

185  
2g.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

EVALUACION DEL PROCESO DE OBTENCION DE  
HIDROSULFURO DE SODIO EN LA INDUSTRIA  
DE LUBRICANTES PARA AUTOMOTORES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A  
JOSE ANTONIO ZUÑIGA GARCIA

MEXICO, D.F.

54621  
1998

TESIS CON  
FOLIO DE ORIGEN





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**


|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| PRESIDENTE    | Prof. Carlos Héctor Mena-Brito Flores |
| VOCAL         | Prof. Ramón Domínguez Betancourt      |
| SECRETARIO    | Prof. José Sabino Sámano Castillo     |
| 1er. SUPLENTE | Prof. Luis Sánchez Gallo              |
| 2º. SUPLENTE  | Prof. José Luis López Martínez        |

**SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:**

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM  
ADITIVOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.

**ASESOR DEL TEMA:**

M. en I. José Sabino Sámano Castillo

  
\_\_\_\_\_

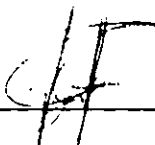
**SUPERVISOR TÉCNICO:**

M. en I. Judith Guadalupe Ramos Hernández

  
\_\_\_\_\_

**SUSTENTANTE:**

José Antonio Zúñiga García

  
\_\_\_\_\_

# CONTENIDO

---

|   | PAG.      |
|---|-----------|
| LISTA DE TABLAS   |           |
| LISTA DE FIGURAS  |           |
| LISTA DE CUADROS  |           |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN</b>  | <b>1</b>  |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2.1 Generalidades del Hidrosulfuro de Sodio (NaHS)</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2.2 Métodos de obtención</b>   | <b>6</b>  |
| <i>2.2.1 Proceso para la producción de sulfuro de sodio e hidrosulfuro de alta pureza</i>   | <i>7</i>  |
| <i>2.2.2 Proceso para la obtención de sulfuro e hidrosulfuro de sodio a partir de hidróxido de sodio y ácido Sulfhídrico desechos de las Refinerías</i> | <i>7</i>  |
| <i>2.2.3 Proceso para la producción continua de soluciones de hidrosulfuro de sodio</i>   | <i>9</i>  |
| <i>2.2.4 Proceso para la obtención de hidrosulfuro de sodio.</i>  | <i>9</i>  |
| <i>2.2.5 Proceso para la obtención de soluciones de hidrosulfuro de sodio.</i>  | <i>10</i> |
| <b>2.3 Usos industriales</b>  | <b>14</b> |
| <i>2.3.1 Proceso para el curtido de piel</i>  | <i>14</i> |
| 2.3.1.1 Almacenamiento  | 16        |
| 2.3.1.2 Preparación preliminar  | 16        |
| 2.3.1.3 Depilado  | 17        |
| 2.3.1.4 Acabado   | 20        |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3 OBTENCIÓN DEL HIDROSULFURO DE SODIO</b>   | <b>21</b> |
| <b>3.1 Descripción del proceso de generación del ácido sulfhídrico</b>  | <b>21</b> |
| <b>3.2 Proceso de neutralización</b>  | <b>23</b> |
| <i>3.2.1 Descripción de operación del proceso</i>   | <i>25</i> |
| <b>3.3 Resultados obtenidos en la producción de hidrosulfuro de sodio</b>   | <b>28</b> |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4 EVALUACIÓN DEL MERCADO PARA EL NaHS</b>   | <b>36</b> |
| <b>4.1 Situación de la industria en México</b>  | <b>36</b> |
| <i>4.1.1 Programa de Política Industrial y Comercio Exterior</i>  | <i>37</i> |
| <i>4.1.2 Infraestructura física y tecnológica</i>   | <i>38</i> |
| <i>4.1.3 Promoción de exportaciones</i>   | <i>39</i> |
| <b>4.2 Revisión del mercado de la industria de la curtiduría.</b>   | <b>40</b> |
| <b>4.3 Mercado para la producción del hidrosulfuro de sodio</b>   | <b>44</b> |
| <i>4.3.1 Ventajas económicas para la industria de los aditivos.</i>   | <i>45</i> |

---

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.2 <i>Ventajas económicas para la industria de la curtiduría</i>           | 46        |
| 4.3.3 <i>Ejemplo de uso en una tenería.</i>                                   | 48        |
| <b>CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD</b>                  | <b>49</b> |
| <b>5.1 Seguridad en la industria química</b>                                  | <b>49</b> |
| 5.1.1 <i>Definición de riesgo</i>   | 50        |
| 5.1.2 <i>Revisión de la seguridad en el proceso</i>                           | 50        |
| <b>5.2 Administración de la seguridad</b>                                     | <b>53</b> |
| <b>5.3 Seguridad del sistema de tratamiento de ácido sulfhídrico con sosa</b> | <b>54</b> |
|   | 70        |
| <b>CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES</b>                   |           |
| <b>6.1 Sistemas regulatorios</b>  | <b>70</b> |
| 6.1.1 <i>Normas voluntarias</i>   | 71        |
| 6.1.2 <i>Herramientas para cumplir la normatividad</i>                        | 72        |
| 6.1.2.1 <i>Estudios de Impacto Ambiental</i>                                  | 72        |
| 6.1.2.2 <i>Auditorías ambientales (AA)</i>                                    | 73        |
| <b>6.2 Actividades para el control ambiental en la producción de HNaS</b>     | <b>75</b> |
| 6.2.1 <i>Disminución de recursos energéticos</i>                              | 76        |
| 6.2.2 <i>Liberación de SO<sub>2</sub> a la atmósfera</i>                      | 76        |
| 6.2.3 <i>Reducción del consumo de agua</i>                                    | 77        |
| 6.2.4 <i>Eliminación de la disposición de sosa agotada</i>                    | 77        |
| <b>CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES</b>  | <b>81</b> |
| <b>CAPÍTULO 8 BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>85</b> |

## LISTA DE TABLAS

---

---

|  | PAG |
|--|-----|
| TABLA 1 RESUMEN DE LAS PATENTES PARA LA RODUCCIÓN DE HIDROSULFURO DE SODIO       | 11  |
| TABLA 2 PRINCIPALES PROVEEDORES DE MÉXICO.                                       | 41  |
| TABLA 3 PRINCIPALES ABASTECEDORES DE ESTADOS UNIDOS                              | 42  |
| TABLA 4 PRINCIPALES PRODUCTOS IMPORTADOS PROVENIENTES DE MEXICO A ESTADOS UNIDOS | 43  |
| TABLA 5 PRINCIPALES ABASTECEDORES DE IMPORTACIONES DE CURTIDURIA A CANADA        | 43  |
| TABLA 6 DISPOSICIÓN DE SOSA AGOTADA  | 46  |
| TABLA 7 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE GERENCIA DE RIESGOS                           | 51  |
| TABLA 8 PRINCIPALES MÉTODOS UTILIZADOS EN LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.          | 52  |
| TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN   | 58  |
| TABLA 10 LÍNEA SELECCIONADA: CARGA DE SOSA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO           | 67  |
| TABLA 11 LÍNEA SELECCIONADA: DE ALIMENTACIÓN A EYECTOR Y RETORNO AL TANQUE       | 68  |

## LISTA DE FIGURAS

---

---

|   | PAG |
|---|-----|
| Figura 1 Proceso de curtido de la piel  | 15  |
| Figura 2 Metodología del análisis HAZOP | 54  |

## LISTA DE CUADROS

---

|          |  | PAG |
|----------|--|-----|
| CUADRO 1 | Hojas de resultados para el seguimiento del proceso de NaHS  | 29  |
| CUADRO 2 | Resultados obtenidos para el Lote 98   | 32  |
| CUADRO 3 | Resultados obtenidos para el Lote 100  | 33  |
| CUADRO 4 | Resultados obtenidos para el Lote 101  | 34  |
| CUADRO 5 | Resultados obtenidos para el Lote 104  | 35  |
| CUADRO 6 | Estudio de los gases del incinerador empleando el sistema de neutralización como una operación de respaldo           | 87  |
| CUADRO 7 | Propuesta para la disposición de sosa gastada del sistema de neutralización analizado como una operación de respaldo | 88  |

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

---

La crisis económica, que con diferente intensidad y matices ha vivido el país en la última década, representa una nueva etapa en la que las empresas tendrán que replantear sus principios y estructuras de organización y sus tecnologías y estilos de trabajo, que en múltiples casos ya resultan obsoletos ante el nuevo marco de necesidades del país.

Bajo esta premisa, México requiere impulsar un crecimiento económico sostenido a fin de generar más y mejores empleos y alcanzar los niveles de bienestar que demanda la sociedad. Es previsible que el cambio a efectuar no sea parcial (líneas específicas de producción, arreglos para prevenir y controlar la contaminación o en áreas determinadas de la administración), es posible que sea total; y si bien podrá llevarse en etapas, tendrá que ser consistente y rápido para que la realidad no rebase a las empresas.

Para afrontar este desafío, se ha buscado la implementación de una planta productiva moderna y eficiente, la cual además deberá satisfacer el mercado interno y participar exitosamente en los mercados internacionales. Como respuesta, la competitividad surge como una medida necesaria para alcanzar tales propósitos. Esta se fundamenta no sólo en los factores productivos de bajo costo, el esfuerzo aislado de empresas o industrias, o la sola acción de las fuerzas del mercado, sino que conjuntamente con otros factores, se deben coordinar y complementar, a través del Estado, el cual deberá plasmarlos en políticas públicas de alta eficacia y promotoras de la industria.

Uno de los avances del Gobierno Federal a este respecto es la implementación del Programa de Política Industrial y Comercio Exterior, mediante el cual se han establecido las estrategias y líneas de acción que conforman una política industrial de largo plazo, activa, integral y dinámica. Esta política ha permitido que los factores generadores de la competitividad crezcan y que se dé respaldo al esfuerzo de los sectores productivos, por medio de la creación de un entorno competitivo, además debe apoyar el fortalecimiento de las empresas, mediante la disminución de los costos de transacción y de información, la disponibilidad de opciones tecnológicas, el estímulo al aprovechamiento de la dotación de factores del país y el impulso de una cultura de internacionalización y calidad total.

El objetivo de la tesis es ofrecer una materia prima nacional, *hidrosulfuro de sodio*, a la industria de la curtiduría a partir de la de aditivos, de manera que ambas industrias obtengan un beneficio mutuo. Esto es, para los curtidores favoreciendo un menor



consumo de la sustancia de importación, lo que a su vez abatirá el precio para la producción de cuero sin deteriorar la calidad del producto. Mientras que para los fabricantes de lubricantes además de lograr un crecimiento industrial y económico, podrán facilitar, en forma satisfactoria, las prácticas de seguridad y protección ambiental al disminuir el riesgo asociado en la producción de ácido sulfhídrico, consumos energéticos y la disposición de residuos.

En general, la tesis propone una alternativa a través de la cual la industria de los lubricantes impida la contaminación del ambiente (liberación de óxidos de azufre) y el ácido sulfhídrico generado como subproducto tenga un uso final como materia prima en industrias de giros diferentes.

Para cumplir con el objetivo planteado es necesario establecer que la industria de lubricantes cuenta con un sistema neutralizador con sosa, método por el cual se genera el hidrosulfuro de sodio, el cual era considerado como un sistema de respaldo para cuando el incinerador de gases fallara o bien requiriera mantenimiento. Este sistema de respaldo se instaló para mejorar el contacto entre el gas (ácido sulfhídrico) y el líquido (sosa), de manera que se tuviera un producto comercializable (sulfuro de sodio). Sin embargo, nunca se operó de tal forma y si genero un residuo que era necesario disponer ya que los compuestos que lo forman (sulfuro de sodio y trazas de hidrosulfuro de sodio) son considerados de alto riesgo aún en condiciones diluidas y requieren del confinamiento para su disposición final. Aunado a esto, el sistema presentaba problemas para mantener la sosa ya que al cambiar el flujo de los gases hacia el incinerador se tenía un incremento de presión, lo que ocasionaba que la sosa pasará directamente al incinerador de gases dañando el sistema de aislamiento (cerámica interna) y taponándolo continuamente con cristales de sulfuro de sodio.

Con el planteamiento hecho en la tesis el sistema de neutralización pasó de un proceso de respaldo a uno productivo.

Para la integración del sistema para la generación de hidrosulfuro de sodio, sólo fue necesario realizar algunas modificaciones menores que consistieron en

- Impedir el paso de la sosa al incinerado por medio de una pequeña corriente de aire para garantizar que el sistema no se presione cuando se desvíen los gases hacia el incinerador.
- Bajar la concentración de sosa libre para evitar que se formaran los cristales de sulfuro de sodio pero dejar la concentración de sosa mínima necesaria para que el curtidor pudiera emplearla.

- Para la operación de los eyectores de vapor ya que el hidroeyector proporciona el vacío necesario para llevar a cabo la reacción, con lo que se evita la dilución del producto de reacción con los condensados de los eyectores y,
- Llevar la reacción hasta que la concentración de sulfuro de sodio es cero.

Es importante resaltar que en el personal que opera el sistema, la generación de un material comercializable se traduce en mejores ingresos tanto para la compañía como para ellos mismos.

Un factor de peso en el establecimiento del proceso para generar el hidrosulfuro de sodio es que no sólo evita daños al medio ambiente sino que ofrece importantes reducciones para un control más amplio de la contaminación. Dichas ventajas se enumeran en:

- Eliminación de emisiones de  $\text{SO}_2$  a la atmósfera durante la producción de aditivos.
- Conversión de un residuo en un producto comercializable y rentable.
- Ahorro energético al no operar una caldera.
- Disminución del consumo de agua y en la generación de agua residual.
- Abatimiento en el consumo de combustible para alcanzar la temperatura de oxidación del ácido sulfhídrico.

Con respecto al posicionamiento de la industria, es importante señalar que en México hay tres compañías que venden aditivos para aceites lubricantes y de éstas solo una las fabrica, además de contar con los requerimientos para generar hidrosulfuro de sodio. En general, la producción de aditivos se distribuye en un 50% para el mercado nacional y, el otro 50%, para el mercado extranjero. Los países que reciben dichas exportaciones son: Estados Unidos, Japón, Francia y Cuba

Una de las principales estrategias a seguir es conocer ampliamente el mercado al cual va dirigido el producto terminado, en este caso el mercado está representado por la Industria de la Curtiduría. Cabe recordar que la planta de aditivos se dedica a vender aditivos y no materias primas para tenerías por lo que no hay experiencia en este mercado.

La implementación del sistema para la producción de hidrosulfuro de sodio tan sólo consiste en un cambio de la filosofía de operación y administración que se ha tenido durante décadas en la industria, es decir, aprovechar los subproductos obtenidos por el sistema y proporcionar una materia prima con un alto grado de comercialización.

Entre las ventajas económicas que resaltan se encuentran

1. Ahorro de energéticos y, por tanto, del costo de operación de los eyectores y del generador de vapor
1. Ahorro por dejar de disponer un material, subproducto del sistema de producción de aditivos
2. Rescate del valor del equipo existente por la producción de un producto (NaHS) con un mercado potencial definido. Esto es, los costos financieros de un activo fijo se justifican desde el momento en que se convierte en un proceso productivo o por lo menos que se emplea.
3. Ahorro de disposición al no generar subproductos

Finalmente, la comercialización adecuada redituará en ofrecer un producto de la calidad requerida por el mercado a un precio que permita competir ante las compañías importadoras del NaHS.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La industria química, como componente importante y dinámico de la economía nacional, se encuentra en estrecha vinculación con su comportamiento y desarrollo. La industria cubre un sin número de productos, los cuales son el punto de partida para la fabricación de una gran cantidad de compuestos, necesarios todos ellos en industrias con giros diversos.

En el capítulo se analizarán las propiedades del hidrosulfuro de sodio, las formas de producción del compuesto y su empleo en la industria de la Curtiduría, mercado para la comercialización del producto.

### **2.1 Generalidades del Hidrosulfuro de Sodio (NaHS)**

La fórmula del hidrosulfuro de sodio es: NaHS. Los porcentajes de los componentes son H=1.80%, Na=41.02%, S=57.18%, su peso molecular es 56.06 g, su densidad es 1.79 g/cm<sup>3</sup> y posee una estructura romboédrica.

Esta sustancia tiene diferentes nombres algunos de ellos son: bisulfuro de sodio, sulfuro de hidrógeno de sodio, sulfhidrato de sodio, sulfuro de sodio hidrogenado o mercaptano sódico (Richardson y Gangolli, 1994).

El NaHS es un polvo cristalino granular de color blanco e incoloro. Presenta el olor característico del ácido sulfhídrico (huevos podridos). Es higroscópico, muy soluble en agua y moderadamente soluble en etano y éter dietílico. Con la dimetilformamida forma una solución azul-grisácea. El hidrosulfuro de sodio puro se disuelve en ácido clorhídrico con fuerte desprendimiento de ácido sulfhídrico y formación de una solución clara. Se torna amarillo calentando en aire seco, cambiando a naranja a grandes temperaturas. Es rápidamente hidrolizado en aire húmedo a hidróxido de sodio y sulfuro de sodio. Productos viejos o caducos dan soluciones opalescentes de color amarillo débil.

Funde a unos 350°C con formación de un líquido negro. Son conocidos dos hidratos : el dihidrato (NaHS 2H<sub>2</sub>O) que tiene un punto de fusión de 55°C (producto comercial) y el trihidrato (NaHS 3H<sub>2</sub>O) que posee un punto de fusión de 22°C.

El producto comercial del hidrosulfuro de sodio se presenta en diferentes tonalidades de amarillo. Por lo común se vende en escamas al 70-72% y, en soluciones al 44-60%. El producto en escamas es envasado en tambores y en solución en carros tanque o pipas.

El número es CAS<sup>1</sup> para el sulfhidrato de sodio es 16721-80-5. Con respecto a la *exposición ocupacional*, recibe dos números de las Naciones Unidas<sup>2</sup>, UN: 2318 para menos de 25% de agua para cristalización y, 2949 para más del 25% de agua para cristalización. Para el transporte por carretera se clasifica como una sustancia combustible espontánea con <25% de agua para cristalización y corrosiva para >25% de agua de cristalización (Richardson y Gangolli, 1994).

Los niveles de toxicidad establecidos con ratas de laboratorio son (Richardson y Gangolli, 1994):

- LD<sub>50</sub> para el área interperitoneal en ratones y ratas, de 18 y 30 mg/kg, respectivamente.
- LD<sub>50</sub> para la piel subcutánea de 200 mg/kg

Esta sustancia está limitada bajo la *EC Directive on Drinking Water Quality* con el registro 80/778/ECC. Además, el sodio debe cumplir con un nivel guía de 20 mg/L y, la concentración máxima admisible es de 150 mg/L (Richardson y Gangolli, 1994).

## 2.2 Métodos de obtención

Existen diversos métodos de obtención del hidrosulfuro de sodio, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

---

<sup>1</sup> CAS (*Chemical Abstracts Service Registry Number*). Número secuencial adoptado por el *Chemical Abstracts Service (American Chemical Society, Columbus, Ohio, USA)* para la identificación única de sustancias químicas específicas.

<sup>2</sup> UN number). Código de cuatro figuras usadas para identificar las sustancias químicas peligrosas y para identificar el medio de transporte (carretera, ferrocarril, mar y aire).

### 2.2.1 *Proceso para la producción de sulfuro de sodio e hidrosulfuro de alta pureza.*

#### Patente Americana 2 252 867

Fecha de registro: 21 de Abril de 1939

James S. Scence y Charles T. Berlinghoff Niagara Falls, N. Y.

Cedida a Hooker Electrochemical Co. En New York, N. Y.

El proceso comprende el tratamiento de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) u otro metal alcalino con 70-78% de grado comercial y con una contaminación relativamente alta por metales con ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) hasta que el hidróxido ha sido completamente convertido a hidrosulfuro de sodio (NaHS) o al correspondiente hidrosulfuro del metal alcalino, con cambio de color café rojizo a verde oscuro. El ácido sulfhídrico se burbujea a través de la solución continuando dicho tratamiento durante un periodo prolongado, hasta que la contaminación por metales sature el hidrosulfuro, el cual al reaccionar genera sulfuros. Estos más tarde se transforman de una presentación coloidal a un precipitado fácilmente filtrable. El precipitado filtrado proporciona, el hidrosulfuro purificado, el cual se hace reaccionar con hidróxido de sodio de alta concentración y bajo contenido de metales, genera sulfuro.

Esta tecnología requiere básicamente de un reactor, equipo de filtración, tanque de agitación y equipo para la adición de sosa cáustica. Con respecto a las materias primas se requiere de un hidróxido de sodio con pureza comercial para la primera etapa y, para la segunda deberá tener una bajo contenido de metales.

### 2.2.2 *Proceso para la obtención de sulfuro e hidrosulfuro de sodio a partir de hidróxido de sodio y ácido sulfhídrico desechos de las refinerías.*

#### No presenta trámite de patente

Ko Fijii y Eiden Takeda

Kagahu Kojo 11 (5), 81-4 C 1967

Japón

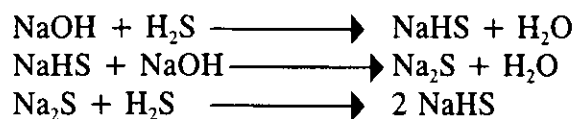
El hidróxido de sodio contenido en el licor de desecho, con una densidad relativa de 1.150, presenta una composición típica de:

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| NaOH              | 10.5% en peso |
| Na <sub>2</sub> S | 4.3% en peso  |
| NaCO <sub>3</sub> | 0.6% en peso  |
| Fenoles           | 10.3% en peso |
| Mercaptanos       | 2.1% en peso  |
| Otros             | 72.2% en peso |

Por su parte, el gas de desecho conteniendo ácido sulfhídrico tiene una composición típica de:

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| H <sub>2</sub> S | 74.73 % en peso |
| CO <sub>2</sub>  | 10.42 % en peso |
| Hidrocarburos    | 14.65 % en peso |
| SO <sub>2</sub>  | 0.10 % en peso  |

Tanto el licor y el gas de desecho obtenidos en las refinerías de petróleo, se utilizan para obtener hidrosulfuro de sodio. Este se produce por el contacto entre el licor desecho y el gas



En la columna contactora se separa el destilado, compuesto de fenoles y de 20 a 400% de mercaptanos, y el residuo con un contenido de 18-20% en peso de hidrosulfuro de sodio. Posteriormente, se concentra el residuo hasta la siguiente composición:

|   |                 |
|---|-----------------|
| NaHS  | 71.52 % en peso |
| Na <sub>2</sub> S   | 3.65 % en peso  |
| Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>                 | 1.02 % en peso  |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                               | 0.70 % en peso  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.001 % en peso |
| HCl   | 0.005 % en peso |

Se debe tener cuidado durante el contacto ya que la generación de carbonato de sodio puede cambiar el desplazamiento de la reacción y favorecer la producción de hidróxido de amonio. Esto se resuelve manteniendo la temperatura de la reacción por encima de los 70° y 100°C.

Durante la reacción, la concentración de sulfuro de sodio pasa a un máximo donde el pH, densidad relativa y las concentraciones de hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio decrecen, mientras que las concentraciones de hidrosulfuro de sodio y bicarbonato de sodio aumentan con el tiempo.

La operación de una planta en la que se utilice este proceso, puede operarse con un sistema intermitente o continuo.

### 2.2.3 *Proceso para la producción continua de soluciones de hidrosulfuro de sodio*

Fecha de Registro: 6 de Septiembre de 1967

Germendouk, Roll, Pessel, Horst. (Bayer)

Alemania 1,300,909 (CR,C1B) 14 de Agosto de 1969

Mediante este proceso se puede obtener una solución que contenga un 30% de hidrosulfuro de sodio y un 1% de sulfuro de sodio. El proceso se basa en que la reacción se lleva a cabo en dos etapas de absorción.

En la primera etapa, para obtener la solución de hidrosulfuro de sodio se pone en contacto una solución de ácido sulfhídrico gaseoso, a una temperatura de 15-25% °C, con una corriente de solución acuosa de hidróxido de sodio-sulfuro de sodio. Los productos de esta reacción son 2-7 g de hidrosulfuro de sodio y 0-150 g de sulfuro de sodio. El residuo de ácido se absorbe en una solución de hidróxido de sodio-sulfuro de sodio de la misma concentración estequiométrica de la primera solución.

Posteriormente, se reciclan los productos obtenidos en la primera adsorción y se hacen reaccionar con más solución de hidróxido de sodio-sulfuro de sodio. La recirculación se hace a una relación de 1.15 para mantener el sulfuro de sodio a una concentración de 40g/kg.

El ácido Sulfhídrico introducido en la primera columna genera una solución con un contenido de 30% de hidrosulfuro de sodio y 1% de sulfuro de sodio. La temperatura de las soluciones de absorción se mantiene a 25°C.

### 2.2.4 *Proceso para la obtención de hidrosulfuro de sodio.*

Número de Patente: 162397

Fecha de Registro: 26 de Febrero de 1971

Alikin, G. Ya.; Bronuo, V.N.; Olulou, A.D.;

Reahetmikou, V., Dombrounskil, U.S., Medem, U.M.

(Novo-Troitak Chromiun Compound Plant)

Rusia 394,297 (Cl.CL) 22 de Agosto de 1973

dle Otkrytiya, Isobret, Prom, Obraztky, Tovarnye

Znaki 1973 5 0, (34), 69

El hidrosulfuro de sodio se obtiene tratando soluciones de sosa con ácido sulfhídrico a distintos incrementos de temperatura con una subsecuente evaporación para uso de soluciones alcalinas de refinerías de petróleo. El ácido sulfhídrico se lleva a una concentración de 70-80% con un pH de 8.5-8.7. La solución se evapora en dos etapas



con un filtración intermedia, para obtener la separación completa del licor madre y algunos cristales de poca calidad o burdos. La evaporación durante la primera etapa se lleva a cabo hasta que el hidrosulfuro de sodio tenga una concentración de 35.47%, mientras que en la segunda hasta un 66-80%.

#### *2.2.5 Proceso para la obtención de soluciones de hidrosulfuro de sodio.*

Número de Patente: 293-629

Fecha de registro: 13 de Octubre de 1972

Jackson, Romie Devell (Lion Oil Co.)

U.S. 3,839, 548 (Cl,423-560; Bold) 1º de Octubre de 1974.

Las refinerías de petróleo obtienen gas amargo que contiene ácido sulfhídrico y dióxido de carbono, este gas se pone en contacto con una solución acuosa de hidróxido de sodio de 20-44%, bajo condiciones tales, que permitan una absorción selectiva del ácido sulfhídrico, con una virtual exclusión de absorción de CO<sub>2</sub>. Un vapor en flujo turbulento de gas amargo en contracorriente con una delgada película de la solución de hidróxido de sodio mantiene una interfase bien definida entre el gas y el líquido.

La velocidad lineal del gas es de 80-120 pies/segundo y el tiempo de contacto es de 0.2-2 segundos. Este proceso produce una solución acuosa conteniendo 28-32% de hidrosulfuro de sodio conteniendo como máximo 1% de carbonato de sodio. Estas soluciones son especialmente apropiadas para utilizarse en la manufactura de papel empleando el proceso del sulfato.

La TABLA 1 muestra un resumen de las patentes expuestas. Como se puede observar las patentes en su mayoría son referidas a subproductos generados en la industria de la refinería. Es importante resaltar la falta de información referente a diversas alternativas de obtención del hidrosulfuro de sodio. Incluso dentro de los aranceles aplicados a sustancias que ingresan al país, el hidrosulfuro se cataloga como sustancias inorgánicas empleadas en la industria del cuero (Diario Oficial de la Federación, 15/12/1995).

**TABLA I RESUMEN DE LAS PATENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDROSULFURO DE SODIO**

| No. PATENTE  | NOMBRE   | TECNOLOGÍA   | REACTIVOS   | PRODUCTOS   |
|--|--|--|---|---|
| <p>Americana<br/>2 252 867<br/>21/04/1939</p>  | <p><i>Proceso para la producción de sulfuro de sodio e hidrosulfuro de alta pureza</i></p>   | <p>Tratamiento en un burbujeador de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) u otro metal alcalino con 70-78% de grado comercial y con una contaminación relativamente alta por metales con ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) hasta que el hidróxido ha sido completamente convertido a hidrosulfuro de sodio (NaHS) o al correspondiente hidrosulfuro del metal alcalino.</p> | <p>Hidróxido de sodio con pureza comercial para la primera etapa y, para la segunda deberá tener una bajo contenido de metales.</p> | <p>Hidrosulfuro de algún metal alcalino purificado</p>  |
| <p>Japón<br/>Sin trámite de patente<br/>Ko Fijiji y Eiden<br/>Takeda<br/>Kagahu Kojo 11<br/>(5), 81-4 C 1967</p> | <p><i>Proceso para la obtención de sulfuro e hidrosulfuro de sodio a partir de hidróxido de sodio y ácido sulfhídrico desechos de las refinarias</i></p> | <p>Tanto el licor y el gas de desecho obtenidos en las refinarias de petróleo, se utilizan para obtener hidrosulfuro de sodio. Este se produce por el contacto entre el licor desecho y el gas</p>   | <p>El hidróxido de sodio contenido en el licor de desecho y gas de desecho conteniendo ácido sulfhídrico</p>                        | <p>En la columna contactora se separa el destilado, compuesto de fenoles y de 20 a 400% de mercaptanos, y el residuo con un contenido de 18-20% en peso de hidrosulfuro de sodio. Posteriormente, se concentra el residuo hasta la siguiente composición:</p> |

TABLA 1 RESUMEN DE LAS PATENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDROSULFURO DE SODIO

| No. PATENTE   | NOMBRE   | TECNOLOGÍA  | REACTIVOS   | PRODUCTOS   |
|---|--|---|---|---|
| Alemania<br>Germendouk,<br>Roll, Pessel,<br>Horst. (Bayer)<br>1,300,909<br>(CR,C1B)<br>6/09/1967  | <i>Proceso para la producción continua de soluciones hidrosulfuro de sodio</i> | El proceso se basa en que la reacción se lleva a cabo en dos etapas de absorción.<br><br>En la primera etapa, para obtener la solución de hidrosulfuro de sodio. Posteriormente, se reciclan los productos obtenidos en la primera adsorción y se hacen reaccionar con más solución de hidróxido de sodio-sulfuro de sodio. | ácido sulfhídrico gaseoso, a una temperatura de 15-25°C, con una corriente de solución acuosa de hidróxido de sulfuro de sodio. | Solución con un 30% de hidrosulfuro de sodio y un 1% de sulfuro de sodio.                               |
| Estados Unidos<br>162397<br>Alikin, G. Ya.;<br>Bronuo, V.N.;<br>Olulou, A.D.;<br>Reahetmikou,<br>V., Dombrounskil<br>, Medem, U.M.<br>26/02/1971<br><br>Rusia<br>394297<br>Otkrytiya,<br>Isobret, Prom,<br>Obraziky,<br>Tovarnye<br>Znaki 1973 5 0,<br>(34), 69<br>22/08/1973 | <i>Proceso para la obtención de hidrosulfuro de sodio</i>                      | Se tratan soluciones de sosa con ácido sulfhídrico a distintos incrementos de temperatura con una subsecuente evaporación para uso de soluciones alcalinas de refinarias de petróleo.   | Sosa y ácido sulfhídrico  | El hidrosulfuro de sodio tenga una concentración de 35.47%, mientras que en la segunda hasta un 66-80%. |

| TABLA 1 RESUMEN DE LAS PATENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDROSULFURO DE SODIO |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
| No. PATENTE   | NOMBRE  | TECNOLOGÍA  | REACTIVOS   | PRODUCTOS  |
| Estados Unidos<br>293-629<br>Jackson, Romie<br>Devell<br>13/10/1972         | <i>Proceso para la obtención de soluciones hidrosulfuro de sodio.</i> | El gas amargo se pone en contacto con una solución acuosa de hidróxido de sodio de 20-44%, bajo condiciones tales, que permitan una absorción selectiva del ácido sulfhídrico | Gas amargo que contiene ácido sulfhídrico y dióxido de carbono, | Solución acuosa conteniendo 28-32% de hidrosulfuro de sodio conteniendo como máximo 1% de carbonato de sodio.. |

### 2.3 Usos industriales

El sulfhidrato de sodio (NaHS) es un compuesto que se utiliza básicamente en: la industria del curtido de pieles, industria minera, manufactura de tintes con contenido de azufre y, en la fabricación de algunos compuestos como son las tiamidas, la tiourea, el ácido tinglicólico, ácidos tio y ditiobenzoidos y tiosulfato de sodio.

En la industria del curtido de la piel se utiliza para el depilado del cuero, además de suavizar la piel y dejarla en condiciones óptimas para el curtido. La industria minera lo utiliza en flotación, proceso por medio del cual se hacen subir selectivamente las partículas de uno o varios minerales o compuestos químicos suspendidos en una lechada a la superficie de la misma por la acción de burbujas de aire dentro del tanque donde se encuentran confinados. Las partículas seleccionadas son recogidas por la espuma formada en la superficie del tanque y se retiran junto con esta, mientras que las partículas que no suben, permanecen en el líquido y se extraen por el fondo del tanque.

A continuación se analizará con mayor detenimiento el proceso de curtido de pieles y el uso que se da al hidrosulfuro de sodio en él.

#### *2.3.1 Proceso para el curtido de piel*

El curtido de pieles es tan antiguo como el hombre en sí y, esto debido a que forma parte de los insumos humanos que han hecho de los productos de la piel artículos que van de lo esencial hasta artículos de lujo.

El proceso de las tenerías se desarrollo empíricamente. Sin embargo, conforme el hombre se ha modernizado los procesos se hacen cada vez más eficientes gracias a organizaciones que han realizado una serie de estudios, cuyo fin ha sido la recopilación de información que tiene cada tenería y entregarla a científicos que la analizan para desarrollar procesos actuales.

La piel animal es coproducto de la industria de cárnicos. En ocasiones hay animales que por deficiencias o enfermedades no es posible su consumo humano o animal, pero sí puede aprovecharse su piel.

La piel, tal como existe en los animales, es algo más que una simple cubierta, y contiene diversos órganos, tanto de la sensibilidad como de la secreción. En general, la piel es una combinación de proteínas, grasas, carbohidratos, sales inorgánicas y agua.

El curtido tiene por objeto evitar la putrefacción de las proteínas que forman la piel de los animales mediante una hidrólisis química que se efectúa al adicionar químicos naturales o artificiales, inhibiendo la acción de microorganismos y enzimas. Con el reemplazo del agua de la piel por salmuera o por drenado se elimina el 50% de agua, con esto la piel puede ser conservada hasta por algunos años.

Dentro de la serie de operaciones que están involucradas en el proceso del curtido de la piel, se presentan cuatro etapas (Figura 1).

- Almacenamiento
- Preparación preliminar
- Pelado
- Acabado

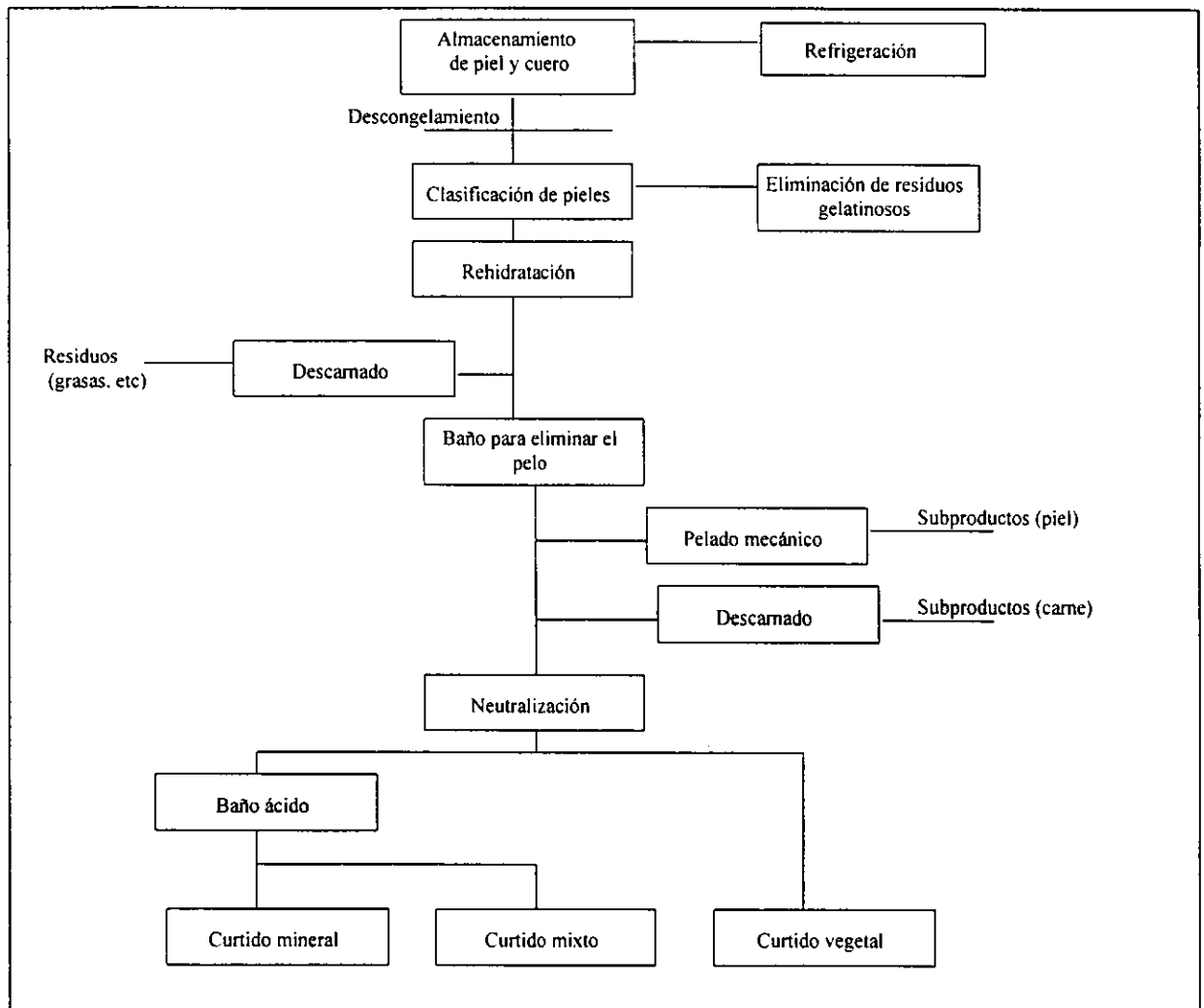


Figura 1 Proceso de curtido de la piel.

Las pieles y pellejos llegan al curtidor en diversos estados, algunas de ellas contienen entre 50 y 70% de agua, de la cual la mayor proporción se hallan en el *corium*<sup>3</sup>, siendo más elevada la proporción total en los animales jóvenes. Las proporciones de agua y de grasa en el tejido adiposo debajo de la piel son, aproximadamente, iguales.

### 2.3.1.1 Almacenamiento

El almacenamiento consiste en colocar la piel tratada en sistemas de refrigeración cuyo fin es mantenerla lo más natural posible, de aquí pasa al proceso de poda donde se recupera el pelo ya que es un subproducto comercializable. Posteriormente, pasa al proceso de selección y primer limpieza para eliminar los compuestos gelatinosos y pegajosos, así como de las impurezas que presentan.

Algunas pieles se mandan al natural o ligeramente saladas, pero las procedentes de mayores distancias por lo común son tratadas de diversos modos para conservarlas. El método más empleado se denomina salazón seca (*drysalting*), en el cual la sal es esparcida repetidas veces sobre el lado de la carne, o empleada en forma de salmuera. En las regiones distantes del mar, las pieles, con frecuencia, se salan primero y a continuación se desecan, con objeto de reducir su peso facilitando su transporte y, al mismo tiempo, poder conservarlas mejor.

### 2.3.1.2 Preparación preliminar

Una vez seleccionada la piel se hace un primer remojado, cuyo tiempo depende de la calidad y tipo de piel para rehidratarla; durante esta etapa se remueven además impurezas como la epidermis<sup>4</sup>, grasas y compuestos gelatinosos así como pedazos de carne. Después de este proceso la piel debe estar lista para que el siguiente paso no sea interferido por impurezas que reaccionen con los químicos.

Cuando las pieles son recientes y no han sufrido tratamiento alguno, bastan algunas horas o, a lo sumo un día, con uno o dos cambios de agua nueva para limpiarlas. Para la suela, la limpieza no necesita ser tan completa como para los cueros finos. Se debe tener cuidado ya que una inmersión demasiado prolongada puede iniciar la descomposición, dando un producto blando y de poco peso.

---

<sup>3</sup> *Corium*, tejido interior de la piel en el cual se realiza el crecimiento del pelo.

<sup>4</sup> La *epidermis*, o tejido exterior de la piel. Los pelos, aunque arraigados profundamente en el *corium*, son producto de la *epidermis* que los rodea y descienden en el interior del *corium* en forma de un bulbo que las envuelve.

Para las pieles saladas debe emplearse un lavado más completo, además es aconsejable cambiar tres o cuatro veces el agua para separar la sal, lo más rápidamente posible, e hinchar el tejido, el cual se deshidrata en mayor o menor grado por la salazón.

Cuando los cueros han sido desecados, un simple lavado es insuficiente, en la mayoría de los casos no se obtiene un ablandamiento completo, en tal caso, deben emplearse medios mecánicos y químicos; cuanto mas elevada ha sido la temperatura empleada en la desecación primitiva, tanto mayor es la dificultad para ablandar las pieles. Por ejemplo, la piel de becerro, desecada a 60° no puede ablandarse suficientemente para el curtido, aun y cuando se empleen métodos de inmersión en agua o mecánicos. Esto es análogo al hecho de que la gelatina, desecada a 30°, se hace insoluble, aun en el agua hirviendo. Para las pieles delgadas, tales como el becerro o el carnero, desecadas al aire libre en los climas templados, es suficiente un simple baño de agua limpia y fría, durante algunos días, ayudado por un batanado con un cuchillo embotado.

Por otra parte, para las pieles desecadas al sol (ejemplo, las de la India o kips) un tratamiento análogo sería completamente ineficaz, en este caso se debe optar por un remojo por espacio de dos o tres semanas sin cambiar el agua y dejándola cargada de la materia orgánica procedente de las pieles anteriores, esta agua es conveniente por el grado de putrefacción activa alcanzado. Esta agua en putrefacción ablanda las pieles con mucha mayor rapidez que el agua limpia y es eficaz aun en los casos en que la prolongada inmersión en agua ordinaria no da resultados. Los curtidores experimentados han llegado a reconocer, sin embargo, que este baño pútrido es sumamente peligroso y no da resultados satisfactorios, especialmente cuando la piel se destina para suela, dado que tiene un efecto destructor sobre el tejido.

Por otro lado, se ha comprobado que puede obtenerse un ablandamiento mucho más rápido y satisfactorio empleando soluciones muy diluidas de hidróxido de sodio, sulfuro de sodio o bien de ácidos orgánicos muy débiles. Cuando las pieles o los "kips" se ablandaban tanto que pueden doblarse por completo sin peligro de que se rompa la fibra, se trabajan en los "stock" o "hide-mill" (batanes) que son máquinas en donde dos grandes martillos o pilones trabajan las pieles, ejerciendo una acción de amasado; pero este violento tratamiento ha resultado innecesario con el empleo del tratamiento químico. También se ha empleado satisfactoriamente una solución de ácido sulfúrico, aproximadamente de concentración N/20, seguida de agua fría; dicha solución, en virtud de su efecto antiséptico, parece especialmente apropiada para los climas cálidos. Una vez ablandados por completo y pieles quedan listos para la depilación.

### 2.3.1.3 Depilado

Después de la limpieza el siguiente paso es el depilado, donde se elimina el pelo de la piel, de ésta manera se puede continuar con la operación de curtido. La separación del



pelo de la piel la deja lista para los acabados que se dan de acuerdo al uso final de la misma. Por ejemplo las destinadas para calzado, vestido, uso industrial, etc. y aún dentro de cada una de ellas se hace una clasificación de calidades, también para la pigmentación y algunas aplicaciones. Una vez que se ha depilado la piel se pasa a la etapa de neutralización mediante lavados con agua, hasta eliminar el material de depilado, éste se recupera por medios mecánicos y se aplica cal para el decolorado de la carne.

La remoción de pelo y epidermis debe contemplar el efecto que tendrá sobre los poros y la estructura de la fibra de acuerdo con el acabado deseado. El poro puede ser librado del pelo protegiendo la epidermis de tal forma que tenga una apariencia atractiva y ofrezca un mejor acabado.

En la década de los 60's se empleó sólo la cal para la depilación, tanto de la suela como del cuero ordinario. La duración del proceso era muy variable, oscilando entre cuatro y catorce días o más y, la cantidad de cal empleada era aún más variable, hallándose comprendida entre 0.45y 5.5 kg. por piel. Como la cal es muy poco soluble en el agua, toda cantidad de ella que sea superior a la necesaria para mantener saturada la solución, es ineficaz. La cal solamente es soluble hasta la proporción de 20 kg. por metro cúbico de agua, pero es continuamente absorbida por la piel, por lo cual es necesario emplear un exceso; que podrá ser menor, cuanto mayor sea la frecuencia con que la piel se remueva y se ponga en contacto con las partes cargadas de la solución de cal. Las pieles se encalan bien y con rapidez, colgándolas de lamazones en fosas y particularmente si se las sacude o pone en oscilación con frecuencia, pues la acción es tanto más uniforme cuanto mayor es la frecuencia con que se remueve la piel.

Las soluciones viejas de cal, acaban por quedar cargadas de amoniaco y de productos orgánicos procedentes de las pieles que modifican de una manera notoria su acción, permitiendo que se disuelva más cal pero dominando el efecto de entumecimiento del tejido producido por ésta. Sin embargo, se debe reconocer que la acción continuada de las cales envejecidas es demasiado peligrosa, ya que perjudican la superficie de los pellejos o de la piel. Una solución es que el proceso empiece por soluciones viejas y termine con soluciones recientes de cal. Es sumamente peligroso durante la época calurosa, dejar que se ensucie demasiado la solución de cal y se cargue de materias orgánicas, pues, en este caso, aun la presencia de la cal cáustica no impide la putrefacción, la cual es fatal para la fabricación del cuero grueso y compacto.

Calentando suavemente las soluciones de cal se acelera también el proceso de la depilación. El calor aumenta el poder disolvente de la cal pero, al mismo tiempo, se opone al entumecimiento de la piel, tendiendo a producir un cuero blando y poroso, por lo cual este método se adapta mal a la fabricación de suela y, tampoco es propio para aplicarlo a los cueros ordinarios, dado que se obtienen mejor los mismos efectos por otros procedimientos.

En la manufactura europea, se optó por reforzar las soluciones de cal por medio de una adición conveniente de sulfuro de arsénico; éste forma con la cal hidrosulfuro de calcio, sulfo-arseniato y cierta cantidad de arsénico metálico, acelerando extraordinariamente la depilación. De estos el hidrosulfuro es el agente activo, habiendo demostrado V. Schoroeder y Delimitz Dumont (Dingl, poly J. 1896) que los compuestos de arsénico no tienen acción y ni tan siquiera son antisépticos. Sin embargo, se tenía el problema de que es un compuesto altamente venenoso por lo que se optó por sulfhidrato cálcico, preparado haciendo pasar hidrógeno sulfurado por una solución de cal; se produce así una pasta de color verdoso, debido a la presencia de sulfuro de hierro, que actúa como depilatorio. La aplicación de éste compuesto en forma de pasta por la cara de la piel, al cabo de algunas horas reduce el pelo al estado de pulpa, mientras que, debido a lo rápido de su acción, los bulbos pilosos y las diversas glándulas de la piel quedan mucho menos perjudicadas que por el encalado ordinario

Una desventaja es que el hidrosulfuro de calcio no es posible prepararlo para periodos grandes y, en consecuencia, debe prepararse a medida que se necesita, lo cual es aumentaba costoso de producción. Una alternativa fue el empleo del sulfuro sódico, el cual se conserva perfectamente y tiene un gran poder depilante, ya sea sólo o junto con cal, con la que produce hidrosulfuro de sodio y sosa cáustica. Actualmente se han desarrollado una serie de químicos, sales de cianuros, tioglicolatos, etc. cuyo fin, además de acelerar el proceso, es dar una mayor protección al poro durante el depilado y lograr una mejor calidad de la piel.

La composición de la solución de cal del tipo cáustico produce inflamación de la piel y un rápido depilado y se determinan rangos de acuerdo al tiempo de proceso. Una pequeña concentración de sulfuro de sodio en la solución de cal ayuda a que no se dañe el pelo y así recuperarlo. La concentración del sulfuro de sodio depende de la importancia que tenga la recuperación del pelo, en el caso de la piel de vacuno una combinación del 6% de sulfuro con 7% de solución de cal es suficiente, aunque hay ocasiones que se requiere el 1% porque el pelo es muy frágil.

El hidrosulfuro de sodio se aplica en los procesos de depilado suave o lento; sin embargo, debido a que solo produce la mitad de la alcalinidad en la solución de cal que produce el sulfuro de sodio. Pese a su ventaja, el hidrosulfuro de sodio no es muy eficiente en el depilado, por lo que resulta necesario hacer combinaciones de hidrosulfuro de sodio con sulfuro de sodio de acuerdo a las necesidades del acabado que se desean.

En el proceso en el cual sólo se desea curtir una cara de la de la piel se opta por el proceso de neutralización donde el curtido se realiza en dos o tres días y se busca que la inflamación de la piel provocada por sulfuro sea mínima. Este efecto se controla

satisfactoriamente sustituyendo la solución de sulfuro por hidrosulfuro de sodio en las mismas cantidades.

Para el caso del depilado de piel de becerro el proceso esta encaminado a preservar la suavidad de la piel, control de la porosidad y textura de la piel, es por ello que la solución de cal debe contemplar la sensibilidad de la piel y que esta determinado además de la edad por el tamaño y peso. Dependiendo de la tenería que haga el trabajo el proceso dura entre tres y a cinco días con la adición de pequeñas cantidades de sulfuro e hidrosulfuro de sodio y otros aditivos que ayudan al depilado.

Como resultado de la gran variedad de pieles que existen en el mercado el proceso de pelado varía mucho lo que provoca que haya grandes diferencias en los procesos, sin embargo estos están clasificados de acuerdo al tipo de piel o al origen de la piel.

El tener un peso de la piel bien conocido facilita la uniformidad de la formulación del proceso, ya que una variación importante afecta el rendimiento del trabajo. La relación de 4 kg de agua por cada kg de pelo se ha establecido como óptimo para el pelado con cal; sin embargo, en general la práctica dice que una tendencia en la disposición ha incrementar la producción con limitada facilidad es suministrar pesos elevados, lo que reduce el porcentaje de agua encontrando relaciones de 3 a 1.

#### 2.3.1.4 Acabado

El paso siguiente depende de la preferencia o actividad que desarrolla cada tenería, en unas se hace un curtido mineral, el cual consiste en acidular mediante sales ácidas, en otras se hace un curtido vegetal y en otras, se hace una combinación del curtido mineral y vegetal.

Después de este proceso siguen las etapas de preparación de la piel para el uso final, un ejemplo de esto es el aceitado o protección con aceite, el planchado y pintado.

# OBTENCIÓN DEL HIDROSULFURO DE SODIO

---

La competitividad de la industria hoy en día no depende tan sólo de la abundancia de factores primarios baratos. Actualmente, demanda para su pleno desarrollo el soporte de una infraestructura física y de una base humana e institucional eficientes y con estándares similares a las de los países con los que se compite o pretende competir.

Bajo el anterior esquema, una forma de que las compañías puedan llevar a cabo los cambios necesarios para poder competir en las circunstancias actuales es analizando las estrategias que deberán seguirse para obtener ventajas tales que las habiliten para funcionar rentablemente.

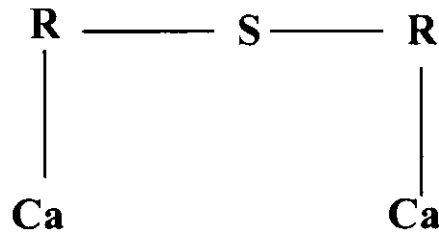
En este aspecto la industria de los aditivos cuenta con un sistema neutralizador, el cual se ha visto puede pasar de un sistema de respaldo a uno productivo. Para lograr ese cambio únicamente se requiere modificar la forma de manejar el ácido sulfhídrico generado por el proceso de fabricación de aditivos, resultando de esta operación un producto de gran interés para industrias de giros diversos como lo es la curtidora. En este capítulo se revisan las operaciones que se realizaron para optimar el proceso para la obtención de hidrosulfuro de sodio.

### 3.1 Descripción del proceso de generación del ácido sulfhídrico

Los lubricantes para automóviles están compuestos por aceite mineral y un porcentaje bajo (5 al 10%) de aditivo, este componente es el que da protección al motor de combustión interna.

El aditivo que se mezcla con el aceite es la combinación de otros aditivos, estos son agregados en concentraciones tales que satisfagan las necesidades de protección del aditivo o de acuerdo al tipo de motor en donde va a ser utilizado. Estas mezclas o también llamadas paquetes, están formados por dispersantes, secuestrantes, antierrumbres.

Uno de los aditivos más empleados en las formulaciones de aditivos son los fenatos de calcio, este proceso ocupa el 20% de la capacidad de producción de la planta. La estructura química de los fenatos aún no ha sido bien definida, sin embargo se sabe que la fórmula general es:



Durante la fabricación de aditivos se tiene el desprendimiento de ácido sulfhídrico como subproducto propio de la reacción.

En general, para la fabricación de aditivos se presentan las siguientes etapas:

1. *Carga de materias primas.*- Se carga a un reactor alquilfenol, alcohol decílico y aceite diluyente. Posteriormente, se dosifica una solución de cal, azufre, sulfonato de calcio y antiespumante. La dosificación se realiza manualmente por el registro del reactor con el agitador funcionando.
2. *Calentamiento para la adición de glicol.*- Cuando se han cargado las materias primas, se cierra el reactor y se inicia el calentamiento por los serpentines de vapor y aceite térmico existentes a través de la chaqueta del mismo. Se da flujo a los vapores generados por el proceso obligándolos a pasar por una columna de rectificación, un condensador y un tanque receptor de destilación.
3. *Adición de glicol.*- Cuando se nota un ligero incremento en la presión del reactor, se empieza la adición del glicol, la cual es lenta. Durante el transcurso de la reacción se desprende el ácido sulfhídrico. Esta dosificación y la reacción como tal se realiza en un periodo de 4 a 6 h. dependiendo del aditivo que se desea fabricar.
4. *Deshidratación y calentamiento para carbonatación.*- Al término de la adición de glicol se recolecta el agua generada durante la reacción, una vez que el laboratorio aprueba la conclusión de la reacción del glicol se procede a carbonatar
5. *Carbonatación.*- Esta operación que consiste en burbujear bióxido de carbono a través de un medidor de orificio y un burbujeador tipo anillo con múltiples perforaciones para dispersar homogéneamente el CO<sub>2</sub>.
6. *Destilación.*- Una vez concluida la reacción en el reactor, se retiran las impurezas mediante una destilación
7. *Descarga del reactor.*- Al terminar la destilación se procede a descargar el tanque

8. *Filtración y almacenamiento.*- Para eliminar las impurezas sólidas obtenidas posterior a la destilación se emplea un sistema de filtración. El último paso es el almacenamiento del material producido.

Los aditivos se elaboran por una reacción *batch* cuyo ciclo dura entre 14 y 18 h., dependiendo el tipo de aditivo de que se trate.

El ácido sulfhídrico se extrae mediante un vacío generado por los eyectores de vapor cuya operación oscila entre 0.82 ton/h y 0.90 ton/h a una presión de 10 kg/cm<sup>2</sup>. El ácido es extraído junto con vapor y, se conduce, a través de tubería de acero inoxidable, hacia un incinerador de gases una vez que pasa por un arrestador de flama. Este arrestaflamas es una medida de seguridad para evitar que se regrese la flama hacia el reactor pues el ácido sulfhídrico se comporta como combustible.

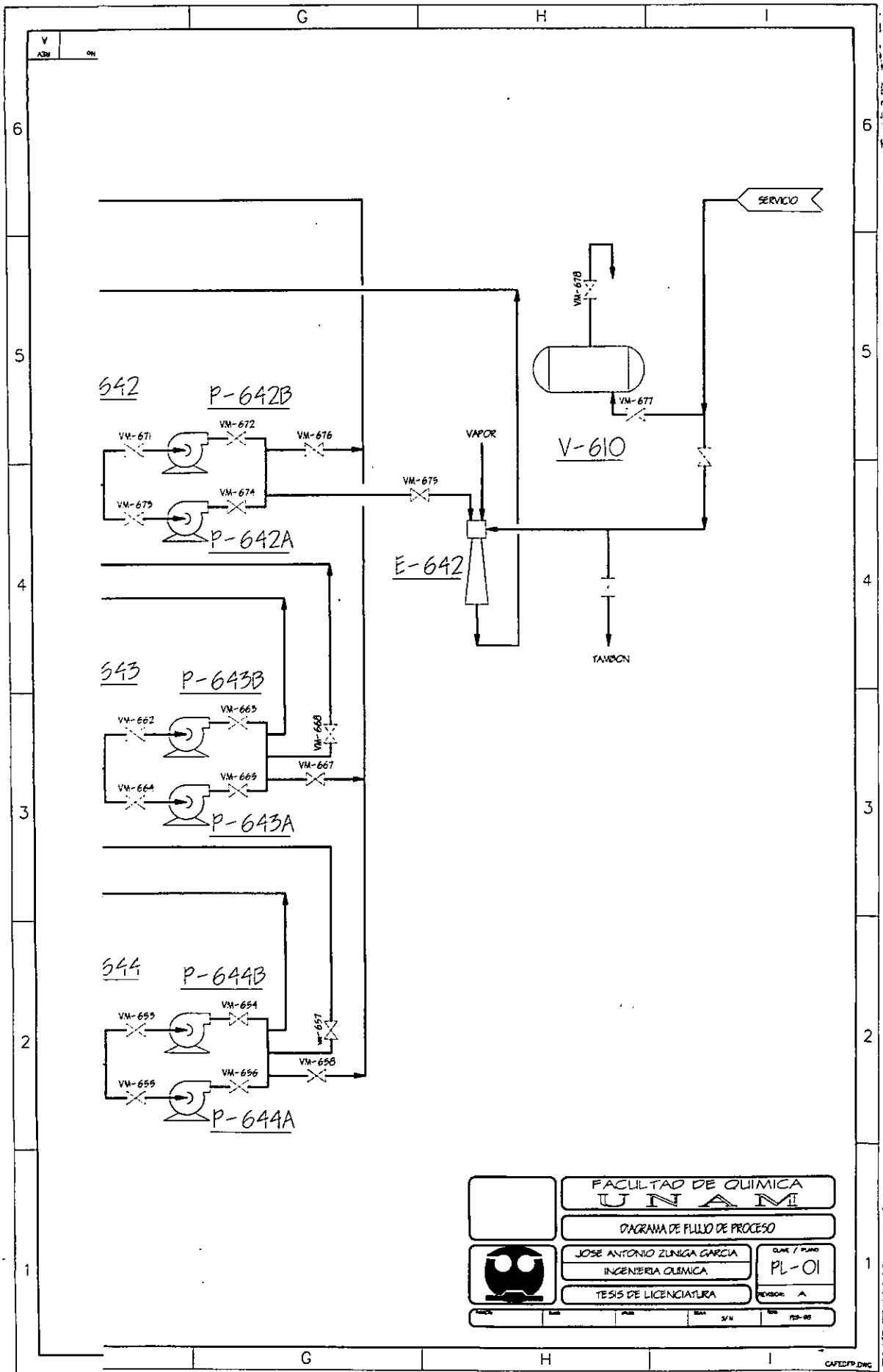
En el incinerador de gases se oxida al ácido sulfhídrico produciendo SO<sub>2</sub>, el cual es liberado a la atmósfera en concentraciones de hasta 3,500 ppm provocando un riesgo potencial al medio ambiente y por tanto a la salud del ser humano.

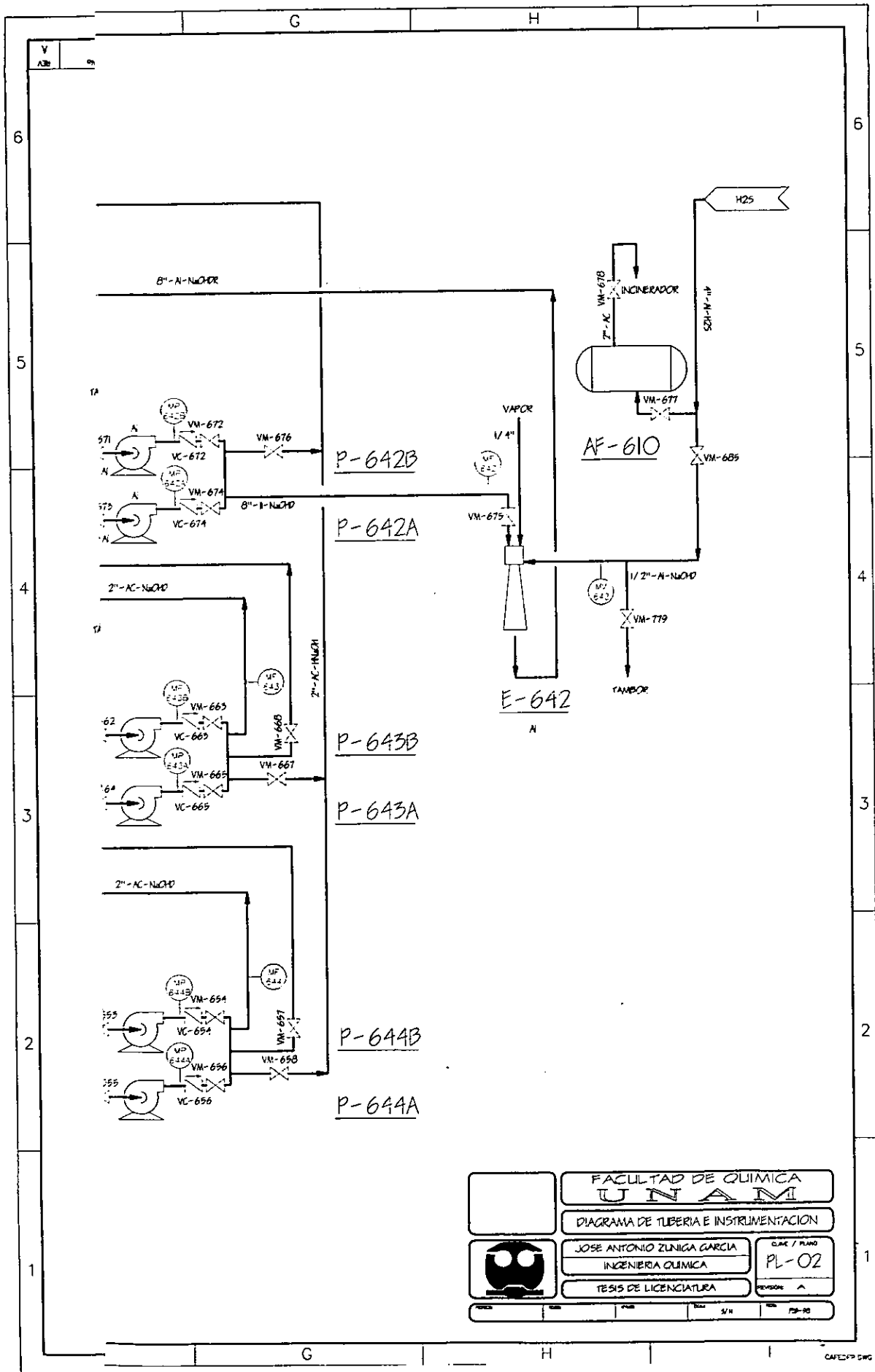
### 3.2 Proceso de neutralización

El sistema disponible para el tratamiento de los gases de reacción es la neutralización. Para ello, se utiliza una solución de sosa diluida, aunque puede emplearse alguna otra solución alcalina.

El sistema de tratamiento de ácido sulfhídrico con sosa esta integrado por el siguiente equipo (PLANOS 1 y 2):

1. Tanque de almacenamiento de sosa concentrada (T-640)
2. Tanque de almacenamiento de sosa diluida (T-643)
3. Tanque de almacenamiento de hidrosulfuro de sodio (T-642 y T-461)
4. Tanque de almacenamiento de sosa para el hidroeyector (V-642)
5. Columnas contactoras empacadas para evitar fugas de ácido sulfhídrico a la atmósfera (C-643 y C-644)
6. Hidroeyector (E-642)
7. Bomba de descarga de pipas con sosa concentrada (P-640)
8. Bomba de descarga de NaHS (P-641)
9. Bomba de alimentación de sosa diluida al sistema (P-643)
10. Bomba para hidroeyector (P-642A y P-642B)
11. Bombas de reflujo de columnas (P-643 A y B, P-644 AyB)





|                                       |                            |              |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------|
|                                       | FACULTAD DE QUIMICA        |              |
|                                       | UNAM                       |              |
| DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION |                            |              |
|                                       | JOSE ANTONIO ZUNIGA GARCIA | CARE / PLANO |
|                                       | INGENIERIA QUIMICA         | PL-02        |
|                                       | TESIS DE LICENCIATURA      | REVISOR      |
| FECHA                                 | ELABORADO                  | REVISADO     |
|                                       | S/N                        | FECHA        |



FALTA PAGINA

No. 24

El principio de operación de este sistema es el de reacción de un ácido ( $\text{H}_2\text{S}$ ), con una base ( $\text{NaOH}$ ), para formar la sal y agua. La reacción general es:



En esta reacción, el ácido sulfhídrico reacciona con la sosa para formar hidrosulfuro de sodio, sulfuro de sodio, sosa y agua. La reacción se dará mientras existe la presencia de sosa o de sulfuro de sodio, los cuales harán las veces de reactivo limitante.

El sistema esta automatizado para operar con motores eléctricos o a diesel en forma automática o manual según las necesidades que se presenten en la planta. Esto da la oportunidad de que el sistema sea eficientemente controlado durante las etapas de reacción donde se desprende el ácido sulfhídrico.

### 3.2.1 Descripción de operación del proceso

Como primer paso para la operación del sistema de neutralización, se debe verifica la calidad de la materia prima (sosa líquida) la cual es recibida por medio de autotanques para, posteriormente bombearla al tanque de almacenamiento de sosa concentrada (T-640).

Para preparar la mezcla de sosa que se emplea en el sistema de neutralización, se emplea el tanque de almacenamiento de sosa diluida (T-643) al cual se bombea sosa concentrada del tanque T-640 y se agrega agua de dilución.

Una vez obtenida la sosa diluida (T-643), se bombea hacia el tanque de almacenamiento de sosa del hidroeyector (V-642) y a la columna (C-644).

Como la cantidad de sosa diluida de las columnas C-643 y C-644 es la misma, de la columna C-644 se bombea la sosa diluida a la columna C-643 y, al terminar nuevamente se bombea la sosa diluida a la columna C-644.

Después de estos bombeos el sistema se pone en operación de la siguiente forma:

Primero se verifica que las válvulas de alimentación de sosa diluida del tanque de almacenamiento del hidroeyector y de las columnas contactoras, C-643 y C-644, estén cerradas. También se debe verificar que la válvula de descarga del tanque de almacenamiento de sosa diluida del hidroeyector hacia el tanque de almacenamiento del NaHS este cerrada, así como la válvula de descarga de NaHS de las columnas, C-643 y C-644, hacia el tanque de almacenamiento de NaHS.

Es importante, cerciorarse de que las válvulas de descarga del tanque de almacenamiento de sosa diluida del hidroeyector (V-642) y de descarga de las columnas, C-643 y C-644, hacia la bomba estén abiertas. Así como las válvulas de descarga de la bomba y de alimentación de sosa diluida hacia el hidroeyector. Asimismo, las válvulas de descarga de las bombas y de reflujo de las columnas, C-643 y C-644, y la válvula de alimentación de aire deben estar abiertas.

La segunda etapa, consiste en el arranque del sistema, para ello se deben poner a funcionar las bombas de las columnas, C-643 y C-644, así como la bomba de alimentación de sosa diluida hacia el hidroeyector

Una vez concluidos estas etapas y el sistema en operación, sólo se espera la etapa de reacción donde se desprende el ácido sulfhídrico, cuando se tiene este punto se procede como sigue:

1. Se toman muestras del tanque de almacenamiento del hidroeyector y de las columnas para analizar la concentración de sosa.
2. Mediante el sistema neumático se cierra la válvula de alimentación de ácido sulfhídrico al incinerador y se abre la del sistema de tratamiento con sosa.
3. En este momento se sacan de operación los eyectores de vapor y, se inicia el control del vacío. Primero, con la válvula de alimentación de aire sin cerrarla completamente de tal forma que siempre exista alimentación de aire en el sistema; después, con la válvula de descarga de la bomba que alimenta la sosa diluida al hidroeyector. Si es necesario incrementar el vacío se abre la válvula de descarga de la bomba, de igual forma, si se requiere menos vacío se cierra la válvula de descarga.
4. Una vez fijado el vacío se deja el sistema operando manteniendo comunicación continua con el rectorista por posibles variaciones en la cantidad de vacío.
5. Cuando la reacción a terminado, se ponen en operación los eyectores de vapor y se cierran la válvula de alimentación al sistema de sosa. El incinerador se abre mediante el sistema neumático.
6. Se toman muestras del tanque de almacenamiento del hidroeyector (V-642) y de las columnas (C-643 y C-644) para analizar la concentración final de sosa.

Todas las condiciones de operación del sistema se anotan en hojas de operación, las cuales tienen la fecha, número del lote del proceso productivo, nombre del operador, concentración de sosa libre, en el tanque V-642, y columnas, C-643 y C-644, flujo y

presión de descarga de las bombas, tiempo de operación y la hora en que se operó, así como comentarios sobre posibles contratiempos (Cuadro 1).

El procedimiento de operación se realiza en la forma descrita anteriormente hasta que la concentración de sosa libre del tanque V-642 esta por debajo de 1.5% y la concentración de  $\text{Na}_2\text{S}$  sea cero. Bajo estas condiciones, se procede de la siguiente forma:

- a) Se abre completamente la válvula de alimentación de aire y se saca de operación la bomba de alimentación al hidroeyector.
- b) Se cierra la válvula de alimentación al hidroeyector y las bombas de reflujo de las columnas, C-643 y C-644, se dejan de operar.
- c) Se cierran las válvulas de la línea de reflujo de las columnas, C-643 y C-644.

Es importante identificar que si al sacar muestras de las columnas, C-643 y C-644, la concentración de sosa es mayor a 1.5% y se detecta  $\text{Na}_2\text{S}$ , el procedimiento es el siguiente:

1. Abrir las válvulas de descarga del tanque de almacenamiento de sosa diluida del hidroeyector (V-642) hacia los tanques de almacenamiento de NaHS ya sea al T-642 o T-641.
2. Medir el tanque para conocer si existe capacidad de almacenamiento para el volumen de NaHS a ser enviado. En caso negativo se busca como alternativa el segundo tanque. Si no es posible efectuar esta operación entonces no se bombea.
3. Si es posible el bombeo, se arranca la bomba de descarga del tanque de almacenamiento V-642 hasta vaciarlo. Al terminar el bombeo, se debe parar la bomba y cerrar las válvulas de descarga del tanque, de descarga de la bomba y de alimentación al tanque de almacenamiento de NaHS
4. Abrir la válvula de alimentación de sosa diluida de la columna C-643 hacia el tanque de almacenamiento V-642 y arrancar la bomba hasta vaciar la columna. Una vez vacía, se para la bomba y cierran las válvulas de descarga de la columna y de alimentación hacia el tanque
5. Se abre la válvula de alimentación de sosa diluida de la columna C-644 hacia el tanque de almacenamiento V-642 y se arranca la bomba hasta vaciar la columna. Una vez vacía, se para la bomba y cierran las válvulas de descarga de la columna y de alimentación hacia el tanque

Si la concentración de sosa libre en la columna C-643 esta por debajo de 1.5% y no hay NaS se procede como sigue:

1. Abrir las válvulas de descarga del tanque de almacenamiento de sosa diluida V-642 hacia los tanques de almacenamiento de NaHS ya sea al T-642 o T-641.
2. Medir el tanque para conocer si hay capacidad de almacenamiento del volumen de NaHS a ser enviado. En caso negativo se debe buscar como alternativa el segundo tanque y si no es posible evitar el bombeo.
3. Si es posible hacer el bombeo, arrancar la bomba de descarga del tanque de almacenamiento V-642 hasta vaciarlo. Al terminar parar la bomba y cerrar las válvulas de descarga del tanque, de descarga de la bomba y de alimentación al tanque de almacenamiento de NaHS
4. Abrir la válvula de alimentación de sosa diluida de la columna C-643 hacia el tanque de almacenamiento de NaHS, T-642 o T-642. Arrancar la bomba hasta vaciar la columna. Una vez vacía, parar la bomba y cerrar las válvulas de descarga de la columna y de alimentación hacia el tanque
5. Abrir la válvula de alimentación de sosa diluida de la columna (C-644) hacia el tanque de almacenamiento V-642 y arrancar la bomba hasta vaciar la columna. Una vez vacía, pare la bomba y cierre las válvulas de descarga de la columna y de alimentación hacia el tanque

Al concluir el vaciado del sistema, se prepara nuevamente para continuar con la producción de NaHS, siguiendo los pasos ya descritos.

Finalmente, el producto (NaHS) en los tanques de almacenamiento T-641 o T-642, se envía a pipas o tambores por medio de un sistema de bombeo.

### **3.3 Resultados obtenidos en la producción de hidrosulfuro de sodio**

Para el control del sistema se diseñaron unas hojas de operación (Cuadro 1) en las cuales se llenaron los siguientes datos: fecha, hora, nombre del operador, flujo y presión de la bomba a la que trabaja el sistema, para todas las unidades (tanque contactor y torres), nivel de agua en los tanques y la reacción que se lleva a cabo en cada unidad.

CUADRO 1 HOJA DE RESULTADOS PARA EL SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE NaHS

**OPERACION SISTEMA DE SOSA**

**NOMBRE DEL OPERADOR (ES)**

FECHA:

PROCESO:

LOTE:

HORA DE OPARACION:

|                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|

FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-642-A

FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-643-A

FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-644-A

|                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

NIVEL EN V-642

NIVEL EN C-643

NIVEL EN C-644

|                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

ETAPA DE REACCION

|                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|

TOMA DE MUESTRA

CONCENTRACION INICAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642=

CONCENTRACION FINAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642=

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:

Es necesario vigilar durante el proceso a los instrumentos de temperatura, presión y flujo del V-642, ya que es el que controla el vacío en el reactor e indican cuando hay algún problema de taponamiento del hidroeyector, ya que por la naturaleza del proceso se forman cristales de sulfuro de sodio o puede haber arrastres de sólidos del reactor. Las columnas no presentan este problema ya que su operación no favorece la formación de cristales que obstruyan el sistema y, además, no son parte del proceso productivo; básicamente, sus instrumentos de campo son para verificar que el sistema esta en buenas condiciones.

En cada caso se muestrea la sosa en el tanque principal, V-642, al inicio y final de la operación y, se anotan los resultados. Asimismo, se anotan comentarios sobre problemas que hayan tenido lugar.

El sistema se opero en cuatro lotes, todos ellos se realizaron con el aditivo desarrollado a partir de fenatos. El primer lote, 98, se operó por espacio de dos horas alcanzando un flujo de 39, 55 y 76 L/min las bombas P-642A, P-643A y P-644A, respectivamente. La concentración de sosa y sulfuro de sodio en el reactor V-642 no tuvo cambio significativo, apenas se redujo un 1% de la concentración original (13%), esto es, la concentración de sosa libre al final fue de 12%. Como se puede observar, en el Cuadro2, los resultados obtenidos no son buenos; sin embargo, esto se explica en función de que se tuvieron problemas operativos, generados por el taponamiento del eductor (obstrucción del orificio de entrada del hidroeyector por  $\text{Na}_2\text{S}$  sólido u óxido de hierro), lo que originó un aumento del doble en la presión de las bombas. Esto obligó a parar el sistema ya que fue imposible controlar la presión.

Debido a los problemas de taponamiento presentes en el lote 98, antes de iniciar la operación del segundo lote se revisó el sistema y se operó el eyector de vapor para destapar el reactor. El lote 100 se alimento con la concentración obtenida en el lote 98, esto es 12% de sosa libre por un periodo de 6 horas (Cuadro3). La concentración final en el tanque principal fue 8.2%. El sistema se continuó operando hasta que se obtuvo la descarbonatación completa, paso en el cual se obtiene el desprendimiento de ácido sulfhídrico. Con respecto a las torres contactoras, su concentración inicial fue de 7.3 y 5.2% de sosa libre en el C-643 y C-644, respectivamente. Mientras que la concentración final fue de 7.16 y 5.2%, respectivamente. Esto es, para C-643 se tuvo una reducción de 0.14% de sosa libre y, para el C-644 no hubo ninguna variación, lo que indica que el ácido sulfhídrico prácticamente reaccionó al 100% en el V-642. En general, el lote no presentó problemas de operación.

El Lote 101, se operó por 7 horas, en dos etapas (Cuadro 4). La primera consistió en la carga de glicol y, la segunda de carbonatación, ambas explicadas en el proceso de producción del aditivo. La concentración final de la sosa fue de 8.2% y los niveles cede líquido se incrementaron en un 78% de agua. Asimismo, se observó que el

sistema tuvo pérdidas de vacío, el cual fallo en la etapa de reacción y disminuyó la presión de la bomba ( $1.5 \text{ kg/cm}^2$ ). La concentración en la primera torre de contacto fue de 7.16 %, mientras que en la segunda fue de 5.2%.

Es importante mencionar, que el caso que se presenta se refiere a un sistema ya instalado y utilizado en función de los requerimientos de la planta para la producción de aditivos, por tanto, esta sujeto a que la preparación del lote en el tanque de almacenamiento de sosa diluida sea el mismo para todo el sistema y la concentración en las torres contactoras sea igual. Aunque, por la misma operación del sistema las concentraciones van cambiando, dependiendo de la cantidad de ácido sulfhídrico generado y el grado de saturación del tanque V-642. Por lo general, no todo el ácido sulfhídrico reacciona por lo que pasa a la primera columna C-643, donde reacciona con la sosa presente y, si aún hay presencia de ácido, este pasa a la segunda columna C-644. Esto evidentemente baja la concentración de la sosa libre agotándose primero en el V-642, después en el C-643 y, por último, en el C-644. Ahora bien, para que el C-643 se agote, la sosa libre debió haber saturado el V-642 en tal caso se deja de operar el sistema, por lo que es muy difícil que el C-644 se agote.

Antes del siguiente *batch*, se limpió la bomba encontrándose piedras que taponaron un filtro localizado antes de la misma. El filtro dañado se tuvo que retirar debido a que se despedazo. Tanto el flujo como la presión se recuperó y siguió trabajando satisfactoriamente ( $4.5 \text{ kg/cm}^2$ ) el sistema.

El cuarto lote, 103, se inicio con una concentración de 4.36% y se operó por 5 horas sin problemas. Se decidió detener el sistema ya que la concentración de sosa en el primer tanque era de 2.7 % y en la primera torre contactora disminuyó de 4.25 a 3.46 %, la segunda torre no varió. Ante una posible falta de sosa se detuvieron los muestreos por el posible desprendimiento de ácido sulfhídrico. La concentración final de hidrosulfuro fue de 9%, sulfuros 1.5 % y la sosa de 9% (Cuadro 5).

Durante el estudio de las condiciones adecuadas para la producción del hidrosulfuro de sodio a la concentración del 13%, se identificaron problemas por taponamiento del sistema de bombeo y del hidroeyector. Esto se debe principalmente a la formación de cristales de sulfuro de sodio. Para corregir estos problemas en tanto se llevaba a cabo el proceso de optimación se realizó una limpieza del sistema de bombeo y se trabajó por periodo de 60 segundos el eyector de vapor.



CUADRO 2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL LOTE 98

|   |   |                          |               |
|---|---|--------------------------|---------------|
| <b>OPERACION SISTEMA DE SOSA</b>                          |   | NOMBRE DEL OPERADOR (ES) |               |
| FECHA: 16/05/97   | PROCESO: FENATOS  | LOTE: 98                 |               |
| HORA DE OPARACION: 12:00                                  | 12:30   | 13:00                    | 13:30 14:00   |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-642-A                        | 37.33   | 38.32                    | 38.46 / / / / |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-643-A                        | 38.99   | 88.94                    | 54.66 / / / / |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-644-A                        | 38.46   | 75.91                    | 75.68 / / / / |
| NIVEL EN V-642  | /   | /                        | / / / /       |
| NIVEL EN C-643  | /   | /                        | / / / /       |
| NIVEL EN C-644  | /   | /                        | / / / /       |
| ETAPA DE REACCION   | /   | /                        | / / / /       |
| TOMA DE MUESTRA   |   |                          |               |
| CONCENTRACION INICAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642= | 13%   |                          |               |
| CONCENTRACION FINAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642=  | 12%   |                          |               |
| COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:                              | <p>SE SUSPENDIO LA OPERACION DEL SISTEMA AL SUBIR LA PRESION EN EL SISTMA Y NO PODER AJUSTARLO.</p> <p>SE REVISO EL SISTEMA Y AL PARECER ES UN TAPONAMIENTO EN EL EDUCTOR, DE HECHO LOS DUCTOS DEL EDUCTOR SE TAPAN Y CON UN POCO DE AYUDA DEL EYECTOR DE VAPOR AYUDAN A DESTAPARLO Y EL SISTEMA OPERA NORMAL NUEVAMENTE.</p> |                          |               |

CUADRO 3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL LOTE 100

|   |   |                          |          |
|---|---|--------------------------|----------|
| <b>OPERACION SISTEMA DE SOSA</b>                              |   | NOMBRE DEL OPERADOR (ES) |          |
| FECHA: 21/05/97   | PROCESO: FENATOS  | LOTE: 100                |          |
| HORA DE OPARACION: 8:30                                       | 8:45  | 9:45                     | 10:45    |
|   |   | 11:45                    | 12:45    |
|   |   | 13:45                    |          |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-642-A                            | 37.0/4.1  | 37.1/4.2                 | 36.9/4.2 |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-643-A                            | 17.1  | 20.2                     | 30.9     |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-644-A                            | 19  | 44.5                     | 44.7     |
|   |   | 44.7                     | 44.7     |
|   |   | 42.3                     | 42.2     |
|   |   | 42.3                     | 42.2     |
| NIVEL EN V-642  | /   | /                        | /        |
| NIVEL EN C-643  | /   | /                        | /        |
| NIVEL EN C-644  | /   | /                        | /        |
| ETAPA DE REACCION   | CARB  | CARB                     | CARB     |
|   | CARB  | CARB                     | CARB     |
|   | CARB  | CARB                     | CARB     |
| TOMA DE MUESTRA   |   |                          |          |
| CONCENTRACION INICAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642= 12% |   |                          |          |
| CONCENTRACION FINAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642= 8.2% |   |                          |          |
| COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:                                  | <p>NO SE PRESENTARON PROBLEMAS CON EL SISTEMA Y SE OPERO HASTA TERMINAR LA FASE DE CARBONATACION</p> <p>LA CONCENTRACION EN EL PRIMER CONTACTOR SE REDUJO LIGERAMENTE SIENDO LA INICAL DE 7.3% LA FINAL DE 7.16%, EN EL SEGUNDO CONTACTOR NO HUBO VARIACION MANTENIENDOSE EN 5.2%</p> |                          |          |

CUADRO 4 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL LOTE 101

|   |   |                          |          |        |          |        |          |
|---|---|--------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|
| <b>OPERACION SISTEMA DE SOSA</b>                          |   | NOMBRE DEL OPERADOR (ES) |          |        |          |        |          |
| FECHA: 21/05/97   | PROCESO: FENATOS  | LOTE: 101                |          |        |          |        |          |
| HORA DE OPARACION: 18:30                                  | 18:45   | 19:45                    | 20:45    | 21:45  | 22:45    | 23:45  | 24:45:00 |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-642-A                        | 37.6/1.5  | 36.8/1.5                 | 37.2/4.0 | 37/1.5 | 37.5/1.5 | 38/5.3 | 39/1.23  |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-643-A                        | 16.11   | 15.71                    | 14.1     | 12.31  | 12.1     | 41.6   | 35.7     |
| FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-644-A                        | 10.7  | 10.8                     | 10.8     | 10.7   | 10.7     | 42.3   | 42.2     |
| NIVEL EN V-642  | 12%   | 40%                      | 50%      | 55%    | 65%      | 71%    | 78%      |
| NIVEL EN C-643  | /   | /                        | /        | /      | /        | /      | /        |
| NIVEL EN C-644  | /   | /                        | /        | /      | /        | /      | /        |
| ETAPA DE REACCION   | CARB  | CARB                     | CARB     | CARB   | CARB     | CARB   | CARB     |
| TOMA DE MUESTRA   |   |                          |          |        |          |        |          |
| CONCENTRACION INICAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642= | 8.2%  |                          |          |        |          |        |          |
| CONCENTRACION FINAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642=  | 4.3%  |                          |          |        |          |        |          |
| COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:                              | <p>A LAS 23:00 SE PERDIO VACIO EN EL REACTOR Y NO FUE POSIBLE RESTABLECER APESAR DE QUE SE TRABAJO CON EYECTOR DE VAPOR PARA DESTAPARLO ADEMAS LA PRESION EN LA DESCARGA DE LA BOMBA FUE DE 1.5 kg/cm2 LA CONCENTRACION EN EL PRIMER CONTACTOR SE REDUJO LIGERAMENTE SIENDO LA INICAL DE 7.3% LA FINAL DE 4.25%, EN EL SEGUNDO CONTACTOR NO HUBO VARIACION MANTENIENDOSE EN 5.2%</p> <p>SE REVISO LA BOMBA ENCONTRANDO SOLIDOS EN EL FILTRO COLOCADO EN LA SUCCION DE LA BOMBA Y EL FILTRO TORCIDO, SE REPARO Y DEJO EL SISTEMA LISTO</p> |                          |          |        |          |        |          |

CUADRO 5 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL LOTE 104

**OPERACION SISTEMA DE SOSA**

NOMBRE DEL OPERADOR (ES)

FECHA: 23/05/97

PROCESO:FENATOS

LOTE: 104

HORA DE OPARACION: 18:30

|      |      |      |       |       |       |       |       |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8:30 | 9:00 | 9:30 | 10:00 | 10:30 | 11:00 | 11:30 | 12:00 |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|

FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-642-A  
 FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-643-A  
 FLUJO y/o PRESION EN BOMBA P-644-A

|       |       |       |       |       |    |    |    |
|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 45    | 44    | 44    | 45    | 44    | 44 | 44 | 44 |
| 17.11 | 38.92 | 38.91 | 64.61 | 58.91 | /  | /  | /  |
| 49.71 | 11.91 | 11.91 | 11.91 | 11.91 | /  | /  | /  |

NIVEL EN V-642  
 NIVEL EN C-643  
 NIVEL EN C-644

|     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 89% | 92% | 95% | 95% | 97% | 97% | 97% | 100% |
| 10% | 20% | 30% | 35% | 40% | 45% | 50% | 50%  |
| /   | /   | /   | /   | /   | /   | /   | /    |

ETAPA DE REACCION

|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CARB | CARB | CARB | CARB | CARB | CARB | CARB | CARB |
|------|------|------|------|------|------|------|------|

TOMA DE MUESTRA

CONCENTRACION INICAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642= 2.7%

CONCENTRACION FINAL DE SOSA Y SULFURO DE SODIO EN V-642= 1.5%

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:

EL SISTEMA SE OPERO SIN PROBLEMAS MANTENIENDO VACIO EN EL REACTOR PROMEDIO DE -20 CMHg

LA CONCENTRACION EN EL PRIMER CONTACTOR BAJO DE 3.4 % A 2.0% EN EL SEGUNDO CONTACTOR NO HUBO VARIACION MANTENIENDOSE EN 5.2%

# EVALUACIÓN DEL MERCADO PARA EL NaHS

---

La mayoría de las industrias del curtido en México son de tipo tradicional, en donde el hecho de modificar su forma de producción implica la idea de que su producto no es el que ellos esperan. Sin embargo en algunas se lleva un control de calidad y es en estas donde se puede hacer el ajuste de su proceso y poder emplear el hidrosulfuro proveniente del proceso de aditivos en su sistema.

Debido a que la información con respecto a la importación del hidrosulfuro es escasa y, únicamente, se referencia a él en las sustancias gravadas con arancel para la curtiduría como productos inorgánicos (Diario Oficial de la Federación del 15 de diciembre de 1995). En el presente capítulo, se optó por analizar el comportamiento del mercado nacional e internacional en función de los tipos de pieles obtenidos por esta industria de la curtiduría.

### 4.1 Situación de la industria en México

Resulta conveniente analizar que por décadas las posibilidades de especialización de las empresas nacionales en etapas o componentes de la producción se obstaculizaron por la excesiva protección de la economía mexicana, lo que trajo como consecuencia que ante el acceso limitado a insumos de importación, muchos productores se vieron forzados a estructurar sus procesos productivos en forma integrada, a fin de no depender de un escaso número de proveedores nacionales.

Como era de esperarse, la apertura comercial generó una mayor disponibilidad de insumos extranjeros e intensificó la competencia en el mercado nacional. Ante esta situación, las empresas, particularmente las ubicadas en etapas finales de las cadenas productivas, buscaron alternativas de proveeduría de insumos extranjeros, con el objeto de reducir rápidamente sus costos. El resultado fue una reducción en la integración nacional de la producción.

De tal forma, que el reto actual de la industria nacional es reintegrar las cadenas productivas en un contexto de apertura y globalización y estimular la incorporación de las micro, pequeñas y medianas empresas, para lograr una mayor flexibilidad y responder, de manera más eficiente y competitiva, a los cambios vertiginosos del mercado.

Para dar una solución al reto planteado es indispensable, brindar a la política de fomento de integración de cadenas productivas una base regional sólida. La experiencia internacional confirma que, con frecuencia, las cadenas industriales exitosas se integran sobre bases regionales, pues a ese nivel operan con mayor eficacia las “economías de aglomeración”. Esto permitirá un diseño efectivo de las políticas de apoyo y, en particular, una asignación eficiente de las inversiones en infraestructura física y social, además de promover la exportación indirecta, especialmente de empresas de menor tamaño, la sustitución eficiente de importaciones y el fortalecimiento de nuevos polos de desarrollo regional.

Actualmente, para que el país incremente su capacidad de competir en los mercados internacionales, sus mercancías deben ser de mayor calidad e intensidad tecnológica. A fin de generar condiciones de alta competitividad para la inversión.

Con respecto al mercado interno es necesario se hagan inversiones importantes en tecnología y capacidad gerencial para operar exitosamente; las formas tradicionales de producción a escala reducida han perdido competitividad. Esto resultará en la integración de un mercado abierto y competido

#### *4.1.1 Programa de Política Industrial y Comercio Exterior*

El Programa tiene como objetivo conformar, a través de la acción coordinada con los sectores productivos, una planta industrial competitiva a nivel internacional, orientada a producir bienes de alta calidad y mayor contenido tecnológico. Para lograrlo se requieren:

- a) Líneas estratégicas
- b) Crear condiciones de rentabilidad elevada y permanente en la exportación directa e indirecta, y ampliar y fortalecer el acceso de los productos nacionales a los mercados de exportación.
- c) Fomentar el desarrollo del mercado interno y la sustitución eficiente de importaciones, para sustentar la inserción de la industria nacional en la economía internacional.
- d) Inducir el desarrollo de agrupamientos industriales, regionales y sectoriales, de alta competitividad, con una elevada participación de micro, pequeñas y medianas empresas.

Una estabilidad macroeconómica sustentada en el desarrollo de una base industrial sólida y competitiva, permite crear un entorno favorable para:

- ✓ Privilegiar la planeación de largo plazo.
- ✓ Alentar la acumulación de capital.
- ✓ Disminuir el riesgo de la actividad productiva.
- ✓ Reducir el costo del financiamiento a las empresas.

En general, la política industrial deben ser un instrumento dinámico, capaz de modificarse oportuna y adecuadamente, según las circunstancias del entorno económico. Con tal propósito, un componente esencial del Programa de Política Industrial y Comercio Exterior, lo constituyen los mecanismos de seguimiento de sus acciones y de evaluación de sus resultados, que se realizan a través de dos instancias:

- A. Comisión Intersecretarial de Política Industrial, la cual mejora la coordinación y eficacia de los instrumentos de apoyo gubernamental a la industria.
- B. Mecanismos Mixtos de Seguimiento y Evaluación, este se funda en el dialogo y colaboración estrechos entre las autoridades gubernamentales y los productores. Estos mecanismos son tanto a nivel gerencial como especializado.

#### *4.1.2 Infraestructura física y tecnológica*

Hoy día, resulta indispensable que la competitividad de la industria moderna no dependa exclusivamente de la abundancia de factores primarios que puedan encontrarse en el mercado nacional a precios baratos. Por lo que, la complejidad y globalización de la actividad industrial moderna demanda, para su pleno desarrollo, el soporte de una infraestructura física y de una base humana e institucional eficientes y con estándares similares a las de los países con que competimos.

Por ello, el mejoramiento del transporte y las comunicaciones; el abasto de agua, energía e insumos industriales básicos; la eficiencia del sistema fiscal y, sobre todo, la formación de recursos humanos, son factores fundamentales de la política integral de apoyo a la competitividad de la industria.

En particular, esta política desempeña un papel crucial para superar los desequilibrios regionales: una infraestructura eficiente y geográficamente bien distribuida es indispensable para inducir el desarrollo de agrupamientos industriales, regionales y sectoriales, de alta competitividad internacional.

Con respecto al mejoramiento de la infraestructura tecnológica para la industria se establecen dos elementos: la modernización tecnológica y la promoción de la calidad.

No obstante los esfuerzos de modernización, la infraestructura tecnológica del país es aún limitada con relación a los estándares internacionales. Esta limitación se manifiesta en el bajo gasto en investigación y desarrollo en nuestro país, en la desvinculación entre la oferta de apoyo tecnológico y la demanda de la industria nacional; y en una estructura industrial dual caracterizada por la coexistencia de un pequeño grupo de grandes empresas, capaces de desarrollar tecnología propia y una gran mayoría que no cuenta con recursos incluso para adoptar tecnologías ampliamente conocidas.

En general, la modernización tecnológica de las empresas implica mejorar su capacidad para innovar y para aprovechar los avances tecnológicos, creando nuevos productos y procesos.

El complemento de la política de modernización tecnológica es una política de promoción de la calidad. La utilidad de los sistemas de calidad radica en su orientación hacia la mejoría gradual, pero constante, de procesos productivos ya existentes; en otras palabras, en producir cada día mejor lo que ya se produce.

La promoción de la calidad es fundamental desde una perspectiva internacional. Los estándares o normas internacionales de calidad establecen una base objetiva en las transacciones del comercio mundial y aseguran al comprador que los productos que adquieren presentan las características requeridas de desempeño y seguridad. Por eso, su uso se ha extendido cada vez en el comercio internacional.

#### *4.1.3 Promoción de exportaciones*

Las exportaciones desempeñarán un papel fundamental como motor del crecimiento económico. Por ello, es necesario que el Gobierno Federal y los gobiernos estatales y municipales, en coordinación con los sectores productivos, creen condiciones de rentabilidad permanente y elevada en la exportación directa e indirecta. Lo que permitirá que un número cada vez mayor de empresas no consideren a la exportación, así como la proveeduría, como intereses marginales o coyunturales, atendidos en función de las fluctuaciones del mercado interno.

La política de promoción de exportaciones se basa en los siguientes principios:

- Mayores recursos para la promoción de exportaciones
- Promoción congruente con el desarrollo de la oferta exportable
- Estrecha coordinación de las acciones de las diversas entidades e instituciones promotoras de exportaciones, tanto del sector público como del privado



Asimismo, se debe tener presente que una regulación excesiva y obsoleta impone costos que merman la posición competitiva de la industria, especialmente de las empresas de menor tamaño. A este respecto se debe establecer un marco normativo bajo el cual las empresas desarrollen sus actividades de manera clara, sencilla y transparente, a fin de conciliar el propósito de protección del consumidor y el medio ambiente con la máxima promoción de la iniciativa y la actividad de los particulares.

Una política de desregulación se debe desarrollar con base en los siguientes principios:

- Justificación y objetivos claros de la regulación
- Beneficio neto de la regulación
- Factibilidad de aplicación
- Coordinación entre las distintas entidades del Gobierno con facultades reguladoras

#### **4.2 Revisión del mercado de la industria de la curtiduría.**

En general, se pueden distinguir dos tipos de industrias: (1) curtiduría que abarca desde el corte y el tratamiento de la piel cruda hasta la obtención de la piel curtida y (2) manufactura de artículos de piel y viaje, que comprende el diseño y la producción de artículos de consumo final a partir de la piel curtida, sin incluir la industria del calzado la cual se analiza por separado. En este trabajo sólo se considera la primera.

En 1990 existían en nuestro país 719 empresas pertenecientes al sector, las cuales se localizan principalmente, en León, Guadalajara el Distrito Federal. De acuerdo a los datos proporcionados por las cámaras de la industria de la curtiduría de la República Mexicana, el sector proporciona 10 mil 200 empleos directos ya que el sector es intensivo en mano de obra (SECOFI, 1990).

Con base en el nivel de ventas de las empresas del sector, éstas se encuentran clasificadas de la siguiente manera: 2 % en grandes, 23 % en medianas, 35 % en pequeñas y 40 % en microempresas.

Las pieles de ganado, ya sean porcino, ovino, caprino o equino constituyen el principal insumo de ésta industria. Otros insumos importantes son diversos productos químicos y materiales plásticos.

La industria del calzado siempre había sido el principal cliente de la industria curtidora, pero durante los últimos tres años los clientes se han diversificado, gracias a la expansión de otras actividades, como los vestidos de piel y la exportación de pieles terminadas.

En general, el sector tiene un alto grado de integración que según las cámaras de la industria de la curtiduría, se estima alrededor del 71.5 por ciento.

Los principales productos de la industria curtidora son: pieles y forros para calzado, cueros para suela y pieles y cueros curtidos para otros usos.

Desde la década de los setenta hasta mediados de los años ochenta, las exportaciones mexicanas del sector habían sido modestas. A partir de los últimos años, éstas han observado un gran dinamismo y, en 1990, las exportaciones ascendieron a 29.4 millones de dólares (mdd). Los principales bienes exportados fueron: cueros y pieles de bovino, curtidos y recurtidos; cueros y pieles de bovino, con precurtido vegetal, y cueros y pieles barnizados o revestidos.

Con respecto a las importaciones, en 1990, México compró 101.6 mdd en productos de esta industria (Tabla 2). El principal proveedor fue Estados Unidos con un total de 82.4 mdd, mientras que Canadá, socio comercial por el Tratado de Libre Comercio, ocupó el quinto lugar con 1.4 mdd.

TABLA 2. PRINCIPALES PROVEEDORES DE MÉXICO.

| LUGAR           | PAÍS           | MILLONES DE DÓLARES | PORCENTAJE |
|-----------------|----------------|---------------------|------------|
| 1               | Estados Unidos | 82.4                | 81.1       |
| 2               | España         | 4.3                 | 4.2        |
| 3               | Nicaragua      | 3.4                 | 3.3        |
| 4               | Guatemala      | 2.0                 | 2.0        |
| 5               | Canadá         | 1.4                 | 1.4        |
| 6               | Brasil         | 1.2                 | 1.2        |
| 7               | Italia         | 1.1                 | 1.1        |
| 8               | Perú           | 0.9                 | 0.9        |
| 9               | Venezuela      | 0.7                 | 0.7        |
| 10              | Uruguay        | 0.6                 | 0.6        |
|                 | otros          | 3.6                 | 3.5        |
| TOTAL IMPORTADO |                | 101.6               | 100.0      |

FUENTE : SECOFI, 1990.

Referente a las exportaciones realizadas, se analizan aquéllas efectuadas con los países que firman el Tratado de Libre Comercio (Estados Unidos y Canadá). De esta manera, en 1990, los Estados Unidos realizaron importaciones de curtiduría por 771.6 mdd (Tabla 3).

TABLA 3. PRINCIPALES ABASTECEDORES DE ESTADOS UNIDOS

| LUGAR           | PAÍS        | MILLONES DE DÓLARES | PORCENTAJE |
|-----------------|-------------|---------------------|------------|
| 1               | Argentina   | 166.4               | 21.6       |
| 2               | Italia      | 90.7                | 11.7       |
| 3               | Canadá      | 72.5                | 9.4        |
| 4               | Reino unido | 63.5                | 8.2        |
| 5               | México      | 32.8                | 4.3        |
| 6               | Alemania    | 32.4                | 4.2        |
| 7               | Brasil      | 29.3                | 3.8        |
| 8               | India       | 36.1                | 3.4        |
| 9               | Uruguay     | 24.9                | 3.2        |
| 10              | Tailandia   | 21.0                | 2.7        |
|                 | Otros       | 212.0               | 27.5       |
| TOTAL IMPORTADO |             | 771.6               | 100.0      |

FUENTE : SECOFI, 1990.

Los productos mexicanos de curtiduría y artículos de piel compitieron con los de Argentina, Italia, Canadá y el Reino Unido, habiendo ocupado el quinto lugar como proveedor de ese país, con 32.8 MDD equivalente al 4.3 por ciento del total. Ese mismo año, México superó las exportaciones de curtiduría realizadas a Estados Unidos por Alemania Federal, Brasil, India y Uruguay. Lo que muestra la alta competitividad del mercado y los beneficios logrados con el Tratado de Libre Comercio.

Cabe resaltar que los productos de éste sector estuvieron gravados en Estados Unidos con un arancel máximo del 20%. Por su parte, las exportaciones mexicanas pagaron un arancel ponderado de 0.9% ya que los productos que forman parte de este sector se encuentran incluidos en el Sistema Generalizado de Preferencias (SGP) de ese país, el cual permite un ingreso casi libre de arancel a las exportaciones de los países beneficiados por este régimen.

La Tabla 4, muestra los principales productos que México exportó a Estados Unidos fueron: pieles crudas de borrego, en el que ocupó el primer lugar como proveedor; pieles de bovino y caprino, productos en los que ocupó el segundo lugar, pieles crudas de bovino y cuero de bovino y equino.

**TABLA 4. PRINCIPALES PRODUCTOS IMPORTADOS PROVENIENTES DE MEXICO A ESTADOS UNIDOS**

| Producto                  | Participación porcentual en las importaciones del producto | Lugar como proveedor |
|---------------------------|--|----------------------|
| Pieles crudas de borrego  | 74.3   | 1                    |
| Pieles crudas de bovino   | 21.7   | 2                    |
| Cueros de bovino y equino | 21.7   | 2                    |
| Pieles de bovino          | 19.7   | 2                    |
| Pieles de caprino         | 19.1   | 3                    |

FUENTE : SECOFI, 1990.

Del total de los productos de curtiduría que importó Estados Unidos de México, el 50.2 por ciento, 16.5 mdd, estuvieron exentos de impuestos y, el restante 49.8 por ciento, 16.3 mdd, enfrentó un arancel entre 0.1 a 5.0 por ciento. Es importante mencionar que con respecto a las importaciones de artículos de piel y viaje, éstas se gravaron con un arancel ponderado de 13.9 por ciento.

Con respecto a la actividad comercial en este sector con Canadá, en 1990, realizó importaciones por 336.6 millones de dólares canadienses (mddc). El principal proveedor canadiense fue Estados Unidos con 122.7 mddc, que equivalieron al 3.5 % del total importado (Tabla 5).

**TABLA 5. PRINCIPALES ABASTECEDORES DE IMPORTACIONES DE CURTIDURIA A CANADA**

| LUGAR           | PAIS          | MDDC  | PORCENTAJE |
|-----------------|---------------|-------|------------|
| 1               | E.U.          | 112.8 | 36.5       |
| 2               | Italia        | 55.7  | 16.5       |
| 3               | Argentina     | 39.2  | 11.6       |
| 4               | Reino unido   | 35.1  | 10.4       |
| 5               | Suecia        | 16.0  | 4.8        |
| 6               | Yugoslavia    | 10.4  | 3.1        |
| 7               | Brasil        | 7.4   | 2.2        |
| 8               | Nueva Zelanda | 6.8   | 2.0        |
| 9               | Japón         | 5.0   | 1.5        |
| 17              | México        | 1.9   | 0.6        |
|                 | Otros         | 36.3  | 10.8       |
| TOTAL IMPORTADO |               | 336.6 | 100.0      |

FUENTE : SECOFI, 1990.

Como se puede observar, en la Tabla 5, las importaciones mexicanas de curtiduría ocuparon el decimoséptimo lugar con un total de 1.9 mddc. De acuerdo con los valores obtenidos en años anteriores, México no ocupaba un lugar en este rubro, lo que muestra el avance que ha traído consigo la implementación del Tratado de Libre Comercio; sin embargo, es necesario aumentar la calidad de las pieles enviadas a sus países para alcanzar un lugar importante en las exportaciones a Canadá.

Con respecto al arancel impuesto los productos del sector éste fluctuó entre 0.1% y 15%.

### **4.3 Mercado para la producción del hidrosulfuro de sodio**

En el caso de la industria de aditivos para aceite lubricantes, el beneficio económico inherente a la producción de hidrosulfuro de sodio es sobresaliente, ya que no solo se obtiene un beneficio sobre la venta de este material, además se generan ventajas por ahorro en energéticos y consumo de agua. Para la industria de la curtiduría, se obtiene un ahorro significativo en la compra de hidrosulfuro del extranjero y del manejo de un material altamente riesgoso.

Para analizar el mercado del producto que se está proponiendo, una vez identificado los posibles clientes del producto, se encontró que la industria de la curtiduría era la mejor opción para su comercialización. A este respecto, se visitaron cinco compañías en la ciudad de León, Guanajuato. Es importante mencionar que existe mucha renuencia por parte de los fabricantes a emplear un material diferente al que consumen regularmente, es decir, no fácilmente adaptarían sus instalaciones para apoyar a un nuevo producto (mexicano) cuando por años han obtenido resultados económicos estables con el producto que emplean.

De las compañías visitadas, sólo dos se interesaron por el material. Puesto que las empresas cuentan con el equipo necesario (infraestructura y personal) para un seguimiento del proceso empleando el hidrosulfuro nacional, no se tuvo objeción en implementar un sistema para elevar la concentración del producto ofrecido del 13% al 30% como se necesita por el proceso de producción.

El hidrosulfuro, empleado actualmente en las tenerías tiene una concentración del 20%. Este compuesto se importa a un precio de hasta \$10.00 USD por libra (134 pesos mexicanos), a una concentración del 70%, para utilizarla en el proceso la diluyen con agua hasta tener la concentración deseada.

#### 4.3.1 Ventajas económicas para la industria de los aditivos.

El proceso de producción se ha visto beneficiado debido a que ha reducido sus costos energéticos y de servicios, además de no tener que disponer de subproductos.

Las principales ventajas se establecen para:

##### 1. Empleo de un hidroeyector

El hidroeyector sustituye el uso de dos eyectores de vapor, los cuales operaban con un consumo horario de 1.72 Ton. Para la producción de un lote de hidrosulfuro de sodio se emplea el hidroeyector con un consumo de 0.8626 Ton/h. Como el proceso dura 20 h., se tiene un ahorro de 34.5 Ton de vapor, esto implica menos trabajo de la caldera eliminando, al menos durante la etapa de reacción, el consumo de gas y agua, considerando que el vapor generado no es reciclado hacia el tanque de condensados.

A continuación se muestra el ahorro en términos de pesos por tonelada de vapor no consumida.

Consumo de vapor por eyector.

$$0.8626 \text{ Ton/h} \times 2 \text{ eyectores} \times 20 \text{ h de operación} = 34.5 \text{ Ton}$$

Si el costo de la tonelada de vapor es de \$40/ton el ahorro es de

$$34.5 \text{ Ton} \times \$40/\text{Ton} = \$1380.16$$

##### 2.- Requerimientos del incinerador

Como ya se mencionó, el ácido sulfhídrico que se genera en el proceso de fabricación de aditivos se envía hacia el incinerador, el cual opera en dos fases con una eficiencia del 80%.

- Fase 1. Baja temperatura (500 °C) con una generación de 10 MBTU/h y,
- Fase 2. Alta temperatura (700 °C) con una generación de 20 MBTU/h.

El requerimiento de calor promedio para oxidar el ácido sulfhídrico a SO<sub>2</sub> es de 12.5 MBTU/h.

Con la introducción del proceso de producción del hidrosulfuro de sodio, el uso del incinerador se anula, lo que trae consigo un ahorro en el requerimiento de calor demandado de 12.5 MBTU/h. Si a esto se adiciona que el costo de 1 MBTU es de \$20.36 (costo de gas natural por poder calorífico de combustible) y que el proceso se lleva a cabo durante 20 horas, se tiene un ahorro total de \$5,090.00 por batch.

$$10 \text{ MBTU/h} \times 1/8 \text{ (eficiencia)} \times 20 \text{ h} \times \$20.36 = \$5090.00$$

### 3. Disposición de sosa agotada.

Como el uso de las columnas era de proteger a la planta de la liberación del ácido sulfhídrico que no pasará al incinerador, se debía después de un periodo disponer la sosa agotada. Con el sistema propuesto se tiene un ahorro de tres pesos por litro de sosa agotada. La Tabla 6 muestra los costos relacionados con la disposición de sosa en un relleno sanitario.

TABLA 6 DISPOSICIÓN DE SOSA AGOTADA

| COSTO DE DISPOSICION:              | PESOS POR LITRO DE SOSA, \$ |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Disposición de un litro de residuo | 1.50                        |
| Recipiente para disposición        | 0.25                        |
| Mano de Obra                       | 0.0045                      |
| Transportación                     | 1.33                        |
| Administrativos                    | 0.01                        |
| <b>TOTAL</b>                       | <b>3.0945</b>               |

#### 4.3.2 Ventajas económicas para la industria de la curtiduría

Para la industria curtidora, el hidrosulfuro empleado hoy en día en las tenerías tiene una concentración del 30%. Este material se importa a un precio de \$126 por kilogramo con una pureza de 70%, situación que obliga a las tenerías a diluir el producto para alcanzar la concentración especificada.

Si se considera que un litro de solución, se prepara de la siguiente manera:

$$300 \text{ g NaHS} \times 1/0.7 + 700 \text{ ml H}_2\text{O} = 428.6 \text{ g NaHS} + 700 \text{ ml H}_2\text{O}$$

La propuesta para emplear la solución de NaHS al 13%, producido en la reacción de neutralización con sosa del ácido sulfhídrico generado durante la producción de aditivo para aceite lubricante, en el proceso de depilado en la industria curtidora reduce el consumo de NaHS importado en un 57%, ya que solo se emplearía 17% (con una pureza del 70%), en peso de este material para alcanzar la concentración del 30%.

Par determinar la ganancia económica del curtidor usando el producto nacional se hacen las siguientes consideraciones:

1. Costo requerido para la preparación de un litro de solución empleando la mezcla al 30 % de material importado

$$428.6\text{g NaHS} \times \$0.126/\text{g NaHS} + 0.7\text{ L H}_2\text{O} \times \$0.006/\text{L} = \$54.00/\text{L}$$

2. Costo requerido para la preparación de un litro de solución empleando la mezcla al 30 % de material nacional

Considerando un precio de venta de NaHS al 13% (planta de aditivos) y que la empresa curtidora requiere un flete de 8000 L, el costo por adquisición para la empresa en León, Guanajuato es de

$$\$0.025/\text{L (venta)} + \$0.225/\text{L (flete)} = \$0.25/\text{L}$$

El costo del 17% de NaHS de importación requerido para llevar la concentración de 30% para un litro es:

$$170\text{ g} \times 1/0.7 = 242.85\text{ g (0.243 kg)}$$

$$\$0.25/\text{L (sol. al 13\%)} + \$126/\text{kg NaHS} \times 0.243\text{ kg (NaHS importado)} = \$30.86/\text{L}$$

Esto implica un ahorro de \$24.14 por litro de solución, esto es, un 43.9% en el costo para la generación del hidrosulfuro de sodio al 30% empleando producto nacional.



Aunado al porcentaje de ahorro en el costo del proceso hay otros beneficios ya que se deja de importar material en dólares que ante la variabilidad del mercado resulta atractivo, se reduce el volumen de material peligroso a transportar y el manejo dentro de planta es menos riesgoso.

#### 4.3.3 Ejemplo de uso en una tenería.

Una de las compañías que emplea la solución de hidrosulfuro de sodio al 13% que se produce en la industria de los aditivos, optó por esta alternativa ya que en promedio prepara lotes de solución de 6,000 litros, lo que de acuerdo a la estimación del punto 4.3.2, el ahorro planteado resultó ser de gran interés.

La solución de NaHS al 30%, se obtenía disolviendo 2,572 kg de NaHS importado al 70% de pureza y agregaban agua hasta completar 6,000 litros, lo que tenía un costo de

$$2,572 \text{ kg} \times \$126/\text{kg} + 6,000 \text{ L} \times .006/\text{L} = \$324,108.00$$

Ahora, como sólo agregan 1,106 kg (17%) de NaHS de importación para la misma solución, el costo

$$6000 \text{ kg} \times 0.17 \times 1/0.7 = 1457.14 \text{ kg}$$

$$6000 \text{ L} \times \$0.25/\text{L} + 1,457 \text{ kg} \times \$126/\text{kg} = \$185,082.00$$

Esto significa un ahorro de \$139,026.00 en el costo de preparación de la solución para el depilado de la piel. Esto abarata los costos de producción del cuero además de ofrecer una piel de excelente calidad por el uso del hidrosulfuro.

## EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD

---

En México, la última década se ha caracterizado por un gran impulso para el desarrollo económico y social, contando con una importante participación de sector industrial. En general, la industria de proceso es una industria interesada en la motivación donde día a día se desarrollan nuevos procesos para la elaboración de productos que sirven como base a otras industrias. Sin embargo, esto implica que en ocasiones se tenga que trabajar en condiciones extremas de temperatura, presión o utilizando y disponiendo sustancias con características fisicoquímicas que representan un peligro para la salud humana, para el ambiente y las instalaciones.

En este capítulo, se presentan los riesgos inherentes a la producción de hidrosulfuro de sodio y las medidas de seguridad consideradas para situaciones de riesgo. Debido a la confidencialidad de la información sobre las condiciones de operación del proceso no es posible hacer un análisis de riesgo generalizado como son el HAZOP, WHATI IF o un árbol de fallos.

### 5.1 Seguridad en la industria química

Invariablemente, después de que ocurre un accidente, y en ocasiones, cuando se encuentran dificultades operacionales importantes, se procede a una investigación para establecer la causa o causas que provocaron dicho accidente y se elaboran las recomendaciones necesarias para evitar que ocurra el mismo nuevamente. A menudo, una vez que éstas se han encontrado, la falla en el diseño o en los métodos de operación parece obvia. En parte se aprende con base en la experiencia y mientras esto es valioso, puede ser costoso en términos del sufrimiento humano y pérdidas económicas, por lo que cada vez y con mayor fuerza se ve la necesidad de la utilización de métodos preventivos, donde la imaginación de eventos es una de las herramientas más importantes, que ha últimas fechas se ha convertido en una tendencia a nivel mundial

El compromiso con que cuenta hoy la industria es el de tomar acciones y medidas necesarias para reducir la posibilidad de ocurrencia de accidentes catastróficos relacionados con materiales y procesos peligrosos.

### 5.1.1 Definición de riesgo

La palabra riesgo se emplea para la indicar la posibilidad de sufrir pérdidas, o como una medida de pérdida económica o daño a las personas, expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias. Por otra parte, se utiliza la palabra peligro para designar una condición física o química que puede causar daño a las personas, el medio ambiente o la propiedad. Sin embargo, ambos términos son empleados con frecuencia indistintamente.

Puesto que las actividades industriales son necesarias en el desarrollo económico de un país, la principal pregunta se reduce a decidir cuál es el nivel de riesgo aceptable en una instalación o proceso determinado, o con mayor precisión, en qué medida un riesgo puede ser aceptado en virtud de los beneficios que se derivan de sumirlo.

El nivel de decisión sobre el nivel de riesgo aceptable es complejo ya que es necesario tener en cuenta consideraciones humanitarias, económicas, de responsabilidad legal y de imagen pública. Para ello, se debe distinguir entre el riesgo que objetivamente existe, con una cuantificación determinada, y el riesgo percibido. De acuerdo con Sage y White (1980, en Zimmerman, 1990) existen cuatro riesgos principales:

- riesgo real, cuando se anticipa a las circunstancias actuales
- riesgo estadístico
- riesgo predictivo, generalmente estimado por información existente
- riesgo percibido.

Por su parte Vlek y Stallen (1980, en Zimmerman, 1990) presentan otra lista en la que incluyen la probabilidad de pérdida, el tamaño y la pérdida esperada y la varianza de la distribución de probabilidad sobre las utilidades de todas las consecuencias posibles. La psicología social a su vez contribuye dando sus categorías de riesgo, las cuales se dimensionan en la percepción del mismo: controlable, voluntario, común y catastrófico.

### 5.1.2 Revisión de la seguridad en el proceso

Para poder decidir sobre si un riesgo es o no aceptable, se requiere estimar de alguna forma su magnitud, lo que implica un análisis previo. Analizar riesgos significa desarrollar una estimación cuantitativa del nivel de peligro potencial de una actividad, referido tanto a personas como a bienes materiales, en términos de magnitud del daño y la probabilidad de que tenga lugar. Los resultados del análisis de riesgos se utilizan para la toma de decisiones (gerencial o administrativa), ya sea mediante la

jerarquización de las estrategias de reducción de riesgos o mediante la comparación con los niveles de riesgo fijados como objetivo en una determinada actividad. Los elementos principales de un programa de administración de riesgos se pueden observar en la Tabla 7.

El análisis de riesgos permite, dentro de los niveles de incertidumbre asociados a cada tipo de análisis empleado y a los datos disponibles, cuantificar el potencial de accidentes existentes en una determinada instalación o proceso, y, supuesto que éste se considere demasiado elevado, comparar las distintas alternativas de solución.

TABLA 7 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE GERENCIA DE RIESGOS

| GERENCIA DE RIESGOS   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Identificación de peligros</li> <li><input type="checkbox"/> Análisis de consecuencias</li> <li><input type="checkbox"/> Evaluación del riesgo</li> <li><input type="checkbox"/> Entrenamiento de los trabajadores</li> <li><input type="checkbox"/> Control del diseño de modificaciones</li> <li><input type="checkbox"/> Procedimientos de operación</li> <li><input type="checkbox"/> Procedimientos de mantenimiento</li> <li><input type="checkbox"/> Investigación de accidentes/incidentes</li> <li><input type="checkbox"/> Auditorías de seguridad</li> <li><input type="checkbox"/> Registro y archivo</li> <li><input type="checkbox"/> Planes de emergencia</li> </ul> |

Un análisis de riesgos orientado a la prevención de accidentes, *aseguramiento del riesgo*, decisivo para la teoría de sistemas y análisis de decisiones, implica las etapas siguientes:

- (a) Identificación del peligro.
- (b) Estimación de la magnitud del peligro y la probabilidad de eventos no deseables o situaciones atribuibles a éste.
- (c) Estimación de las consecuencias o efectos del riesgo del peligro que se declara, usando información toxicológica, epidemiológica y médica así como análisis de exposición.
- (d) Formulación de alternativas para prevenir, evitar y controlar riesgos.
- (e) Evaluación de las alternativas desde el punto de vista social, económico y de salud.
- (f) Determinación de la aceptabilidad del riesgo como una función de percepciones, actitudes, creencias y comportamiento.

- (g) Selección e implementación de la alternativa con base en evaluaciones técnicas y de disponibilidad.
- (h) Monitoreo y retroalimentación para reajuste.

Sin embargo, es frecuente omitir algunas circunstancias que pueden dar lugar a desarrollos peligrosos. Para evitar estas fallas se recurre tanto a la experiencia del personal involucrado como a las diversas herramientas desarrolladas por la propia industria. En ocasiones, los riesgos son evidentes y no necesitan procedimientos especiales para ponerse de manifiesto.

Los métodos de identificación de riesgos se dividen como se muestra en la Tabla 8. Los métodos comparativos se basan en la experiencia previa acumulada en un campo determinado, bien como registro de accidentes previos o compilada en forma de códigos o listas de comprobación. Los índices de riesgo, aunque no suelen identificar peligros concretos, son útiles para señalar las áreas de mayor concentración de riesgo, que requieren un análisis más profundo o medidas suplementarias de seguridad. Finalmente, los métodos generalizados proporcionan esquemas de razonamiento aplicables en principio a cualquier situación, lo que los convierte en herramientas de análisis, versátiles y de gran utilidad.

TABLA 8. PRINCIPALES MÉTODOS UTILIZADOS EN LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

|   |
|---|
| <p><b><u>Métodos comparativos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Códigos</li><li>• Listas de comprobación</li><li>• Análisis histórico de accidentes</li></ul> <p><b><u>Métodos de riesgo</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Índice Dow</li><li>• Otros índices: Dow-Mond, IFAL, etc.</li></ul> <p><b><u>Métodos generalizados</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Análisis de riesgos y operabilidad (HAZOP)</li><li>Análisis de modalidades de fallo y sus efectos (FEMA)</li><li>Análisis de árbol de fallos (FTA)</li><li>Análisis de árbol de sucesos (ETA)</li><li>Análisis "WHAT IF"</li></ul> |
|---|

FUENTE: Santamaría y Braña, 1994

## 5.2 Administración de la seguridad

Una cosa es tener la certeza que existe una conciencia general de los requisitos de seguridad y otra muy distinta que los preceptos de la seguridad serán puestos en práctica de manera confiable. En términos generales, los especialistas en seguridad han tenido más éxito en la promoción de la conciencia relativa a la seguridad que en el convencimiento para que los empleados tengan un comportamiento seguro. Sin embargo, esta no es necesariamente una acusación de los practicantes de la seguridad. Los problemas de optimización del desempeño son comunes donde quiera que el cumplimiento de un objetivo depende de la conducta de muchos individuos. Esta es la razón por la que se crean organizaciones. Estas conjuntan áreas de esfuerzo e individuos de manera que se proporcionen ámbitos de control adecuados a supervisores y gerentes a quienes se hayan asignado responsabilidades de logro específicas y una participación apropiada del poder de la autoridad de línea para alcanzar la meta anhelada.

Debe ser comprensible que la regulación de una operación no puede ser delegada a alguien que no tenga la responsabilidad de su cumplimiento. Donde prevalece una filosofía administrativa, las fallas son inevitables. No obstante, la práctica es relativamente común donde se consideran aspectos relacionados con la seguridad y la salud en el trabajo. La participación de la gerencia, cuando es absolutamente clara en estos casos, suele estar limitada a planteamientos de políticas generalizados poco frecuentes.

La gerencia de seguridad se apoya en regulaciones, capacitación y educación en torno a la seguridad, y el esfuerzo de subordinados del área de seguridad para conducir la reducción de lesiones y daños. Por lo común, se divide en cinco actividades.

1. Mantener separadas y visibles las responsabilidades de línea, en cuanto a la seguridad, de las correspondientes al personal administrativo.
2. Aclarar, sin lugar a dudas, la responsabilidad de la línea con respecto a la efectividad de la seguridad en las operaciones.
3. Hacer que el personal de seguridad responda por la correcta y adecuada información que facilita a la gerencia de línea
4. Crear objetivos operativos, con respecto a la seguridad, que coincidan con las necesidades y metas de la gerencia, que satisfacen las necesidades de seguridad.
5. Efectuar la medición de riesgos sobre una base que esté de acuerdo con la apreciación, por parte de la gerencia, de sus realizaciones.

Las tres primeras se dirigen por lo común a la alta gerencia en general, en tanto que los últimas dos corresponden al personal de seguridad.

### **5.3 Seguridad del sistema de tratamiento de ácido sulfhídrico con sosa**

Actualmente en el mundo existen una serie de organizaciones grandes con grupos de ingeniería fuertes, los cuales han venido desarrollando estándares, códigos, normas, etc. con base en su experiencia en el desarrollo de plantas, incorporando a su vez los códigos de diseño relacionados con las actividades, equipos o procesos en particular (*American National Standards Institute, American Society for Testing and Materials, National Fire Protection Association, etc.*).

En este trabajo, se ejemplifica el uso de las listas de comprobación o verificación, al ser un método sencillo que permite establecer el marco técnico de una empresa y las bases de diseño de un proyecto de seguridad, además de comparar en revisiones o auditorias el “es” contra el “debiera” de las instalaciones existentes de una planta.

Las listas de verificación son particulares para cada tipo de proceso e instalación aunque en algunos casos es factible que instalaciones con procesos similares puedan aplicar las mismas listas de verificación. Como es de suponer, existen por tanto listas para todas y cada una de las especialidades de ingeniería:

- Mantenimiento
- Producción
- Seguridad
- Transporte, etc.

El empleo de la lista de verificación para la identificación de riesgos puede ser muy variada, esta es muy genérica, sin embargo con el seguimiento que se le dé a través de las auditorias de la planta en operación, el trabajo se completa.

La ejecución de la identificación de riesgos mediante listas de verificación consta de:

#### *A. Definición de objetivos y alcances.*

Determinar los puntos de riesgo en la operación del proceso de neutralización de ácido sulfhídrico con sosa que se encuentra localizado en el área de servicios, así como el envasado y transporte del mismo.

#### *B. Selección del grupo de trabajo*

El grupo esta integrado por los siguientes departamentos:

- Seguridad
- Producción
- Ingeniería
- Mantenimiento

### *C. Preparación previa del análisis*

Se cuenta con el diagrama de flujo del proceso, lista de equipos, lista de materias primas, lista de productos terminados y procedimiento de operación.

### *D. Ejecución del análisis*

El análisis se aplica al sistema de tratamiento de ácido sulfhídrico con sosa, empleando el cuestionario de verificación de seguridad de proceso.

Antes de desarrollar la lista de verificación es conveniente señalar parte de las políticas de producción, mantenimiento y seguridad de la planta

#### *Políticas de Producción*

Elaborar los productos con calidad y puntualidad aprovechando al máximo materias primas, equipos y maquinaria, además de capacitar al personal, ver por la seguridad de los trabajadores, del entorno y de la población. Para ello los principales puntos de esta política son:

- Curso de inducción en el cual se incluye los requerimientos de seguridad, higiene y ecología.
- Exámenes sobre los procedimientos de manufactura, operación de maquinaria y equipo y de control de la contaminación.
- Exámenes prácticos en función del trabajo a desarrollar bajo la supervisión del jefe inmediato.
- Reporte de cualquier anomalía en proceso o maquinaria y equipo, así como condiciones inseguras y derrames o emisiones

#### *Políticas de Mantenimiento*

Mantener en óptimas condiciones los activos fijos de la empresa aprovechando al máximo los recursos con el objetivo de que la planta conserve sus condiciones originales para hacerla productiva y segura. Los puntos de interés son::.



- Curso de inducción sobre seguridad e higiene y ecología.
- Contar con un programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de cada uno de los equipos de la planta de acuerdo con el uso y tiempo de operación.
- Paro anual donde la planta se programa para un mantenimiento general
- Paro trimestral para mantenimiento de los equipos del área de reactores.
- Contar con las refacciones necesarias para el mantenimiento de bombas y válvulas del área de reactores y filtros.

### Políticas de Seguridad

Se busca que todos los empleados trabajen en un ambiente sano y seguro. La seguridad es, junto con la calidad y el costo, un elemento vital de las actividades productivas; por ello se harán todos los esfuerzos razonables en beneficio de la prevención de accidentes de la protección contra incendios y la conservación de la salud. Los puntos que forman las políticas de la seguridad son:

- La seguridad e higiene son condiciones necesarias y es responsabilidad de todos comprometernos y predicar con el ejemplo
- Nada de lo que hagamos justifica una lesión
- La seguridad debe ser administrada diariamente
- Toda lesión puede y debe ser evitada
- La seguridad nunca debe ser comprometida
- La seguridad no es negociable

Bajo este esquema resulta importante que parte del compromiso del gerente de seguridad hacia los trabajadores es que haga del conocimiento los posibles riesgos asociados a las sustancias que se trabajan y la forma de prevenir y resolver problemas (*hojas de seguridad*, ANEXO 1).

La Tabla 9 muestra el cuestionario de verificación aplicado al proceso de producción de hidrosulfuro de sodio.

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

**MATERIALES**

1.- ¿Qué materiales de proceso son inestables y espontáneamente inflamables?

Considerando que las materias primas son agua, sosa y ácido sulfhídrico y se utiliza diesel para el sistema de bombas con motor de combustión interna no se presentan sustancias que sean inestables o que espontáneamente sean inflamables

2.a.- ¿Qué evaluación se hicieron sobre la sensibilidad a los impactos

Dadas las características de los materiales esta prueba no aplica

b.- ¿Qué evaluaciones se hicieron sobre la posibilidad de reacciones y descomposiciones incontrolables?

Las materias primas, productos intermedios y terminados no son susceptibles de descomposición o reacción incontrolables

c.- ¿Se manejan materiales pirofóricos?

No

2.- ¿Qué datos has disponibles sobre la cantidad y el índice de generación de calor durante la descomposición de cualquier material que está en proceso?

No aplica

3.- ¿Qué precauciones son necesarias para los materiales inflamables, incluyendo el almacenamiento y los sistemas de tuberías?

El sistema de combustión interna cuenta con su propio depósito de diesel para la bomba del contactor y de gasolina para las bombas de recirculación de las torres.

4.- ¿Qué peligros de polvos inflamables existen?

En el proceso no se manejan sólidos

5.- ¿Qué materiales son altamente tóxicos?

El ácido sulfhídrico y el hidrosulfuro de sodio

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

6.- ¿Qué cambios se han producido en la composición de las materias primas y qué cambios ha producido esto sobre el proceso?

El cambio que se hizo fue el de diluir mas la sosa, este cambio optimiza la operación del proceso al eliminar la formación de sólidos al inicio de la operación, lo que obligaba a calentar la solución causando emisiones a la atmósfera

7.- ¿Qué se hace para asegurar un control eficiente sobre la identificación de la calidad de la materia prima?

El proceso no requiere de una calidad extrema de la sosa o agua, por lo que únicamente con la determinación de sosa libre, realizada por control de calidad, es más que suficiente.

8.- ¿Qué peligros podrían surgir por la falta de suministro de una materia prima o de más de una?

La sosa es un material muy común y que en cualquier parte se adquiere, si no se puede adquirir en la concentración solicitada, se adquiere en escamas y se disuelve hasta alcanzar la concentración deseada. Por otro lado, el sistema esta planeado para almacenar sosa para un mes de operación.

Si no se consigue la sosa, el sistema no se opera y el ácido sulfhídrico se envía al incinerador.

9.- ¿Qué seguridad hay de que pueda lograrse un suministro adecuada de materia prima ?

Hay un 100% de seguridad de que el suministro de materia prima sea el adecuado

10.- ¿Qué peligros pueden presentarse por la falta de gas para la purga, el mantenimiento o para inertizar? ¿Cuán seguro es el suministro de gas?

El sistema no depende de gas para su operación

11.- ¿Qué precauciones son necesarias considerar para lograr la estabilidad de todos los materiales que están almacenados?

Dado que los materiales son muy estables no es necesario tomar mas precauciones que las que se toman para el almacenamiento de reactivos corrosivos y tóxicos

12.- ¿Qué agentes extintores son compatibles con los materiales de proceso?

Dada la concentración de los materiales en agua, el agente extintor es soluble en agua

13.-

a.- ¿Sé cuenta con un suministro confiable de gas inerte para purgar, inhibir o desactivar?

No aplica para este proceso

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

b.- ¿Qué medidas de seguridad existen para rectificar el barrido mediante la purga en paro y arranque?

No aplica para este proceso

14.- ¿Qué quipos y procedimientos de emergencia hay disponibles?

El área cuenta con diques de contención para el caso de derrame; mangueras contraincendio para la extinción de fuego en los alrededores y para lavado con agua del material derramado. También, se cuenta con un sistema automático de arranque del sistema de combustión interna, en caso de falla eléctrica, se cuenta con dispositivos de alertamiento y un detector de sulfhídrico.

En caso de emisión de ácido sulfhídrico a la atmósfera se tiene un procedimiento de evacuación e indicadores de dirección del viento empleado durante la evacuación.

### REACCIONES

1.- ¿Defina si las reacciones son potencialmente peligrosas?

La reacción que se lleva a cabo no es peligrosa, de hecho es un sistema de seguridad y como medio de control de una sustancia peligrosa

2.-

a.- ¿Qué variables del proceso se podrían aproximar, o se aproximan, a las condiciones límite para crear un peligro?

La concentración de la sosa en la primer columna es de 1.5%, es importante dejar de alimentar ácido sulfhídrico ya que existe el riesgo de liberar sulfhídrico a la atmósfera.

b.- ¿Qué medidas de seguridad son proporcionadas para controlar tales variables?

Como rutina y parte de la operación del sistema se determina la concentración de sosa en los sistemas, nunca se emplea el sistema para más de cuatro batch, antes de continuar con el siguiente se llena una forma en donde el supervisor autoriza el inicio de la operación

3.- ¿Qué reacciones indeseables y peligrosas pueden producirse debido a un flujo o a una condición de proceso anormal o a una contaminación?

Dado que el proceso es una neutralización y se trata de dar una condición de operación, si no se alcanzada se emplean eyectores de vapor. Para los riesgos de falla de flujo y de contaminación se tiene:

*Falla de un flujo.* Se manejan dos flujos, el de sosa y de ácido, si no hay sosa en el eyector el

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

ácido está obligado a seguir dentro del tanque de almacenamiento de sosa de la bomba del hidroeyector y de las torres contactoras. Si falla la corriente de ácido sulfhídrico no ocurre nada

*Contaminación.* La contaminación la provoca el agua debido a que provoca una sobre dilución. Si en un momento dado el vacío provoca que producto sea arrastrado, el problema básico es la presencia de aceite en el sistema y, por tanto, mala calidad del material.

4.- ¿Qué mezclas combustibles pueden producirse dentro de los equipos?

Ninguna ya que se trata de soluciones acuosas

5.- ¿Qué precauciones se toman para los procesos que realizan dentro o cerca de los límites de inflamabilidad?

No aplican por manejarse materiales acuosas

6.-

a.- ¿Cuáles son los márgenes de seguridad en el proceso de todos los productos, reactivos o intermedios?

Las materias primas que intervienen en este proceso son manejadas a través de un sistema cerrado, por lo que no hay contacto con ellas. En caso de fuga de ácido sulfhídrico en el sistema, se desvía el gas hacia el incinerador.

b.- ¿Qué consecuencia podría producir la pérdida de ingredientes o una proporción incorrecta de reactivos?

Si hay una proporción mayor de sosa, provoca el taponamiento en la succión de la bomba debido a la formación de sulfuro. Fuera de esto es mayor el beneficio para la neutralización del ácido contar con concentración alta.

Por otro lado, si la concentración de sosa es menor, la consecuencia es una menor concentración de hidrosulfuro de sodio en el producto terminado y las torres se agotarán más rápido.

Si la concentración de ácido sulfhídrico es mayor, la consecuencia son las mismas que si se tiene menor concentración de sosa y, si la concentración es menor a la esperada, la consecuencia es que el tiempo para alcanzar la concentración de hidrosulfuro es mayor.

7.- ¿Qué materias extrañas pueden contaminar el proceso y crear peligros?

De acuerdo al proceso productivo no hay contaminante que, fuera de provocar mala calidad del producto terminado, provoque un peligro.

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

8.- ¿Qué medidas de seguridad se han tomado para eliminación rápida de reactivos, si esto fuese necesario, debido a una emergencia en la planta?

En caso de que exista un problema con el ácido sulfhídrico, este es desviado hacia el incinerador, si no es posible emplear este aparato se deja pasar al sistema de sosa a través de las torres contactoras.

9.- ¿Qué precauciones se han tomado para controlar una reacción en cadena, o fuera de cauce, que se a vecina o para detener una que ya ha empezado?

La única reacción que hay en este proceso es la neutralización y no hay riesgo de una reacción en cadena. La reacción puede seguir dos caminos: hacia la formación de sulfuro de sodio y, hacia la formación de hidrosulfuro de sodio. En primer lugar, se obtiene el sulfuro de sodio y continuando la reacción el hidrosulfuro, el desvío de la reacción significa obtener o no el producto deseado.

10.- ¿Qué condiciones peligrosas del proceso pueden resultar de la obstrucción gradual o repentina de un equipo, incluyendo líneas?

Una caída del flujo y/o la pérdida del vacío generadas por el taponamiento de la succión de la bomba debido a una alta concentración del producto.

Las líneas se pueden obstruir por la acumulación de sulfuro solidificado, esto provoca nuevamente la caída de presión por taponamiento de la succión de las bombas ya que la alimentación de los gases se hace en la parte inferior.

11.- ¿Existen medidas para la remoción o prevención de obstrucciones?

Si. Una forma eficiente para evitar que se formen los sólidos, la da el propio sistema, por medio del calentamiento producido por los gases, los cuales llegan al reactor a altas temperaturas. El calentamiento provoca la dilución de los cristales que se formen. En caso de que a esa temperatura se obstruya el sistema se desmonta la descarga del tanque de almacenamiento de sosa para retirar los cristales de la línea.

12.- ¿Qué materias primas o materiales del proceso pueden ser afectados debido a condiciones extremas del tiempo?

No hay afectación de las materias por las condiciones del tiempo

### **EQUIPOS**

1.- ¿Cuáles son los peligros potenciales de incendios externos que podrían crear condiciones peligrosas en el proceso interno?

El sistema se encuentra en el área de servicios auxiliares, donde el uso de combustible es un

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

peligro siempre latente de incendio, incrementado por la presencia del ácido sulfhídrico que es el material inflamable propio del sistema. En caso de que se presente un incendio en esta área, automáticamente, se desvía la corriente de ácido y se inician los trabajos necesarios para que en los reactores se interrumpan las reacciones y, así eliminar la generación del ácido.

2.- ¿Qué control de seguridad se mantiene en las zonas de almacenamiento?

En la zona de almacenamiento únicamente, se almacena la sosa diluida, el agua tratada que se emplea para este fin y el hidrosulfuro que por su dilución es un material que no es inflamable. Para el caso de derrames esta área se tiene aislada mediante diques de contención y los drenajes se comunican al tratamiento de aguas residuales, en específico, a la fosa de contención en donde esta corriente es manejada.

3.- ¿Las válvulas e interruptores de emergencia pueden alcanzarse con facilidad?

El sistema cuenta con interruptores en el área de fácil acceso y, además, se cuenta en el centro de control de instrumentos con un interruptor en caso de emergencia. Asimismo, el sistema cuenta con elementos térmicos que a determinada temperatura bloquean la alimentación de energía hacia los equipos eléctricos.

En el caso de las válvulas, no hay problema ya que se cuenta con válvulas de cierre rápido y en un lugar de fácil acceso.

4.- ¿Qué precauciones se toman para poder drenar totalmente los equipos a fin de que los trabajos de mantenimiento puedan efectuarse con seguridad?

Tanto el tanque de almacenamiento de sosa como las torres se diseñaron con fondos toriesféricos y con la tubería en el centro para que el desalojo sea completo y la limpieza fácil y completa. De igual forma, las líneas en donde se manejan los líquidos pueden vaciarse fácilmente ya que cuentan con válvulas a la descarga de cada bomba para drenarse, lavarse y vaporizarse.

5.- ¿Qué medidas se toman para disipar la electricidad estática a fin de evitar chispas?

Como medida para evitar electricidad estática todos los equipos están conectados a tierra

### CONTROL DE LA INSTRUMENTACIÓN

1.- ¿Qué peligros se presentarían si todas las fuentes de fuerzas motriz que hacen funcionar los instrumentos fallan casi simultáneamente?

Las fuentes de fuerza motriz (eléctrica y mecánica) hacen que el hidroeyector genere la cantidad de vacío necesario en los reactores. La falta de esta fuerza provoca pérdida del vacío en el reactor, lo que lleva a dejar de alimentar la corriente de ácido al sistema, o bien, entra en

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

operación el sistema de vacío con vapor. En ambos casos, la consecuencia final es una disminución en la eficiencia del proceso medida en términos de calidad del producto.

Las bombas de las columnas hacen que haya una mejor reacción de la sosa y el ácido; sin embargo, no significa que deje de haber esta reacción, por lo que únicamente se abate la eficiencia del sistema.

2.- ¿Habría un margen de seguridad suficiente para toda la operación; si todos los instrumentos fallasen simultáneamente?

La instrumentación con que cuenta el sistema es sencilla, con ella se tiene un mejor control del flujo en caso de falla se cuenta con un respaldo en planta. Los manómetros y termómetros sólo indican si las bombas no ha sufrido taponamiento y, que la potencia de descarga es la adecuada. Si falla el medidor de flujo, el vacío se controla con un vacuómetro que indica el vacío que se está produciendo y si este falla se hace mediante la instrumentación del reactor.

Los termómetros se emplean para controlar la temperatura dentro de las columnas y tanque de almacenamiento de sosa del hidroeyector, esto con el fin de evitar que con la temperatura alta se liberen vapores al ambiente, que provoquen olores en el medio ambiente. Si estos termómetros fallan se abre el serpentín de enfriamiento para asegurar que no suba la temperatura.

Por lo anterior si la instrumentación falla el sistema puede operar sin ningún problema.

### **OPERACIONES**

1.- ¿Cuándo fue la última vez que se revisaron y actualizaron los procedimientos escritos de operación?

La actualización de los procedimientos escritos se actualizó hace dos meses.

2.- Cómo se entrena el personal nuevo y se mantiene actualizado al personal experimentado sobre los procedimientos operativos, especialmente, para las puestas en marchas y paros de planta, así como para casos imprevistos y emergencia?

Para ambos tipos de personal, el entrenamiento es similar. Este consiste en:

- dar pláticas para conocer los procedimientos escritos;
- se indica como operar del sistema, incluyendo paro y arranque, con un supervisor quien es el que realiza el trabajo,
- Una vez mostrada la operación del sistema, se pide al trabajador que opere todo bajo supervisión del responsable del entrenamiento
- La actividad anterior se repite hasta que se considera que el operar tiene el dominio de las actividades.

El control de los avances logrados por el personal se realiza mediante el llenado de formatos



TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

|   |
|---|
| <p>de operación.</p> <p>Para los casos de emergencia, se realizan simulacros con los equipos fuera de operación y, posteriormente, operando sin estar alineados a los reactores, sólo alimentando aire.</p>   |
| <p><b><u>MANTENIMIENTO</u></b></p> <p>1.- ¿Qué se hizo para asegurar que los materiales de construcción son compatibles con los materiales de los productos químicos con que están relacionados?</p> <p>Para la selección de los materiales se seleccionó, con base al conocimiento de los productos a manejar, acero inoxidable para el punto de reacción y, acero al carbón para los puntos donde se maneja el hidrosulfuro de sodio.</p> <p>2.- ¿Qué control de mantenimiento se necesita para asegurarse que los reemplazos de materiales no producirán corrosión excesiva ni compuestos peligrosos con los reactivos?</p> <p>Se cuenta con un archivo de componentes de materiales de los equipos del sistema y bajo catálogo, especificaciones y certificados de calidad de materiales. En algunos casos, se hace la compra de estos.</p> <p>3.- ¿Qué reacciones peligrosas pueden presentarse como el resultado de la falla mecánica de un equipo (bomba, agitados, etc.?)</p> <p>Considerando las fallas de los equipos enumerando cada uno de ellos en orden de importancia, se tiene:</p> <p>a.- <i>Bomba del tanque de almacenamiento de sosa con reflujos hacia el hidroeyector.</i><br/>Su falla provoca que no se tenga vacío en el reactor, se desvía la corriente de ácido sulfhídrico hacia el incinerador y el vacío se continúa con eyectores de vapor, o bien se trabaja con el sistema de sosa con el resultado de que el hidrosulfuro de sodio se diluye.</p> <p>b.- <i>Bombas de las columnas con reflujos</i><br/>Cada una de las columnas cuenta con dos bombas, una eléctrica y una mecánica, si una de las bombas falla el sistema puede seguir operando con la bomba restante. Si las dos bombas fallan sólo se pierde la buena transferencia del gas en la columna, pero la reacción continúa.</p> <p>c.- <i>Medidor de flujo.</i><br/>Si falla, se pierde el control en la medida del vacío, pero es posible recuperarlo mediante la toma de presión, así como, con el medidor de vacío que se encuentra en el reactor y en la línea de alimentación de gases</p> <p>d.- <i>Válvula automática de bloqueo del sistema de alimentación de gases</i><br/>Si falla, se cuenta con una pequeña alimentación de aire con la cual se evita una sobrepresión dentro del sistema.</p> |

TABLA 9 CUESTIONARIO DE VERIFICACIÓN

4.- ¿Cuándo fueron inspeccionados visualmente, calibrados, radiografiados, probados de una manera hidrostática, etc. los equipos?

Los equipo tienen cuatro años de haberse construido y durante su fabricación instalación y pruebas se realizaron los radiografiados, chequeo de espesores tanto de tanques de almacenamiento como de columnas, así mismo como las pruebas hidrostáticas a tanques columnas y líneas. Considerando que el equipo prácticamente tiene operando un año, no es necesario realizar cada una de las pruebas en este momento. Sin embargo se tienen contemplados dentro de las revisiones trimestrales y anuales.

5.- ¿Cuál es el programa de mantenimiento preventivo en la instrumentación?

El programa preventivo contempla revisiones semanales de asientos, bobinas y limpieza de engranes. El mantenimiento mensual además de lo anterior incluye revisión de la parte electrónica, limpieza y recubrimiento visualizando cambio de tarjetas cada cinco años.

Los resultados de los análisis se emplearon como base para la elaboración de programas de seguridad para este sistema.

En la elaboración del programa integral y el plan de emergencia interno, se considero en forma especial el área de servicios, básicamente, el tratamiento de ácido sulfhídrico con sosa, pese a ser un sistema alternativo que opera a falla del incinerador de gases. Los programas están orientados a conservar la integridad física del personal y de las instalaciones, durante emergencias que pudieran presentarse en la operación del sistema, analizando y tomando acciones que minimicen los riesgos que esto implica.

El plan de emergencias consiste en el establecimiento de una serie de acciones, estrategias y procedimientos practicados que deben efectuarse en el área por todo el personal de la planta en coordinación con las brigadas de emergencia.

Para llevar a cabo el plan de emergencias del sistema de tratamiento de H<sub>2</sub>S con sosa es necesario agrupar al personal de la siguiente forma:

- *Jefe de mezclados* se encarga de los tanques de almacenamiento de materia prima, mezclados y producto terminado.
- *Jefe de servicios* del área de servicios auxiliares y tratamiento de efluentes, incluyendo el de H<sub>2</sub>S.

- *Jefe de mantenimiento* se encarga del almacén de tambores, refacciones y del taller de mantenimiento
- *Jefe de laboratorio* se encarga del área de control de calidad
- *Jefe administrativo* es el responsable de las oficinas administrativas, vestidores y anexos, personal de vigilancia .
- *Supervisor* es el encargado de las brigadas contra-incendio y de emergencia
- *Jefe de seguridad* es el responsable de la comisión mixta de higiene y seguridad, así como de la administración de la seguridad. Además tiene la responsabilidad de que el plan de emergencia se aplique y difunda al personal.

Haciendo un análisis de la operación del sistema y dado que este maneja, principalmente, agua, ácido sulfhídrico y sosa (materiales que implican un riesgo por toxicidad, corrosión pero no de incendio o de reacción espontánea), se puede considerar que el problema que mayor repercusión tiene es el de derrames o fuga de ácido sulfhídrico. Para este caso se deben aplicar los procedimientos de fuga y evacuación.

### **Procedimiento por fuga**

- A. Al sonar la alarma el personal no involucrado en el control de la emergencia , procederá a evacuar el área haciendo lo siguiente:
- 1.- Mantener la calma
  - 2.- Buscar la dirección del viento indicado por el cono de viento
  - 3.- Caminar en dirección tal que el viento no arrastre la fuga hacia usted
  - 4.- Alejarse por lo menos una distancia de 50 m.
  - 5.- Estar alerta a los cambios del viento.

- B. Al sonar la alarma el personal encargado de controlar la emergencia hacer lo siguiente:
1. Mantener la calma
  2. Reunirse en el lugar donde se encuentra el equipo de seguridad (mascarillas, goggles, casco zapatos, sistema de aire autónomo, línea de vida, bombas, equipo de limpieza, etc.
  3. Confirmar el corte de entrada de gases al sistema de tratamiento de sulfhídrico
  4. Procederá a alcanzar y controlar la fuga en caso de haberse presentado
  5. Se formarán dos brigadas, una para reconocer el problema y controlarlo y otra para mitigar sus efectos
  6. Reparar los daños a la brevedad posibles
  7. Dar aviso al responsable de la planta.
- C. Cuando el grado de siniestro exija que la evacuación sea la acción a tomar, se dirigirá al personal a los sitios de reunión sobre las siguientes bases:
- *Evacuación general* Inmediata. Le evacuación general tendrá lugar en cualquier fuga o derrame fuera de control en esta área
  - *Evacuación condicional*. Puede llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes alcances:
    - Parcial o por área, en la cual se llevará acabo en el caso de que la fuga o derrame sea en dos puntos, o que se haya salido de control solo personal autorizado o de planta debe permanecer en el área.
    - Por sabotaje, se evacua a todo el personal inmediatamente, notificando al mismo tiempo a los servicios y autoridades competentes.

Ante la ocurrencia de una o más eventualidades indicadas en párrafos anteriores, se procederá de acuerdo a lo señalado a continuación. Toda situación no prevista, se afrontará en función de las circunstancias imperantes y, marcarán el curso de la acción.

Las acciones a continuación descritas son flexibles y dependiendo de la magnitud y del tipo de emergencia que se presente.

#### *Del personal de las áreas.*

- Cerrar válvulas de alimentación de gas e interrumpir la energía eléctrica del área.
- Accionar la alarma de situación de emergencia para ubicar el sitio de la emergencia
- Avisar del siniestro a la brigada de emergencia de su respectiva área.
- Acatar con prontitud las indicaciones del jefe de grupo.
- Mantener la calma
- Si alguien se encontrara fuera de su área al momento de la emergencia, se deberá reportar con el encargado del grupo del área en donde se encuentre en ese momento.

#### *De la brigada de emergencia*

- Cerrar válvulas de alimentación de gas, interrumpir la emergencia del área por medio del centro de distribución, esto en caso de que aún no se hubiera hecho tal cosa.
- Si se trata de un derrame, por lo que debe cerrarse la válvula inmediata, en caso de que esto no sea posible, sellar mediante un medio mecánico la fuga, como el sistema de drenajes instalado y de diques de contención la posibilidad de que el líquido salga del área es muy remota, en caso de que esto suceda se deberá de contener inmediatamente con material absorbente, arena o esponjas absorbentes, levantar el material lo mas pronto posible y limpiar el área, los desechos se colocan en contenedores especiales para ser dispuestos en los sitios aprobados para residuos peligrosos. Toda la maniobra deberá hacerse con el equipo de protección antes mencionado.
- Avisar al mismo tiempo al resto del personal para que, de ser necesario, sean evacuados.

## EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

---

Es de todos conocido el peso que el factor social tiene en el campo ecológico. Esta exigencia, se debe en gran parte a las pérdidas mayores de vidas humanas y de recursos que han ocurrido en distintas partes del mundo, identificando a la industria como aquella con el alcance para generar desastres.

Dado que la contaminación es la resultante de una serie de actividades humanas que se manifiesta en el aire, agua y el suelo; afectando no solo la salud, sino también la calidad de vida, la producción y los servicios, la industria ha marcado una fuerte tendencia hacia la autorregulación a través de normas voluntarias.

Las medidas que han sido tomadas son diversas, se han establecido políticas de uso de suelo, de control de emanaciones a la atmósfera, de agua, ruido, así como un estudio metodológico en materia de impacto ambiental y análisis de riesgo.

En este capítulo se evalúan los efectos al ambiente resultado de la implementación del proceso para la producción del hidrosulfuro de sodio. Asimismo, se revisan los instrumentos regulatorios con que cuentan las industrias para cumplir con la normatividad vigente.

### **6.1 Sistemas regulatorios**

La preocupación de los gobiernos y de la sociedad civil por los problemas ambientales derivados de la adopción de modelos de desarrollo que pretenden alcanzar el progreso y el bienestar, sin considerar la sustentabilidad de la naturaleza y la posibilidad de agotamiento de los recursos naturales, a llevado en los últimos años a buscar la incorporación de la dimensión ambiental dentro de los planes, programas y proyectos por realizar, lo cual podría servir como una primera aproximación en la promoción de un desarrollo sustentable.

La problemática actual del desarrollo industrial del país, crea la necesidad de implantar o mejorar las herramientas de análisis ambiental y el control de los procesos productivos, con el fin de minimizar los riesgos de accidentes y efectos adversos sobre la población y el ambiente, para contar con procesos industriales limpios y seguros.

Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, además de permitir a la autoridad el establecer límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a diferentes medios, y condiciones para su verificación, desempeñan un papel fundamental en la generación de una atmósfera de certidumbre jurídica y una no menos importante función de promover el cambio tecnológico.

La experiencia en el desarrollo de la normatividad ambiental mexicana, así como la de otros países, ha permitido identificar que en la mayoría de los casos es mucho más conveniente, desde el punto de vista público como privado, generar normas voluntarias para procesos muy específicos de la actividad industrial.

### *6.1.1 Normas voluntarias*

Las normas voluntarias, son instrumentos que pueden ayudar a las empresas y a la sociedad a resolver de manera eficiente ciertos problemas. Son apropiadas para una inmensa variedad de situaciones, que abarcan desde el desarrollo de sistemas de administración ambiental hasta la difusión de buenas prácticas de ingeniería, así como para hacer medibles algunos compromisos contraídos en convenios entre la autoridad y las empresas asociadas.

La distinción entre Normas Voluntarias y Normas Mexicanas (NMX) es apenas perceptible, ya que su diferencia fundamental reside en que en el primer caso surgen de un convenio específico entre la autoridad y un grupo de empresas y, en el segundo son avaladas por un Comité Técnico de Normalización y publicadas por SECOFI en el Diario Oficial de la Federación.

Entre las ventajas de la instrumentación de estas normas destacan las siguientes:

- Llenan vacíos normativos oficiales que resultaría costoso e incluso ineficiente cubrir con las NOMs.
- Al ser propuestas por las empresas suelen partir de un análisis costo-efectividad que garantiza, además del mejoramiento del desempeño ambiental, una mayor competitividad de quien las aplican.
- Su aplicación es inmediata al evitar el lento y largo proceso propio de la elaboración de la Norma Oficiales
- Promueven la corresponsabilidad de la industria en el cumplimiento de objetivos sociales ambientales
- Pueden fomentar un enfoque de calidad total en los procesos productivos.
- Llevan a las empresas a un mejoramiento continuo de su desempeño ambiental.
- Sirven como antecedente y experiencia para la generación de Normas Oficiales Mexicanas.
- Permiten un sobrecumplimiento de la normatividad con beneficios para las partes involucradas.

### 6.1.2 Herramientas para cumplir la normatividad

Para alcanzar los objetivos planteados por la industria, los estudios de impacto ambiental y auditorías ambientales han resultado ser unas herramientas de gran valor para detectar, identificar y evaluar los problemas y posibles impactos que una obra, proyecto o actividad producirá tanto en el medio natural, como en el medio socioeconómico lo que permite tomar decisiones con respecto a los beneficios que se proponen.

En México las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) y Auditorías Ambientales (AA) han cobrado mayor importancia a partir de que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) les ha dado carácter de obligatoriedad, estableciéndose como un requisito previo a la realización de una obra, proyecto o proceso productivo. Este instrumento ha sido ampliamente utilizado en países desarrollados desde hace aproximadamente 20 años, mientras que en México su implementación tiene menos de 10 años, situación que obliga a conocer sus características técnicas, administrativas, legales y de interpretación.

#### 6.1.2.1 Estudios de Impacto Ambiental

La función de los estudios de impacto ambiental, es precisamente la de definir que tipos de impactos son los que van a incidir en el ambiente y cuales serían sus repercusiones en el ámbito social, económico, cultural, etcétera.

En términos generales, las evaluaciones de impacto ambiental se pueden definir como *“el conjunto de estudios desarrollados y analizados de manera global e integral, tendientes a evaluar el aspecto tecnológico, el costo-beneficio directo, y la factibilidad económica y ecológica de un proyecto”*.

La evaluación del impacto ambiental sirve como herramienta de dirección y orientación para el futuro, abriéndose paso como instrumento de la planeación ambiental y social en todo el mundo. Es asimismo, el instrumento de planificación decisivo para la protección preventiva del ambiente, pretendiéndose con ella, localizar, descubrir y analizar sistemáticamente todas las consecuencias potenciales de una actividad en una forma amplia, antes de que la autoridad competente decida sobre su autorización. La evaluación de impacto ambiental se entiende pues, como un instrumento de preparación de decisiones y debe, al proporcionar conocimientos sobre las interrelaciones y los pronósticos ambientales, hacer más previsibles las consecuencias de las decisiones a nivel ecológico y social; convirtiéndose en parámetros de decisión la viabilidad económica, la importancia política, la admisibilidad ecológica y la aceptación social.

Con respecto a la metodología general que se ha utilizado en México para organizar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) esta es similar a la propuesta por Wright y Greeh (1987), la cual utiliza la combinación de matrices de interacción con modelos



cualitativos y cuantitativos para la predicción de impactos. Esta metodología puede dividirse en diferentes etapas progresivas que representan distintos niveles de análisis, siendo estas las siguientes:

- Planeación de la EIA
- Caracterización ambiental
- Identificación, predicción y evaluación de impactos
- Medidas de mitigación y monitoreo
- Selección de alternativas
- Comunicación resultados

#### 6.1.2.2 Auditorías ambientales (AA)

Entre los dispositivos jurídicos para regular, controlar y prevenir la degradación ambiental, que el gobierno a puesto en marcha esta la creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Esta Procuraduría tiene como facultades vigilar el cumplimiento de la legislación, normas, criterios y programas para la protección, defensa y restauración del ambiente, así como la de realizar Auditorías Ambientales (AA) a empresas o entidades públicas y privadas respecto a los sistemas de explotación y manejo de compuestos que por su naturaleza constituyen un riesgo potencial para el ambiente y aplicar medidas de seguridad e imponer sanciones.

Las AA se originan en los Estados Unidos en la década de los años 70, en donde un grupo de industrias desarrollaron de manera independiente, programas para ayudar a la revisión y autoevaluación del estado ambiental que guardaban sus procesos de producción a fin de prevenir accidentes, minimizar riesgos y avanzar en sus niveles de seguridad, generándose desde diferentes enfoques filosóficos.

Los estudios desarrollados en 1979, en EUA, identificaron que el 68 % de 110 empresas examinadas tenían implantado un programa de AA y se caracterizaban por:

- Cumplir con una normatividad extensa y estricta.
- Llevar una relación adecuada con la Agencia de Protección Ambiental (EPA).
- Contar con programas, infraestructura y recursos humanos especializados en aspectos ambientales dentro de la propia organización.
- Tener definida una cultura ambiental a nivel corporativo.
- Invertir recursos para la optimización de actividades de protección ambiental con la misma importancia que los destinados a los aspectos de producción , comercialización, etcétera.

Estas acciones han redundado al cabo de los años en grandes beneficios económicos y sociales, no solo para el sector industrial sino también para la protección del ambiente, por lo que el gobierno mexicano decidió adaptar este tipo de programas como una estrategia para el cumplimiento de sus funciones en el campo ambiental.

Una auditoría ambiental es un acto de verificación a una empresa en aspectos relacionados con el medio ambiente. La Cámara Internacional de Comercio, definió en 1988, a la AA como:

*“Un instrumento de gestión que consiste en una evaluación sistemática, periódica y objetiva de la eficiencia de la empresa, los sistemas de gestión y del equipo introducido para controlar y evaluar el impacto ambiental de las actividades industriales para facilitar la supervisión y obtener información”.*

La AA incluye: revisión de documentos, captura verbal de la información, reconocimiento de las instalaciones, realización de estudios, análisis y pruebas, comparación referenciada de resultados, corroboración de la instrumentación de planes y programas, confirmación de hechos. Los resultados permiten determinar el grado de cumplimiento con los requerimientos legales vigentes, las políticas internas de la empresa y las prácticas normales de operación desde el punto de vista del control ambiental y manejo de riesgos industriales, así como el establecimiento de un sistema para aplicar los medios preventivos y correctivos más adecuados.

Los objetivos de una AA dependen de las características de la instalación por auditar, así como de las necesidades propias de la misma. Las etapas básicas de las auditorías son:

- A. Pre-auditoría o Visita Preliminar
- B. Desarrollo de la Auditoría

Para lograr lo anterior es necesaria la revisión de los siguientes puntos:

- a) Información general de la empresa
- b) Diseño y construcción
- c) Operación Legislación ambiental
- d) Contaminación del aire
- e) Contaminación del agua
- f) Contaminación del suelo

- g) Manejo de residuos
- h) Contaminación por ruido
- i) Contaminación por energía nuclear, térmica y lumínica
- j) Instalaciones
- k) Medidas para la prevención de accidentes ambientales
- l) Recabación de pruebas
- m) Evaluación de resultados
- n) Informes

Derivado de la auditoría se elabora un plan de acción, estableciendo soluciones, asignando responsabilidades, tiempos de cumplimiento y costos.

El último paso de una auditoría comienza con el seguimiento del plan de acción para asegurar que todas las deficiencias encontradas sean corregidas.

## **6.2 Actividades para el control ambiental en la producción de NaHS**

Como se ha visto a lo largo del trabajo, la implementación del sistema para la producción de hidrosulfuro de sodio en lugar de aumentar los requerimientos de infraestructura y consumos a traído un mayor número de beneficios. Entre estos se debe resaltar, los obtenidos para el control de la contaminación al reducir o eliminar los riesgos existentes en la planta para la elaboración de aditivos.

En el Capítulo 4 al analizar las ventajas económicas de la producción de hidrosulfuro, se revisaron los ahorros por dejar de consumir cantidades, en ocasiones excesivas, tanto de energéticos como de servicios. En general, el beneficio al medio ambiente se mide en términos de la cantidad de óxidos de azufre que se dejaron de liberar a la atmósfera, en la disminución de energéticos requeridos, en un menor consumo de agua y en el empleo de la sosa, lo que además evitó su disposición.

En los siguientes párrafos, se señalan los problemas asociados a cada una de las actividades que se venían realizando en la planta utilizando el sistema de neutralización como un mecanismo de apoyo y los beneficios obtenidos en términos de calidad del medio ambiente una vez que el sistema es productivo.

### 6.2.1 Disminución de recursos energéticos

Durante la última década, la necesidad por transitar hacia economías que incorporen en su base energética fuentes diferentes de las convencionales es imperiosa ante el creciente agotamiento de los hidrocarburos. Asimismo, resulta conveniente que la base energética de cualquier economía se diversifique tanto como sea factible, utilizando racionalmente todos los recursos disponibles para satisfacer las necesidades y requerimientos de la sociedad. En este contexto resulta claro que la industria de los aditivos aprovechen los ahorros inherentes a la producción de hidrosulfuro de sodio.

Si el sistema funcionará como el principal proveedor de energía térmica, se podría esperar una utilización del 80% de la energía generada, con lo que el beneficio económico sería tal como se muestra a continuación.

Consumo actual de gas natural para un calentador de

6 a 7.5 MMBTU/h

Al 80% de la capacidad

4,320 MMBTU/mes

Costo actual de 1,000,000 BTU

20.36 \$/millón de BTU

**Ahorro mensual al 59% de utilización del sistema**

**87,955.00 \$/mes**

Aunado a este ahorro se tiene una menor liberación de SO<sub>2</sub>, producto obtenido de la operación del incinerador.

### 6.2.2 Liberación de SO<sub>2</sub> a la atmósfera

El dióxido de azufre se forma por la oxidación de los combustibles fósiles que contienen azufre. Es un gas de condensación fácil, incoloro y de olor picante e irritante, y más pesado que el aire. Se disuelve ligeramente en el agua formando ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), que acelera la corrosión de los metales y materiales de construcción. En el ser humano, el dióxido de azufre provoca irritación y disminuye la actividad de los cilios epiteliales, agrava la bronquitis y favorece el efisema pulmonar.

Debido al tipo de equipo instalado en la planta para la incineración no existe normatividad que se aplique adecuadamente; sin embargo, es posible establecer una comparación a través de la NOM-085-ECOL/94, la cual establece las condiciones bajo las cuales se tienen contaminación atmosférica por fuentes fijas que utilicen combustibles fósiles, sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de humos,

partículas suspendidas totales, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión así como los niveles máximos permisibles de emisión de dióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.

La comparación es posible, a pesar de que los límites establecidos en la norma son para combustible líquido y el producido en la planta es combustible gaseoso, debido a que el incinerador cuenta con un ventilador de atemperamiento. Este ventilador genera un efecto de dilución, por lo que es posible obtener valores de SO<sub>2</sub>, 195 ppm, menores al valor esperado de 3500 ppm sin ventilador.

Dentro de la norma se establecen los parámetros de emisión máxima permisible en función de la capacidad calorífica del equipo de combustión, dado que la planta genera 7380 MJ/h, los valores críticos serán aquellos para 5250 a 43000 MJ/h, esto es

|                    |   |
|--------------------|---|
| Zona metropolitana | 1100 ppm (4.08 kg/10 <sup>6</sup> Kcal) |
| Zona crítica       | 2100 ppm (7.8 kg/10 <sup>6</sup> Kcal)  |
| Resto el país      | 2600 ppm (9.8 kg/10 <sup>6</sup> Kcal)  |

De esta manera, los análisis realizados en el incinerador para la combustión del ácido sulfhídrico, están por debajo de los valores críticos pese a no tener una relación directa en la forma en que se establecen.

### *6.2.3 Reducción del consumo de agua*

Pese a reducir los consumos de agua al no tener que diluir continuamente la sosa y que proteja al sistema de la liberación de NaHS, no se tiene cuantificado el ahorro. Sin embargo, cabe mencionar que la planta cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual el cual opera con una eficiencia del 80%.

### *6.2.4 Eliminación de la disposición de sosa agotada*

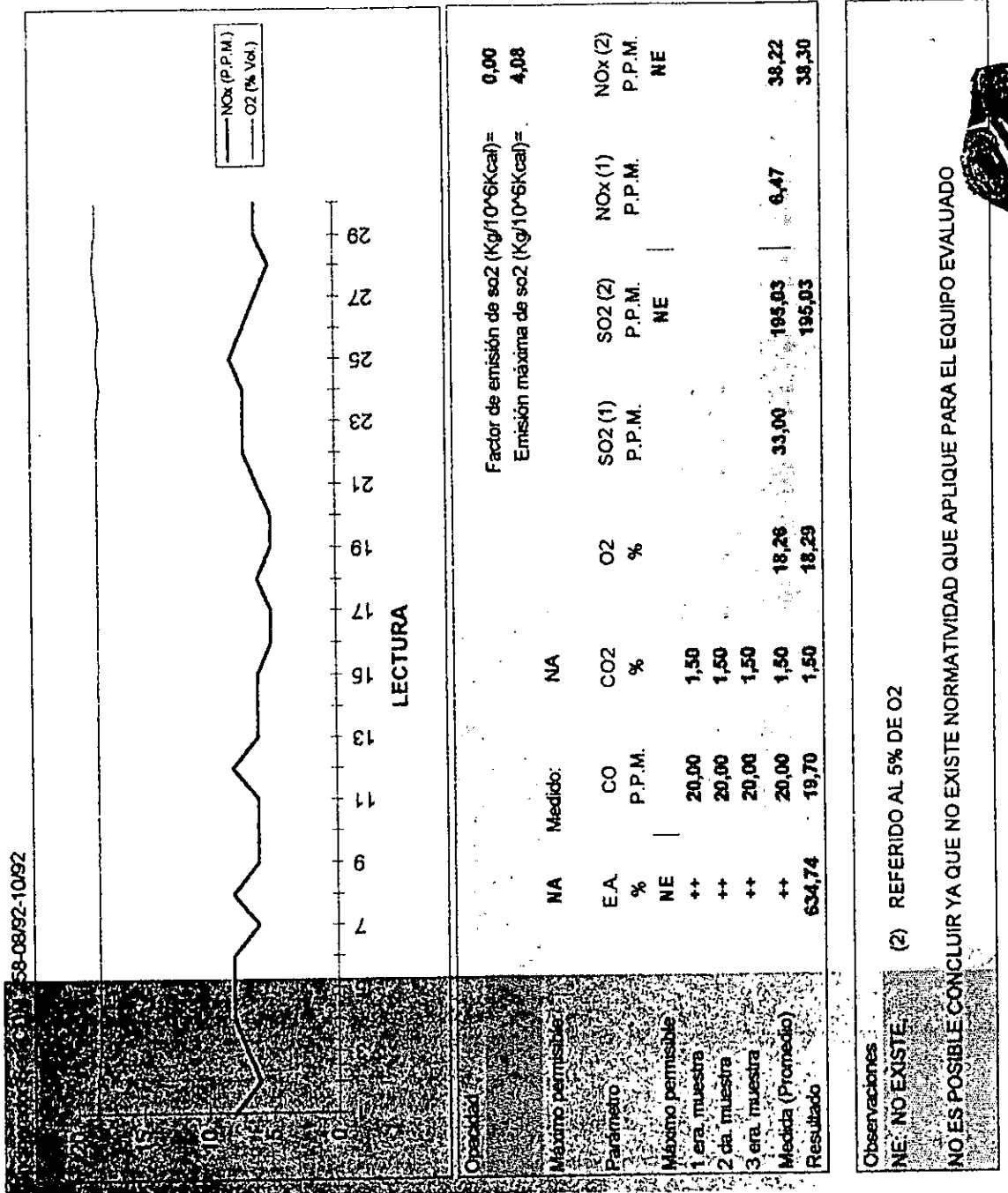
De acuerdo con la NOM-CRP-001-ECOL/93 que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, los residuos peligrosos se clasifican atendiendo a su fuente generadora por giro industrial y por procesos.

El seguimiento que se debe hacer para caracterizar a un residuo peligroso consta de una identificación primaria en el primer listado de la NOM si se encuentra se hace un análisis de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y/o biológico infeccioso.

Para el caso de la sosa gastada, empleando el sistema de neutralización como de respaldo, se determino su peligrosidad en función del punto 5.5.1 donde se dice que “un residuo se considera peligroso si en estado líquido o en solución acuosa presenta un pH sobre la escala menor o igual a 2.0, o mayor o igual a 12.5”. La sosa gastada tiene un pH de 13.

Para la disposición de la sosa gastada, la Empresa PROQUIMSA de CV presentó una propuesta anexa en el Cuadro 7, la cual no tuvo seguimiento una vez que el sistema de neutralización fue operado para la producción de hidrosulfuro de sodio.

Cuadro 6 Estudio de los gases del incinerador empleando el sistema de neutralización como una operación de respaldo



|                   |        |         |      |   |        |         |         |
|-------------------|--------|---------|------|---|--------|---------|---------|
| Operación         | NA     | Medido: | NA   | Factor de emisión de so2 (Kg/10 <sup>6</sup> Kcal)= | 0,00   | NOx (2) | NOx (2) |
| Máximo permisible |        |         |      | Emisión máxima de so2 (Kg/10 <sup>6</sup> Kcal)=    | 4,08   | NOx (1) | NOx (1) |
| Parámetro         | E.A.   | CO      | CO2  |   |        | P.P.M.  | P.P.M.  |
| Máximo permisible | %      | P.P.M.  | %    |   |        | NE      | NE      |
| 1 era muestra     | NE     | 20,00   | 1,50 |   |        |         |         |
| 2 da muestra      | ++     | 20,00   | 1,50 |   |        |         |         |
| 3 era muestra     | ++     | 20,00   | 1,50 |   |        |         |         |
| Mérida (Promedio) | ++     | 20,00   | 1,50 |   | 33,00  | 6,47    | 38,22   |
| Resultado         | 634,74 | 19,70   | 1,50 |   | 195,93 | 195,93  | 38,30   |

Observaciones  
 NE: NO EXISTE  
 NO ES POSIBLE CONCLUIR YA QUE NO EXISTE NORMATIVIDAD QUE APLIQUE PARA EL EQUIPO EVALUADO  
 (2) REFERIDO AL 5% DE O2

**Cuadro 7 Propuesta para la disposición de Sosa Gastada del sistema de neutralización analizado como una operación de respaldo**

En relación a su muestra del siguiente residual:

**1) AGUA CON SOSA GASTADA.**

Por su composición y de acuerdo a la Norma Técnica Ecológica de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca NOM-CRP-001-ECOL/93, que establece las características de los residuos peligrosos y en el listado de los mismos, el residual enlistado en el inciso anterior, cae dentro de esta clasificación.

Por tanto PROQUIMSA, DE C.V., hace a ADITIVOS MEXICANOS, S.A., la siguiente propuesta:

1.- AGUA CON SOSA GASTADA: Disposición y evaporación, con un costo de N\$ 0.95 por kilogramo Más I.V.A.

Condiciones:

- A) En el caso de destilación, se garantiza disposición de los residuales después del proceso.
- B) Servicio de recolección en transportes autorizados por la S.C.T. Servicio L.A.B. Su cuenta.
- C) Servicio de recolección en pipa.
- D) Todo bajo normas y reglamentación, de Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.



FALTA PAGINA

No. 80

# CONCLUSIONES

---

El crecimiento en México en las últimas décadas ha creado un fuerte impulso para el desarrollo económico y social, contando con una importante participación del sector industrial. Como se ha podido observar en el desarrollo de la tesis, el gobierno ha desarrollado políticas que permiten tener un mejor manejo del medio ambiente ante la fuerte presión, tanto de autoridades como consumidores, para que los procesos sean cada vez menos contaminantes, lo que ha llevado a implementar un impulso técnico-económico donde los procesos reciclen sus residuos o empleen los residuos de otras compañías.

En términos generales, y de acuerdo con la reingeniería, la producción de hidrosulfuro de sodio representa un excelente nicho de mercado, el cual es posible implementar ya que se cuenta con la infraestructura y el personal para realizarlo. Por ello es que se puede considerar como un proyecto viable del cual sólo resta analizar su impacto a futuro.

Resulta importante observar, que en un inicio el sistema de neutralización con sosa, parte medular del trabajo expuesto, sólo era un sistema de respaldo para cuando el incinerador de gases fallara o en caso de mantenimiento. Para lograr que la neutralización pasara de un equipo de respaldo a un sistema productivo, únicamente se modificó la filosofía de operación. Esto es, primero se dejaron de operar los eyectores de vapor, debido a que no eran necesarios puesto que el hidroeyector proporcionaba el vacío necesario para llevar a cabo la reacción (ácido sulfhídrico con sosa) y porque no se deseaba un producto diluido. En segundo lugar se modificó el tiempo de paro del sistema, el cual se realizaba una vez que la concentración de sosa libre era del 1.5%, mientras que para la producción de hidrosulfuro se requiere que la concentración de sulfuro de sodio sea cero y, esto ocurre después de que la concentración de sosa libre es menor 1.5%.

Una vez implementado el proceso de producción de hidrosulfuro de sodio, la estrategia seguida fue la de encontrar un mercado potencial para su comercialización. Siendo la industria de la curtiduría la que mayores ventajas presentaba para el consumo del producto generado. En ésta, el NaHS se emplea para que el depilado de la piel sea más eficiente y no dañe el cuero. En el estudio de mercado se identificó el potencial del producto generado debido a que un producto similar es consumido industria vía importación, lo que encarece el producto final.

Con respecto al impacto económico en la elaboración del hidrosulfuro de sodio, se debe recalcar que los beneficios son varios y todos ellos representan grandes ganancias:

- Ahorro de energéticos medidos en bajos consumos de combustible para operar los eyectores de vapor y, por tanto, el generador de vapor
- Ahorro al no tener que pagar por disponer la sosa agotada
- Ahorro en el consumo de agua.
- Eliminación de los costos financieros de un activo fijo (sistema de neutralización) al pasar a ser un proceso productivo.
- Venta del producto a las tenerías, principal mercado.

Por su parte, la industria curtidora recibe grandes ganancias por el empleo del hidrosulfuro de sodio nacional ya que representa una alternativa económica medida en los costos directos de sus plantas productivas. Las principales ventajas en la industria son:

- Reducción de costos por material importado
- Simplificación del proceso al tener que manejar un material disuelto y no en polvo.
- Se obtiene un producto a menor precio en el mercado al abatir los costos de producción, lo cual incrementa su capacidad productiva.
- Plantea el hecho de que se le da un mejor seguimiento al proceso logrando una mejor calidad y mayores rendimientos

Como se ha visto a lo largo del trabajo, la implementación del sistema para la producción de hidrosulfuro de sodio en lugar de aumentar los requerimientos de infraestructura y consumos a traído un mayor número de beneficios. Entre estos se debe resaltar, los obtenidos para el control de la contaminación al reducir o eliminar los riesgos existentes en la planta para la elaboración de aditivos.

En términos de calidad del medio ambiente, las medidas que han sido tomadas son diversas, se han establecido políticas de uso de suelo, de control de emanaciones a la atmósfera, de agua, ruido, así como un estudio metodológico en materia de impacto

ambiental y análisis de riesgo. En forma sintetizada y en función de los ahorros obtenidos en términos económicos las ventajas son: (1) *Disminución de recursos energéticos* (ahorro de \$87,955.00 al mes) , (2) *Liberación de SO<sub>2</sub> a la atmósfera* (195 ppm contra 2600 que marca la NOM-085-ECOL-1994), (3) *Reducción del consumo de agua* y (4) *Eliminación de la disposición de sosa agotada* (Costo por disposición realizada por una compañía especializada).

Finalmente, dado que la competitividad de la industria hoy en día no depende tan sólo de la abundancia de factores primarios a bajo costo en el mercado nacional. El mejoramiento del transporte y las comunicaciones; el abasto de agua, energía e insumos industriales básicos; la eficiencia del sistema fiscal y, sobre todo, la formación de recursos humanos, son factores fundamentales de la política integral de apoyo en el quehacer industrial.

# BIBLIOGRAFÍA

---

Asuad N.E. y Rocha M.A. (1997) "El desarrollo sustentable : Equilibrio necesario entre Economía y Espacio en América Latina y en la ciudad de México". Economía, No. 253, pp. 92-103. Diciembre 1996/Enero 1997.

ANIQ (1996) Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana. Edición 1995. Asociación Nacional de Ingenieros Químicos, A.C. México, D.F.

Banco de México (1995) The Mexican Economy 1995. Economic and Financial Developments in 1994, Policies for 1995. Banco de México. México, D.F.

Diario Oficial de la Federación 15 de diciembre de 1995

Diario Oficial de la Federación (1993) Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Secretaria de Desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

Diario Oficial de la Federación (1993) Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-002-ECOL/93, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Secretaria de Desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.

Diario Oficial de la Federación (1993) Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-003-ECOL/93, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93. Secretaria de Desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación.

Diario Oficial de la Federación (1994) Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL/94, Contaminación atmosférica-fuentes fijas- para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establecen los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisiones de bióxido

de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión. Secretaría de Desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación.

Grimaldi J. y Simonds R. (1991). La Seguridad Industrial. Editorial Alfaomega.

INE-SEMARNAP (1997). Registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Propuesta ejecutiva. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. pp. 162. México, D.F.

INE-SEMARNAP (1997). Programa de normalización ambiental industrial 1997-2000. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. pp. 15. México, D.F.

Morris D. y Brandon J. (1994). Reingeniería. Como aplicarla con éxito en los negocios. Editorial McGraw-Hill. 282 pp. Colombia.

O'Flaherty F., Roddy W. Y Lollar R. (1956). The Chemistry and technology of Leather. Vol.1. Reinhold Publishing Corporation, N.Y., USA.

Opalín Mielniska L. (1997) "Evolución del Estado y las Empresas ante los Desafíos de la Globalización" Administración y Calificación de Riesgos. *Ejecutivos de finanzas*. Año XXVI, No.11, pp. 50-59. México, D.F.

Richardson M.L. y Gangolli S. (1994). The Dictionary of Substances and their Effects. The Royal Society of Chemistry, Vol. 7. London, England.

Santamaría J.M. y Braña P.A. (1994). Análisis de reducción de riesgos en la industria química. Fundación MAPFRE. pp.522. Madrid, España.

SECOFI (1990). Curtiduría y Artículos de Piel. Tratado de Libre Comercio en América del Norte. Monografía 23. 23 pp. México.

SECOFI. Política Industrial y Comercio Exterior. 28 pp. México.

Secretaría de Energía y Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (1995) Diagnósticos Energéticos. Amacalli Editores, S.A. de C.V. México,D.F.

Secretaría de Energía y Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (1995) Diseño de sistemas de cogeneración. Amacalli Editores, S.A. de C.V. México,D.F.

Secretaría de Energía y Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (1995) Proceso productivo y de servicios. Amacalli Editores, S.A. de C.V. México,D.F.

Thorpe E. (1921). Enciclopedia Química Industrial. Tomo 2. Editorial Labor, Sociedad Anónima. Barcelona, España.

Ullmann's (1985). Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol4. Fifth Completely Revised Edition, USA.

Zimmerman R. (1990). Governmental Management of Chemical Risk. Regulatory processes for environmental health. Lewis Publishers, Inc. pp. 345. United States of America.

**ANEXO 1**

**HOJAS DE SEGURIDAD**



# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUIMICAS

1. FECHA DE ELABORACION 01 Agosto 1992 2. FECHA DE REVISION AGOSTO 1994

## SECCION I DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| 1. NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR<br><b>PENNYALT, S.A. DE C.V.</b> |  | 2. EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE AL TELEFONO O FAX No. <b>569-33-93/569-34-71</b><br><b>569-50-16</b> |  |
| 3. DOMICILIO COMPLETO<br><b>km 16.5 Vía Morelos</b>                    |  |   |  |
| Código Postal<br><b>55540</b>  |  | No. de Calle<br><b>Ecatepec</b>   |  |
| Municipio<br><b>Santa Clara</b>  |  | Estado<br><b>Edo. de México</b>   |  |
| Localidad o población  |  | Entidad federativa  |  |

## SECCION II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| 1. NOMBRE COMERCIAL<br>- Sosa caustica<br>- Lejia sódica |  | 2. NOMBRE QUIMICO Y PESO MOLECULAR<br>- Hidróxido de sodio —<br>- P.M. 40 |  |
| 3. FAMILIA QUIMICA<br>Hidróxidos                         |  | 4. SINONIMOS<br>- Sosa caustica<br>- Hidrato de sodio                     |  |
| 5. OTROS DATOS   |  |   |  |

## SECCION III COMPONENTES RIESGOSOS

| 1. % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES                          | 2. No. CAS | 3. No. NACIONES UNIDAS | 4. ESPECIFICAR SI ALGUN COMPONENTE TIENE EFECTO CANCERIGENO Y/O TERATOGENICO |             |  |
|---|------------|------------------------|--|-------------|--|
| Alcalinidad total a la fenolftaleina como NaOH (48% min.) | 1313-73-2  | 1824                   | ninguno  |             |  |
| Oxido de sodio como Na <sub>2</sub> O (37.2% min.)        |            |                        |  |             |  |
| Carbonato de sodio 0.14% max.                             |            | 1907                   |  |             |  |
| Cloruro de sodio 0.255 max.                               |            |                        |  |             |  |
| Hierro (Fe <sup>+3</sup> ) 10 ppm max                     |            |                        |  |             |  |
| LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION                 | G. IPVS    | 7. GRADO DE RIESGO     |  |             |  |
| 2mg/m3  |            | SALUD                  | INFLAMABILIDAD   | REACTIVIDAD |  |
|   |            | 1                      | 0  | 0           |  |

SECCION IV PROPIEDDES FISICAS

|   |   |
|---|---|
| 1. TEMPERATURA DE EBULLICION (C)<br>1390°C    | 2. TEMPERATURA DE FUSION (C)<br>318°C                 |
| 3. PRESION DE VAPOR mmHg 20 C<br>1 mm a 739°C | 4. DENSIDAD RELATIVA<br>2.130 a 25°C                  |
| 5. DENSIDAD DE VAPOR (aire = 1)               | 6. SOLUBILIDAD EN AGUA<br>Es soluble en agua          |
| 7. REACTIVIDAD EN AGUA                        | 8. ESTADO FISICO, COLOR Y OLO<br>Líquido transparente |
| 9. VELOCIDAD DE EVAPORACION (butil-acetato=1) | 10. PUNTO DE INFLAMACION                              |
| 11. TEMPERATURA DE AUTOIGNICION               | 12. % DE VOLATILIDAD                                  |
| 13. LIMITES DE INFLAMABILIDAD<br>SUPERIOR     | No aplicable<br>INFERIOR                              |

SECCION V RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION

|                           |   |              |
|---------------------------|---|--------------|
| 1. MEDIOS DE EXTINGUICION |   |              |
| NIEBLA DE AGUA            | X | QUIMICO SECO |
| HALON                     |   | OTROS        |
| ESPUMA                    |   |              |
| CO2                       |   |              |

2. EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION GENERAL PARA COMBATE DE FUEGO

Equipo de bombero completo con equipo de aire autónomo

PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO

Utilizar agua en forma de niebla para mantener frescos los contenedores, utilice el equipo de protección adecuado.

4. CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO O EXPLOSION NO USUALES

En estado líquido no es combustible pero en su estado sólido en contacto con humedad o agua puede generar suficiente para encender a materiales combustibles, al contacto con algunos metales pueden generar gas hidrogeno.

5. PRODUCTOS DE LA COMBUSTION

SECCION VI DATOS DE REACTIVIDAD

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. SUSTANCIA<br>ESTABLE X INESTABLE   | 2. CONDICIONES A EVITAR |
| 3. INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR)<br>Puede reaccionar violentamente con: ácido acético, etilalcohol, anhídrido acético, nitrómetano, alcohol amil, aluminio, $FeCl_2(C_2H_5O)_2$ , ácido clorosulfónico, 1,2-dicloroetileno, HCl, HF, hidroxilamina, anhídrido málico, $HNO_3$ , nitroetano, nitrometano. |                         |
| 4. DESCOMPOSICION EN COMPONENTES PELIGROSOS   |                         |
| 5. POLIMERACION PELIGROSA<br>PUEDE OCURRIR NO PUEDE OCURRIR X   | 6. CONDICIONES A EVITAR |

SECCION VII RIESGOS PARA LA SALUD

| VIAS DE ENTRADA                                | SINTOMAS DEL LESIONADO         | PRIMEROS AUXILIOS               |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. INGESTION ACCIDENTAL                        | es de caracter mortal          | Administrar oxígeno             |
| 2. CONTACTO CON OJOS                           | quemaduras                     | Lavar con agua en abundancia    |
| 3. CONTACTO CON LA PIEL                        | quemaduras                     | Aplicar grandes cantidades de m |
| 4. ABSORCION                                   |                                |                                 |
| 5. INHALACION                                  | Duño en el tracto respiratorio | administrar oxígeno             |
| SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA |                                |                                 |
| STPS (Inst. No 10)                             | SI NO X OTROS                  | SI NO X                         |
| ESPECIFICAR                                    |                                |                                 |

SECCION VIII INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

Neutralizar con ácido clorhídrico y deseché a través del drenaje con grandes cantidades de agua

SECCION IX EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

1. ESPECIFICAR TIPO Debe utilizarse botas y guantes de hule, goggles, careta contra impactos, mascarilla de protección respiratoria y equipo completo de hule.

2. PRACTICAS DE HIGIENE Evitar el contacto prolongado con esta sustancia, usar el equipo adecuado de protección cuando se maneje este producto, el hidróxido de sodio tiene una marcada acción corrosiva evite cualquier fuga de escurrimiento de este producto, mantenga siempre limpia la zona de manejo. Evite el contacto de esta sustancia con materiales que pudieran reaccionar violentamente.

SECCION X INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION

Se anexa hoja de emergencia en transportación

SECCION XI INFORMACION ECOLOGICA

PRODUCTO QUE SI NO ES DILUIDO ADECUADAMENTE REPRESENTA UN RIESGO AL EQUILIBRIO ECOLOGICO.

SECCION XII PRECAUCIONES ESPECIALES

PRECAUCIONES QUE DEBEN SER TOMADAS PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Se realiza en tanques de acero al carbón recubiertos con hule, los recipientes deberán permanecer en áreas bien ventiladas, cerradas y etiquetados.

OTRAS PRECAUCIONES La etiqueta debe indicar el estado físico de la sustancia, su concentración y las medidas mínimas necesarias de seguridad.

HOJA DE EMERGENCIA EN TRANSPORTACION

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>1 NOMBRE Y DIRECCION DE LA COMPAÑIA<br/>PENNYVALT, S.A. DE C.V.<br/>FABRICANTE/IMPORTADOR/USUARIO<br/>DISTRIBUIDOR</p> <p>2 TELEFONOS DE EMERGENCIA<br/>888-24-71</p> | <p>3 NOMBRE DEL PRODUCTO (COMERCIAL Y TECNICO)<br/>BOSA CAUSTICA (HIDROXIDO DE SODIO)</p> <p>4 IDENTIFICACION CORROSIVO</p> <p>5 No. DEL MATERIAL UN 1824</p> | <p>6 COMPAÑIA TRANSPORTADORA</p> <p>7 TELEFONOS DE EMERGENCIA</p>                                 |
| <p>8 ESTADO FISICO<br/>LIQUIDO</p>   | <p>9 ASPECTO FISICO<br/>TRANSPARENTE O OMBR CLARO</p>   | <p>10 AVISAR A LAS AUTORIDADES LOCALES<br/>Policia Federal de Carreteras, Bomberos, Cruz Roja</p> |
| <p>11 EQUIPO Y MEDIOS DE PROTECCION PERSONAL</p>   | <p>EQUIPO COMPLETO DE MULE, CARCO, CARETA FACIAL, GOGLES, GUANTES, BOTAS DE MULE, EQUIPO DE PROTECCION RESPIRATORIA Y PALA.</p>                               |   |

EN CASO DE ACCIDENTE :

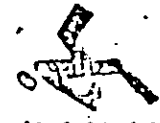
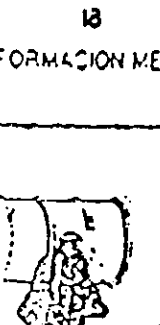

-PARAR EL MOTOCICLO  
-PONER SEÑALES EN ZONA DE PELIGRO  
-ALEJARSE A PERSONAS EXTRAÑAS DE LA ZONA DE PELIGRO

RIESGOS

ACCIONES

SI OCURRE ESTO

HAGA ESTO

|   |  |
|---|--|
|  <p>15 CONTAMINACION</p>       | <p>LA INHALACION DE NIEBLAS DE ESTE COMPUESTO PUEDE CAUSAR DAÑOS EN EL TRACTO RESPIRATORIO SUPERIOR. EL CONTACTO DE LA BOSA CAUSTICA CON LOS OJOS CAUSA RAPIDAMENTE SEVERAS QUEJADURAS. LA INGESTION ES DE CARACTER MORTAL, YA QUE PENETRA INMEDIATAMENTE A TRAVES DE TODOS LOS TEJIDOS PERFORADOS A SU PASO CON LA POSIBILIDAD DE ALCANZAR A LOS ORGANOS VITALES.</p>   |
| <p>16 INFORMACION MEDICA</p>  | <p>EN CASO DE CONTAMINAR ALGUNA AREA, PREVENGA QUE EL DERRAME SE EXTIENDA HACIENDO UNA BANJA EN LA TIERRA RODADA POR UN DIQUE DE ARENA O TIERRA. NO DEBE SER DESCARGADO AL DRENAJE HASTA QUE EL PRODUCTO SE ENCUENTRE NEUTRALIZADO.</p>  |
|  <p>20 DERRAMES / FUGAS.</p> | <p>18 TRASLADAR AL PACIENTE FUERA DE LA ZONA CONTAMINADA Y ADMINISTRAR OXIGENO. SI LA VICTIMA ESTA INCONSCIENTE PRACTICAR RESPIRACION ARTIFICIAL. SI EL LIQUIDO CAE EN ALGUNA PARTE DEL CUERPO, LAVE PERFECTAMENTE CON ABUNDANTE AGUA DESPOJANDO A LA VICTIMA DE SUS ROPAS. AL CONTACTO CON LOS OJOS LAVAR INMEDIATAMENTE CON GRANDES CANTIDADES DE AGUA. ADMINISTRE 2 O 3 DOTAS DE PANTOCALINA AL 1% Y LLEVE A UN MEDICO.</p> <p>21 EN CASO DE DERRAME O FUGA, NEUTRALIZARLO CON ACIDO CLORHIDRICO Y DEBEHE A TRAVES DEL DRENAJE CON GRANDES CANTIDADES DE AGUA.<br/>LA BOSA CAUSTICA TANTO SU ESTADO SOLIDO COMO SUS SOLUCIONES ACuosas CAUSAN CORROSION EXTREMA AL ZINC, ALUMINIO, ESTAÑO, PLOMO Y ALEACIONES DE ESTOS.<br/>CANALICE LA TIERRA CONTAMINADA A UN LUGAR ADECUADO PARA ESTE FIN.</p> |
|  <p>2 FUEGO</p>              | <p>23 NO COMBUSTIBLE. EN CASO DE INCENDIO RETIRAR Y ENFRIAR A LOS CONTENEDORES CON AGUA EN FORMA DE NIEBLA.</p>  |

HOJA DE EMERGENCIA DEBE ESTAR EN UN LUGAR ACCESIBLE PARA SER USADA EN CASO DE EMERGENCIA



ADITIVOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.

**HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES**

|   |   |
|---|---|
| ADITIVOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.<br>KM. 19.5 CARR. MEXICO CUAUTITLAN<br>TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO<br>TELS. 3-10-11-77/3-10-62-48<br>FAX 3-10-74-13 | HOJA No. 162 CAS: 167-80-5<br>MATERIAL: HIDRO SULFURO DE SODIO<br>AL 13%<br>PUBLICADA: 28/05/97<br>REVISION: 28/05/97 |
|---|---|

**SECCION I IDENTIFICACION DEL MATERIAL**

DESCRIPCION: HIDROSULFURO DE SODIO AL 13% MAXIMO (CRETIB: T,C)

OTRAS DESIGNACIONES: SULFIDRATO DE SODIO

FABRICANTE: ADITIVOS MEXICANOS S.A. DE C.V.

**SECCION II INGREDIENTES Y LIMITES DE EXPOSICION EN EL TRABAJO**

ORAL LD-50 : (INGESTION,RATA) 30 mg/kg

DERMAL : ES UN IRRITANTE EN CONTACTO CON LA PIEL.

EFFECTOS POR EXPOSICION: EL OLOR DE ESTE PRODUCTO ES PENETRANTE, EL CONTACTO POR TIEMPO PROLONGADO PRODUCE DOLOR DE CABEZA Y NAUCEAS.

**SECCION III DATOS FISICOS**

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| GRAVEDAD ESPECIFICA : 1.0 @ 15.6 °C | ASPECTO FISICO         |
| VISCOSIDAD : N.D                    | LIQUIDO                |
| SOLUBLE EN AGUA 100 %               | COLOR AMARILLO VERDOSA |

**SECCION IV DATOS DE INCENDIO Y EXPLOSION**

TEMPERATURA DE EBULLICION: 92 °C      TEMPERATURA DE INFLAMACION : N.A

LEL: N.A.      UEL: N.A.

MEDIOS DE EXTINCION:      DEBIDO A LA DILUCION NO ES INFLAMABLE

INCENDIOS ANORMALES O      NO SE ESPERA QUE SEA UN MATERIAL EXPLOSIVO O  
PELIGROS DE EXPLOSION      DE COMBUSTION EXPONTANEA

METODOS ESPECIALES DE      NO ENTRE EN ESPACIOS CONFINADOS NI INTENTE RESCATE  
LUCHA CONTRA INCENDIO      SIN EQUIPO PROTECTOR Y PROTECCION RESPIRATORIA  
CERTIFICADA.

N.A. NO APLICABLE

N.E. NO ESTABLECIDO

N.D. NO DETERMINADO

**SECCION V DATOS DE REACTIVIDAD**

ESTABILIDAD / POLIMERIZACION: ESTABLE A TEMPERATURA AMBIENTE  
NO POLIMERIZA.

INCOMPATIBILIDADES QUIMICAS : PUEDE REACCIONAR CON MATERIALES FUERTEMENTE  
OXIDANTES COMO NITRATOS Y PEROXIDOS.

CONDICIONES QUE HAY QUE EVITAR : NO CALENTAR, EL CALENTAMIENTO DE ESTE MATERIAL  
EMITE GASES SO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>S

**SECCION VI DATOS DE PELIGRO CONTRA LA SALUD**

CANCERIGENOS: SI: NO: X (IARC)

RIESGOS: ES UN IRRITANTE FUERTE DE LOS OJOS  
POR CONTACTO CON LA PIEL CAUSA IRRITACION  
SE ESPERA QUE SEA TOXICO POR INHALACION O INGESTION.

PRIMEROS AUXILIOS OJOS: ENJUAGUE POR 15 MINUTOS COMO MINIMO, MANTENIENDO LOS  
PARPADOS ABIERTOS.

PIEL: LAVAR EL AREA AFECTADA CON AGUA Y JABON.

INHALACION: RETIRAR A UNA AREA VENTILADA, ADMINISTRAR OXIGENO SI RESPIRA  
CON DIFICULTAD Y SI SE REQUIERE APLICAR PRIMEROS AUXILIOS.

INGESTION: BEBER AGUA O LECHE, PROCURAR CONSULTA MEDICA ANTES DE  
INDUCIR AL VOMITO.

**SECCION VII DERRAMES, FUGAS Y METODOS DE EVACUACION**

DERRAMES / FUGAS: LIMPIE EL DERRAME A LA BREVEDAD POSIBLE CON MATERIALES  
ABSORVENTES, O RECOJALO, DE SER POSIBLE CON BOMBEO. HAGA EL TRA-  
BAJO CON EL EQUIPO DE PROTECCION APROPIADO. EVITE QUE EL MATE-  
RIAL LLEGUE A ALCANTARILLADO O UN CUERPO DE AGUA.

EVACUACION: EL MATERIAL CONTAMINADO DEBERA CONFINARSE EN TIRADEROS  
AUTORIZADOS EN CONTENEDORES DESECHABLES.

IMPACTO AMBIENTAL: EL AREA CONTAMINADA SERA LIMPIADA Y CONFINADA EN SITIOS APROBA-  
DOS POR LA LEY.  
CONTENGA EL LIQUIDO PARA EVITAR LA CONTAMINACION DE SUELO  
Y AGUA.

**SECCION VIII DATOS ESPECIALES DE PROTECCION**

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: USE GOGLES, ROPA PROTECTORA Y GUANTES DE HULE.  
EN CASO DE IRRITACION POR INHALACION, UTILIZE  
PROTECCION RESPIRATORIA CERTIFICADA.

**SECCION IX PRECAUCIONES ESPECIALES Y COMENTARIOS**

SE REQUIERE VENTILACION APROPIADA. ESTE PRODUCTO ES MUY DILUIDO POR LO QUE SE  
ESPERA QUE NO SEA TAN AGRESIVO CON EL COMPUESTO PURO. EL OLOR DE ESTE MATERIAL  
ES MUY FUERTE POR LO QUE SE RECOMIENDA UN MANEJO LIMPIO Y A TRAVES DE LINEAS  
FIJAS. ESTE MATERIAL ES CORROSIVO POR LO QUE ES IMPORTANTE CONSIDERAR REVISION  
DE ESPESORES DEL MATERIAL O SU MANEJO EN ACERO INOXIDABLE O PLASTICOS.

ELABORO: JAZ