc.). Advertencia: Los respiradores con aire purificado no se deben usar en atmósferas de oxígeno deficiente.

Casos de emergencia: Usar ropa de protección total y equipo de respiración autónomo (SCBA) con protección facial completa en el modo de demanda positiva de oxígeno.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Aspecto: Sólido, gránulos o cristales de color gris o verde azulado o amarillo pardo. Sabor salino (solución en agua).

Olor: Inodoro.

Solubilidad: 48,6 g/100 g de agua @ 50C (122F). Soluble en agua. Insoluble en alcohol.

Densidad específica (agua=1): 1,90

pH: 3.7 (solución al 10%)

Punto de ebullición: > 300C (> 572F) se descompone.

Punto de fusión: 57C (135F) pierde agua

Densidad de vapor (Aire = 1): No se encontró información.

Presión de Vapor (mm Hg): No se encontró información.

Tasa de evaporación (BuAc = 1): No se encontró información.

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Pierde agua en aire seco y se oxida si se expone a la humedad formando un revestimiento café de sulfato férrico extremadamente corrosivo.

Condiciones a evitar: Materiales incompatibles, luz, altas temperaturas, humedad, aire y generación de polvo.

Incompatibilidad con otros materiales: Aire, bases fuertes carbonatadas, sales de oro, acetato de plomo, potasio, yoduro de potasio, sales de plata, borato de sodio, tartratos de sodio y taninos. En contacto con la humedad oxida a sulfato férrico.

Productos de descomposición peligrosos: Vapores irritantes y tóxicos, óxidos de azufre.

Polimerización peligrosa: No ocurrirá.

SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

DL50 (oral, ratón): 1520 mg/Kg

DL50 (intravenosa, ratón): 51 mg/Kg

Cancerogenicidad: No se encuentra reportado por ACGIH, IARC, NIOSH, NTP u OSHA.

Mutagenicidad: Mutación microbio (E. coli) = 0.030 mmol/L

No hay información disponible sobre epidemiología, teratogenicidad, efectos reproductivos, neurotoxicidad, ni mutagenicidad.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

CL50 (Camarón, agua salada): 56 ppm / 48 horas. No son especificadas las condiciones de la prueba biológica. Sustancia peligrosa para el medio ambiente.

SECCION 13 : CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Tratamientos de residuos:

Tratar según legislación vigente

Eliminación de envases:

Lavar y descartar según legislación vigente

SECCION 14 : INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Etiqueta blanca y negra de mercancías peligrosas para el medio ambiente. Clase Un 9.2. No transportar con materiales incompatibles. Mantener los envases cerrados. No transportar con alimentos.

Nombre de Transportación: Sulfato Ferroso

Clase: 9 – Misceláneos

Grupo Envase: II

UN: 9125

SECCION 15 : INFORMACION REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04

Costa Rica: Decreto Nº 28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

SECCION 16 : INFORMACION ADICIONAL

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.