Environmental Pollution
Prevention Project

A Report of the
Office of Environment and Natural Resources
Bureau for Global Programs
United States Agency for International Development

EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA CROMADORA ALVAREZ HERMANOS, S.A. MÉXICO, D.F., MÉXICO,

Prepared for:

Hagler Bailly, Inc.
1530 Wilson Blvd., Suite 900
Arlington, VA 22209-2406
HBIX Reference No. TR-96-212
4701-408

Environmental Pollution Prevention Project (EP3)
Project Number 936-5559
Contract Number PCE-5559-C-00-3021-00

December 1996

INDICE

DECLARACIÓN 6

AGRADECIMIENTOS 7

RESUMEN EJECUTIVO 9
CUADRO 1. RESUMEN DE OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA 10

CAPITULO 1. ANTECEDENTES 11

1.1 Programa de los Centros Nacionales de Producción más Limpia (ONUDI/PNUMA) 11

1.2 El proyecto EP3 11

1.3 Proyecto de Eficiencia Energética. 12

CAPITULO 2. OBJETIVOS 13

2.1 Evaluación de Producción más Limpia y Ahorro de Energía 13

2.2. Objetivos del informe 13

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 15

3.1 Antecedentes de la empresa 15

3.2 Descripción del proceso 15

CAPÍTULO 4. OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA 17

RESUMEN DE OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA: CROMADORA ALVAREZ 24

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE ÍNDICES CRÍTICOS 25

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES 27

6.1 Calidad del producto y competitividad 27

6.2 Menor inversión en los equipos de control 28

6.3 Otras recomendaciones. 28

6.3.1. Eliminar el cianuro de cobre. 28
6.3.2 Reducir el voltaje de salida del Transformador 29
6.3.3 Monitorear las eficiencias y porcentajes de carga de los rectificadores 29

APENDICE A. DIAGRAMAS DE FLUJO Y CROQUIS DE LA PLANTA 33

A 1. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL PROCESO 33
A.1.1 PROCESO DE NíQUEL-CROMO 33
A.1.2 LINEA DE COBRE 37

A.3. DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DEL PROCESO NÍQUEL-CROMO 40

A.3 DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DEL PROCESO DE COBRIZADO 40

APENDICE B. NOTAS, CÁLCULOS, MÉTODOS EXPERIMENTALES Y RESULTADOS 43

B.1. COSTO DE LAS MATERIAS PRIMAS 43

B.2. PRODUCTOS TERMINADOS PRINCIPALES 44

B.3 COSTO DE SOLUCIONES Y MATERIALES 44
B.3.1 COBRIZADO ALCALINO 44
B.3.2 COBRIZADO ÁCIDO 44
B.3.3 CROMADO 45

B.4 COSTO DE ARRASTRE 46

B.5 COSTO DE MATERIALES EN ENJUAGUES 46
B.5.1 LINEA DE CROMADO 46

B.6 CONSUMO DE AGUA DE ENJUAGUES 47

B.7 COSTO DE DISPOSICIÓN DE LODOS 47

B.8 COSTOS TOTALES POR AÑO. 47

B.9 RECUBRIMIENTO 47
B.9.1 DATOS DE AREA SUPERFICIAL TOTAL POR AÑO. 47

APENDICE C. SISTEMA AUTOMÁTICO PARA REMOCIÓN DE GRASAS Y ACEITES 49

Este informe es propiedad del Centro Mexicano para la Producción más Limpia y de la Empresa Cromadora Alvarez Hermanos, S.A. El informe se realizó en base a un Convenio de Colaboración entre la Empresa y el Centro Mexicano para la Producción más Limpia quienes restringen el uso de este informe. No está autorizada su distribución, copia, referencia, o cualquier otro uso sin la autorización escrita de la empresa y/o del Director del Centro Mexicano para la Producción más Limpia.

DECLARACIÓN

La asistencia técnica y servicios proporcionados a la Empresa Cromadora Alvarez Hermanos, S.A., durante el período Septiembre - Noviembre de 1996, por el grupo de expertos que trabajaron en el proyecto de demostración en la Industria de Galvanoplastía bajo el patrocinio del Centro Mexicano para la Producción más Limpia (CMPL) , fueron proporcionados sin cargo para la empresa. Por tanto, el CMPL, los expertos que trabajaron en el proyecto y la Agencia para el Desarrollo Internacional, desconocen cualquier responsabilidad legal en México, en los Estados Unidos o en cualquier otra jurisdicción como resultado de la asistencia y los servicios proporcionados por los expertos (incluida las recomendaciones explícitas e implícitas así como las recomendaciones que hayan sido omitidas).

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue posible gracias al apoyo del programa de los Centros Nacionales de Producción más Limpia que lleva a cabo la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), cuyo Centro en México opera con el respaldo y patrocinio del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (CANACINTRA). El proyecto de demostración en el Sector de Galvanoplastía se realizó con la cooperación del Proyecto para la Prevención y Control de la Contaminación, el cual es un programa de la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo los términos del Contrato No. PCE-5559-Q-00-3022-00. La opinión expresada por los autores no representa necesariamente la opinión de ONUDI, PNUMA o de la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID).

La evaluación de Producción más Limpia que se reporta en este documento, fue realizada por el equipo de trabajo formado para este fin consistente de un experto internacional, profesionales nacionales y personal de la propia empresa. El propósito principal fue asistir a la empresa en el desarrollo de un programa permanente de Producción más Limpia (Prevención de contaminación, minimización de residuos y ahorro de energía).

El informe fue preparado por Susana Hurtado, Terry Foecke, Magdalena Rovalo, Guillermo Morales, Margarita Juárez, Demetrio Castillo, Margarito Coronado, Alejandro Delmar, Ruben Torres, Martín Vargas y Francisco Gómez.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la dirección y personal de Cromadora Alvarez Hermanos, S.A. por su ayuda y participación en la realización de los trabajos en planta. En particular, deseamos expresar nuestro agradecimiento al Ing. Raúl Alvarez.

RESUMEN EJECUTIVO

La evaluación de Producción más Limpia que se reporta en este documento, fue realizada por el equipo de trabajo formado para este fin, por un experto internacional, profesionales nacionales y personal de la propia empresa. El propósito principal fue asistir a la empresa Cromadora Alvarez Hermanos, S.A. en el desarrollo de un programa permanente de Producción más Limpia (Prevención de contaminación, minimización de residuos y ahorro de energía). Esta empresa fue una de las seis seleccionadas por el Proyecto de Prevención y Control de la Contaminación de USAID (Environmental Pollution Prevention Control, EP3) y el Centro Mexicano para la Producción más Limpia (CMPL).

Este informe cubre la actividad de evaluación realizada durante el periodo de Septiembre a Noviembre de 1996 en la empresa Cromadora Alvarez Hermanos, S.A. en el Estado de México, México. La empresa es una maquiladora de galvanoplastía que recubre piezas de fierro con cobre y níquel-cromo. El volumen de producción estimado en 1995 fue de 125,884,440 dm^2 de área superficial recubierta, producido por un promedio de 12 trabajadores en un turno por día. El interés particular de la empresa se enfoca en la reducción de costos y a la necesidad de un sistema de manejo de desechos simple y confiable.

El equipo CMPL identificó, analizó y describió 4 opciones de Producción más Limpia (resumido en la tabla que se inserta en este resumen ejecutivo) que pueden mejorar el proceso de producción, ahorrar energía, incrementar utilidades y reducir descargas al ambiente. Estas opciones se enfocan sobre el mejoramiento del proceso de producción en Cromadora Alvarez como un sistema; pocas pueden ser analizados en forma aislada. La mayoria de las opciones se enfocan sobre los procesos de pulido, desengrase y ahorro de energía eléctrica, que requerirán inversiones en capital de $8,010.00 y costos de operación incrementados de S11,097.00/año, pero producirán ahorros en el primer año de aproximadamente $23,529.00/año. Todas las cantidades están en pesos mexicanos; el tipo de cambio en el tiempo de la elaboración de este informe fue $7.95 por US$1.00.

La implementación de estas opciones podrá reducir el consumo de: 50 Kg/año de cianuro de cobre, 100 Kg/año de cianuro de sodio. También, se puede optimizar el uso de materiales de desengrase fuertemente alcalinos.

Se hicieron varias recomendaciones que, directa o indirectamente, mejorarán las condiciones de trabajo por medio del mejoramiento del equipo y del proceso, y por eliminación o reducción en la concentración de materiales, como por ejemplo el cianuro. Estas recomendaciones implementadas juntas, tienen el potencial de reducir el tamaño, complejidad y costo de cualquier eventual sistema de manejo de desechos y contribuir a mejorar el ambiente mediante el ahorro de energéticos.

Previous Page Blank

CUADRO 1. RESUMEN DE OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Acciones de Producción más Limpia	Áreas de Incidencia	Costo de Implementación	Ahorros económicos 1er. año	Periodo de recuperación de la inversión
1. Usar productos no grasos en pulido	Mejoramiento de la calidad de los productos	$11,097.00/año	$17,818.00/año *	------
2. Programar las piezas de pulido para entrar al proceso	Mejoramiento de la calidad de los productos	0	Los beneficios están dentro de la acción anterior	No aplica
3. Eliminar la grasa y aceite superficial de las soluciones de desengrase	Mejoramiento de la calidad de los productos	$3,600.00	$5,255.00/año	9 meses
4. Instalar un banco de capacitores	Aumento del factor de potencia	$4,410.00	$456.00/año	10 años
TOTALES		$8,010.00 (Inv.) $11,097.00/año	$23,529.00/año	

(*) En este cálculo no están contemplados los ahorros por la eliminación del tratamiento de cianuro y la disposición final de los lodos (en caso de ser necesaria), por lo que los ahorros pueden aumentar.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

Este estudio se llevó a cabo como un esfuerzo conjunto del Centro Mexicano para la Producción más Limpia, el Proyecto de USAID para la Prevención y Control de la Contaminación (EP3) y el Proyecto de Eficiencia Energética de EP3.

1.1 Programa de los Centros Nacionales de Producción más Limpia (ONUDI/PNUMA)

El Programa de los Centros Nacionales de Producción más Limpia es una iniciativa conjunta de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Centro de Industria y Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/DIMA). De acuerdo al protocolo firmado entre los dos Organismos, UNUDI es el Organismo operador y PNUMA/DIMA el organismo cooperante.

El propósito del programa es establecer Centros de Producción más Limpia que faciliten la transferencia de información y tecnología de Producción más Limpia a la industria de los países desarrollados a en desarrollo a la industria y las agencias de gestión ambiental de otros países en desarrollo y de economías en transición. Esto les permitirá incorporar técnicas de Producción más Limpia en sus esfuerzos para reducir la contaminación industrial.

El propósito último del programa es facilitar la incorporación del concepto de Producción Industrial más Limpia a empresas y la incorporación del concepto en las legislaciones ambientales de los países en desarrollo.

1.2 El proyecto EP3

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) está implementando un Proyecto de Prevención de Contaminación (EP3) a nivel global. EP3 está diseñando para operar directamente con grupos industriales para proveer asistencia técnica en prevención de contaminación, minimización de residuos y tecnologías limpias. La asistencia técnica se da en forma de: 1) estudio de diagnóstico a giros industriales y empresas previamente seleccionadas 2) recomendación en metodologías de producción más limpia, transferencia de tecnologías limpias, información y conocimiento; 3) entrenamiento e información sobre servicios de producción limpia, servicios y productos, 4) visitas de expertos locales a los Estados Unidos para conocer industrias del ramo que han implementado medidas exitosas de producción más limpia; y 5) difusión de las experiencias del proyecto.

Actualmente, el EP3 opera su programa en Ecuador, Bolivia, Indonesia, Paraguay, Egipto y México. Asimismo, ha terminado programas en Túnez y Chile.

1.3 Proyecto de Eficiencia Energética.

El proyecto de Eficiencia Energética de la USAID en México consiste en proporcionar el apoyo técnico en los siguientes proyectos:

- Proyecto piloto para la sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia en el sector industrial.
- Proyecto piloto para mejorar las técnicas de reembobinado de motores.
- Proyecto piloto para la optimización de sistemas de distribución y generación de vapor.
- Apoyo al proyecto de prevención de la contaminación ambiental.
- Apoyo al desarrollo de normas de ahorro de energía.

La asistencia técnica en eficiencia energética se proporciona de la siguiente manera:

1) Elaboración de metodologías de diagnósticos energéticos para capacitar a los consultores.
2) Supervisión del trabajo de diagnóstico en la empresa.
3) Revisión del contenido de los reportes de diagnóstico.
4) Capacitación al personal de las empresas.
5) Supervisión de la implementación de medidas de ahorro de energía.
6) Evaluación de los ahorros de energía.

CAPITULO 2. OBJETIVOS

2.1 Evaluación de Producción más Limpia y Ahorro de Energía

El propósito de la evaluación de Producción más Limpia y Ahorro de Energía fue el de identificar opciones que pudieran: (1) reducir la cantidad de materias primas, agua y energía usados en el proceso de manufactura, y por lo tanto, reducir la contaminación industrial y exposición de los trabajadores a sustancias tóxicas, (2) demostrar el valor ambiental y económico de implementar medidas de producción más limpia , y (3) mejorar la competitividad de la empresa y la calidad de los productos.

2.2. Objetivos del informe

Este informe tiene tres objetivos:
(1) Proporcionar información a la Gerencia de la planta para tomar acción en la instalación de un programa de Producción mas Limpia y Ahorro de Energía a largo plazo.

(2) Construir capacidad técnica a los participantes del proyecto de demostración y al personal técnico del CMPL en la implementación de medidas y monitoreo de resultados

(3) Ayudar en la transferencia de tecnologías de Producción más Limpia y estrategias en empresas con procesos de manufactura similares en México.

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.1 Antecedentes de la empresa

Cromadora Alvarez Hermanos S.A. inició operaciones en 1972. Está localizada al Noreste de la Ciudad de México en el municipio de Tlalnepantla, Estado de México. Cromadora Alvarez Hermanos S.A. cuenta con un terreno de 800 m2. Emplea 18 personas, 12 de las cuales trabajan en el área de recubrimiento. La planta trabaja de 8:00 a 17:30 horas por día. aproximadamente 220 días por año. Cromadora Alvarez Hermanos S.A recubre una variedad de productos dependiendo de las necesidades de los clientes.

Dirección:	Calzada Vallejo No. 1248, Col. Venustiano Carranza, Tlalnepantla, Edo. de México, MÉXICO
Teléfono / FAX:	(5)3893848, 3894255/3895805
Propietario:	Ing. Raúl Alvarez
Gerente de Planta:	Ing. Raúl Alvarez

3.2 Descripción del proceso

El proceso inicia con la preparación y limpieza de la superficie antes del recubrimiento. La empresa opera dos procesos de recubrimiento sobre la misma línea, 1) Cobrizado, y 2) níquel-cromo.

Se cuenta con un proceso de limpieza y desengrase para ambos procesos. Las piezas pasan por un desengrase por inmersión, seguida por una etapa de colgado en los racks y posteriormente por el desengrase electrolítico (catódico y anódico). Después las piezas son sumergidas en una solución activadora de ácido sulfúrico al 5%, para después pasar por los baños de níquel y cromo. Después de cada baño de proceso, las piezas se enjuagan con agua (ver Apéndice A.1)

Una vez que se ha terminado el proceso de recubrimiento, las piezas pasan por un proceso de control de calidad, después del cual los trabajadores las empacan para su posterior transporte.

Las aguas residuales generadas por todos los procesos son tratadas por métodos fisicoquímicos. Una vez tratadas se descargan al sistema de alcantarillado municipal.

El consumo y costo de la energía para esta planta, para el periodo de junio de 1995 a junio de 1996, se resume en la tabla siguiente:

Proteus Page Plus

Tipo de Energía	Uso	Costo
Electricidad	18,960 kWh/año 46,262 Mcal (prom. 83 kW/mes)	$60,292.00
Diesel	3,680 Lts/año 21,859 Mcal	$4,600
Totales	**68,121 Mcal**	**$64,892**

Las estimaciones de ahorro por el aumento del factor de potencia en este reporte suman $456/año con una inversión de $4,410.00. En el Capítulo 6 se recomiendan otras opciones que aumentarán la vida útil delos equipos y por consiguiente producirán ahorros a mediano y largo plazo.

CAPÍTULO 4. OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Este capítulo desglosa las oportunidades para la prevención de la contaminación y de ahorro de energía que fueron identificadas por el equipo del CMPL, contiene la descripción de las recomendaciones e información sobre los costos, beneficios, obstáculos y otros puntos relacionados con su implementación.

4.1 USAR PRODUCTOS NO GRASOS EN PULIDO

Situación actual.
Cromadora Alvarez Hermanos, S.A. usa productos sólidos (de base grasa) para el pulido para mejorar la calidad del acabado de superficie antes del recubrimiento. Estos son muy comunes y populares debido a su simplicidad y bajo costo. Sin embargo, es bien conocido que estos productos sólidos de base grasa causan problemas subsecuentes en los desengrases y en el recubrimiento debido a la dificultad que presentan para su remoción. El problema, posteriormente, se agrava por la alta velocidad de trabajo a que están sometidos los operadores, que aplican una excesiva presión y cantidad de producto.

Recomendación.
La práctica estándar es reducir o eliminar, en cuanto sea posible, el uso de productos sólidos de base grasa. Están disponibles algunas alternativas en forma líquida y de barra. El método preferido es usar productos líquidos aplicados como atomizados. Sin embargo, es recomendable que se realicen pruebas con cada una de estas alternativas para determinar la aplicabilidad de la pasta a los procedimientos de pulido particulares.

Resultados.
El uso de productos de pulido de base acuosa mejorará los resultados de la limpieza y reducirá los rechazos y los costos asociados.

Ahorros económicos esperados.
Si Cromadora Alvarez Hermanos, S.A. puede usar completamente los productos de pulido "libres de grasa", y el proceso de desengrase se mejora como se espera, habrá ahorros por la reducción de los rechazos y el costo que significa el reprocesado de las piezas, ya que los productos "libres de grasa" son más fácilmente removidos por las soluciones de desengrase sin cianuro, y beneficios ambientales (reducción del uso de cianuro en el cobre alcalino) que resultarán de este cambio. Los ahorros pueden estimarse como sigue:

Considerando en forma conservadora que se tiene un 3% de rechazos en promedio, el ahorro sería, de acuerdo con el Apéndice B.8:

($593,933.00/año) x 0.03 = $17,818.00/año
También, los niveles de polvo de sílice se reducen a menudo implementando el uso de productos libres de grasa atomizables.

Inversión requerida.
Se acepta generalmente que los productos libres de grasa en forma atomizable son 30% más costosos que los productos de base grasa. El costo de implementación se calcula como sigue:

($36,990.00/año para compuestos actuales)(0.3) = 11,097.00/año como incremento de costos por año

Por otro lado, se incurrirá en un costo adicional por el reentrenamiento de los trabajadores en el uso de estos nuevos productos, pero a mediano plazo la empresa trabajará con mayor eficiencia y producción limpia.

Obstáculos para implementación.
El primer obstáculo es la práctica actual de la empresa. Por otro lado, algunos de estos productos pueden no estar disponibles en México y habría que importarlos. Posteriormente, pueden reemplazarse las ruedas y los sisales (aunque esto puede programarse después, y por lo tanto, no resultaría en un incremento inmediato de los costos).

Programa de implementación.
Se recomienda que se realice inmediatamente la investigación de los proveedores de estos materiales alternativos con la asistencia del CMPL.

Comentarios.
Este es un cambio extremadamente importante como parte de la adopción de las prácticas de producción más limpia. Los otros cambios serán implementados más fácilmente, si se puede hacer este cambio.

4.2 PROGRAMAR LAS PIEZAS DE PULIDO PARA ENTRAR AL PROCESO

Situación actual.
Algunas veces, las partes pulidas se mantienen por periodos extensos de tiempo antes de proceder con los procesos de desengrase y recubrimiento. De acuerdo con la literatura, esto causa dificultades para una buena limpieza, especialmente cuando se usan los productos de base grasa y las piezas se almacenan en el ambiente general de la empresa, que presenta polvos diversos.

Recomendación.
Las piezas no deben almacenarse más de media hora después del pulido.

Resultados.
Mejorará la habilidad de Cromadora Alvarez para limpiar las piezas.

Ahorros económicos esperados.
Los ahorros son indirectos pero se reflejarán en la calidad de los productos.

Inversión requerida.
No se realizaron cálculos para esta opción, ya que ésta es sólo una pequeña parte del mejoramiento de las operaciones de limpieza.

Obstáculos para la implementación.
Se supone que las piezas se pueden llevar rápidamente del pulido al desengrase; pero esto algunas veces es un problema de programación en cualquier operación.

Programa de implementación.
Se recomienda la implementación inmediata para lograr los objetivos generales de mejoramiento del proceso de limpieza.

Comentarios.
Vale la pena realizar un esfuerzo extra para limpiar las piezas y después secarlas antes de su almacenamiento. El proceso actual de limpieza de Cromadora Alvarez se ha creado para trabajar con piezas que son muy difíciles de limpiar, y este es un paso importante para asegurar la limpieza.

4.3 ELIMINAR EL ACEITE Y LA GRASA SUPERFICIAL DE LAS SOLUCIONES DE DESENGRASE

Situación actual.
El desengrase por inmersión y los desengrases electrolíticos presentan una capa de aceite sobre la superficie de la solución de limpieza debido a la remoción de aceite y grasa de las piezas. Esta capa de aceite es un contaminante serio para las subsecuentes soluciones de proceso y para las descargas de aguas residuales, ya que también pueden crear problemas de tratamiento para cualquier sistema de manejo de residuos.

Recomendación.
Sistema # 1-- Como mínimo, Cromadora Alvarez debe instituir un sistema manual, riguroso para la remoción frecuente del aceite de la superficie de estas soluciones. Se puede usar una rastra para

empujar el aceite hacia una esquina del tanque; posteriormente, colectarse y enviarse a disposición final adecuada.

Sistema #2-- La alternativa manual tiene dos desventajas. Primero, requiere la diligencia de los operadores, cuando su primera preocupación es la producción. Segundo, ésta desperdicia solución de proceso, ya que es imposible remover el aceite sin remover también solución. Por lo tanto, una mejor alternativa, aunque más costosa, es modificar el tanque de desengrase para permitir la remoción del aceite en una forma automática (ver APENDICE C). Este sistema mueve la solución sobre un vertedor hacia un tanque de almacenamiento, en el cual se separan la solución y el aceite. El aceite se puede drenar simplemente a través de un tubo. Por lo menos, se debe instalar este sistema en el desengrase por inmersión; ya que esta solución, usada apropiadamente, tendrá las mayores cargas de grasa y aceite. Sin embargo, sería de gran beneficio instalar, el mismo sistema en los desengrases electrolíticos, debido a que se evitará la contaminación de otras soluciones más valiosas.

Resultados.
Prevenir la contaminación de las soluciones de proceso. Extender la vida de las soluciones de limpieza. Prevenir la redepositación de aceite sobre las piezas limpias cuando éstas se sacan de la solución. Simplificar el manejo de residuos.

Ahorros económicos esperados.
Se supone que se pueden hacer modificaciones apropiadas a los tanques de limpieza existentes por parte de los trabajadores de la empresa.

Es muy difícil estimar el beneficio de mejorar la calidad del proceso y del producto. Sin embargo, se puede hacer un cálculo comparando la práctica actual de mantenimiento de la solución con la que se considera práctica estándar. Al menos, parte de la diferencia se debe atribuir a la contaminación por grasas y aceite.

Se estima que se da mantenimiento a las soluciones de cobre, níquel y cromo cada 8 semanas para su mantenimiento, debido a la contaminación por grasas y aceite. Durante este proceso, el cual incluye tratamiento químico, filtración y ajustes de sustancias químicas, se puede perder más del 10% de la solución de proceso en los filtros, ayuda filtro, fondo del tanque y transferencia entre tanques. Las pérdidas totales se pueden estimar como sigue:

(5 tratamientos de mantenimiento/año) (3200 L de solución de cobre alcalino) (2%* de pérdida de solución) ($2.48/L) = $793.60
(5 tratamientos de mantenimiento/año) (8100 L de solución de cobre alcalino) (2%* de pérdida de solución) ($2.83/L) = $6342.30
(5 tratamientos de mantenimiento/año) (15200 L de solución de níquel) (2%* de pérdida de solución) ($7.49/L) = $11,384.80

(5 tratamientos de mantenimiento/año) (4800 L de solución de cromo) (2%* de pérdida de solución) ($5.21/L) = $2,500.80

** Si bien 10% es un valor más cercano a la experiencia profesional, se seleccionó el 2% para hacer un cálculo conservador.*

Suponiendo que las grasas y aceites sean la causa del 25% de la necesidad de mantenimiento de la solución, el costo de no controlar las grasas y aceite como contaminantes se puede calcular un ahorro conservadoramente, como sigue:

(793.60+6342.30+11,384.80+2,500.80) x (0.25) = $5,255.00/año

Inversión requerida.
Se propone instalar un sistema de remoción de grasas y aceites en el desengrase por inmersión, otro para ambos desengrases electrolíticos de la línea de cromado y otro para el desengrase electrolítico de la línea de cobrizado. El costo principal serán 3 bombas para mover la solución desde el tanque de separación de grasa y aceite hasta el tanque de desengrase respectivo. Dicha bomba se puede adquirir por $1,200.00, por lo que la inversión total sería de $3,600.00.

Obstáculos para la implementación.
Ninguno anticipado; aunque la alternativa manual (Sistema # 1) probablemente será difícil de mantener por un periodo largo.

Programa de implementación.
Se recomienda implementación inmediata.

Comentarios.
Esta recomendación es importante para lograr la reducción en los rechazos y sus costos asociados.

4.4 INSTALACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES

Situación Actual.
De acuerdo con lo estipulado en Compañía de Luz y Fuerza, se penalizará a la empresa con una cantidad de dinero por registrar un factor de potencia bajo (menor a 0.9) y se bonificará cuando el factor de potencia sea superior a 0.9. Actualmente la empresa se encuentra contratada en tarifa O-M que tiene el cargo por factor de potencia.

De las mediciones que se tomaron el día de la visita se puede apreciar que el factor de potencia general que tendrá la planta será menor a 0.9, el motivo de este análisis es el proporcionar un

cálculo aproximado del tamaño del banco de capacitores que necesitará la empresa para prevenir este cargo extra y se evite el tener que pagarlo.

Recomendación.
Instalar un banco de capacitores en la empresa para garantizar el tener un factor de potencia de por lo menos un 90%.

Ahorros económicos esperados.
Esta medida no trae consigo ahorros en energía, los ahorros son estrictamente monetarios debido a que las acciones sugeridas son fundamentadas en los cargos que se aplican en la facturación eléctrica.

De acuerdo con lo calculado se tiene un factor de potencia estimado de 0.8034 (80.34%), lo que significa que a la empresa se le estará cobrando un cargo por bajo factor de potencia. Que se calcula de la siguiente manera:

% de recargo por bajo F.P=3/5((0.90/0.8034)-1)=0.07214

Es decir el 7.2% de la facturación básica de consumo más demanda.

El tamaño del banco de capacitores necesario se calcula de la siguiente manera:

$$kVAr_{del\ banco} = kW\left\{\tan\left[\arccos\left(FP_{actual}\right)\right] - \tan\left[\arccos\left(FP_{deseado}\right)\right]\right\}$$

entonces:

$$kVAr_{del\ banco} = 110\left\{\tan\left[\arccos(0.8034)\right] - \tan\left[\arccos(0.9)\right]\right\} = 28.25$$

El banco de capacitores comercial es el de 30 kVAr con el cual se tendrá un factor de potencia superior al 0.9 y se obtendrá una bonificación, entonces el factor de potencia que se tendrá al instalar este banco de capacitores es:

$$FP = \cos\left\{\arctan\left(\tan\left[\arccos(0.8034)\right] - \frac{30}{110}\right)\right\} = 0.9055$$

Entonces la bonificación que se tendrá al instalar el banco será de:

% de bonificación = ¼ x (1 - (0.90/0.9056)) = 0.00154

Es decir el 0.15% de la facturación básica de consumo más demanda por bonificación.

El ahorro total que se tendrá al instalar el banco de capacitores es entonces de:

Ahorro total = 7.2% + 0.15% =7.35% de la facturación básica.

Ahorro = $6,200.00/año x 0.0735 = $456.00/año

Inversión Necesaria.
La implementación implica la instalación de un banco de capacitores de 30 kVAr con un costo estimado de $4,410.

RESUMEN DE OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA: CROMADORA ALVAREZ

Número de sección	Recomendaciones para la Producción Más Limpia	Beneficios para el Medio Ambiente	Costo de Implementación	Ahorros económicos anuales	Periodo de recuperación de la Inversión
	PULIDO				
4.1	**Usar productos no grasos para pulido y acabado** *Efecto*: Simplificar el proceso de limpieza	Reducción en el uso de cianuros en el cobre alcalino	$11,097.00/año como incremento en los costos de los productos de pulido	$17,818.00/año	-----
4.2	**Cambiar el programa de trabajo para no dejar más de media hora las piezas ya pulidas antes de entrar al proceso** *Efecto*: Mejorar de la habilidad del proceso de limpieza para quitar los desechos sólidos	El cambio del tipo de los residuos sólidos permitirá en general reducir el uso de los materiales de desengrase	$0 para cambiar el programa	Los beneficios son indirectos.	No aplica
	DESENGRASES				
4.3	**Eliminar el aceite de la superficie de las soluciones de desengrase** *Efecto*: Ampliar la vida útil de las soluciones de desengrase *Efecto*: Prevenir la contaminación de otras soluciones de proceso. Reducir la necesidad de filtración y tratamiento de otros procesos	Simplificación del manejo de los residuos	Sistema #1 Manual: $ 0 Sistema #2: Mecánico: $3,600.00	$5,255.00/año de la reducción de la necesidad del mantenimiento de la solución, tanto para el Sistema #1 como para el #2	9 meses si se implementan 3 Sistemas mecánicos (#2)
	ENERGÍA ELÉCTRICA				
4.4	Instalar un banco de capacitores Efecto: mejora la eficiencia en el uso de la energía eléctrica	Evitar penalizaciones por bajo factor de potencia	$4,410.00	$456.00	10 años

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE ÍNDICES CRÍTICOS

En este capítulo se describen índices críticos para la utilización de algunas materias primas de interés, como son, níquel, cromo, cobre y agua.

Índices críticos

Uso de níquel/dm^2
Se estima que las prácticas actuales consumen 0.08 g/dm^2

Uso de cromo/dm^2
Se estima que las prácticas actuales consumen 0.01 g/dm^2

Uso de cobre/dm^2
Se estima que las prácticas actuales consumen 0.03 g/dm^2

Uso de agua
Se estima que las prácticas actuales consumen 0.01 l/dm^2

Estos índices resultan más bajos que los considerados como prácticas estándar. Es conveniente revisar los datos que generan los índices, fundamentalmente los consumos de materias primas y el área recubierta a fin de determinar nuevamente los índices y establecer con base en estos, objetivos y metas que conduzcan a mejorar los procesos.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Esta sección presenta las beneficios generales de un programa de producción más limpia en relación a la operación, calidad del producto, competitividad y protección ambiental.

6.1 Calidad del producto y competitividad

La estrategia de producción más limpia y ahorro de energía se basa en la premisa de que los cambios tecnológicos que previenen las fuentes de residuos y contaminación e incrementan la eficiencia energética aumentarán la salud económica de las empresas. Mucho del énfasis en el trabajo de producción más limpia y ahorro de energía se hace sobre la reducción en los costos de operación, los cuales se lograrán siguiendo las recomendaciones de este informe. También, es importante examinar los impactos sobre la calidad de los productos.

Por muchos años, al personal de las empresas les preocupaba que el hacer cambios en producción, se tuvieran impactos negativos en la calidad, especialmente si estos cambios llevaban consideraciones ambientales. Sin embargo, se ha visto que muchas acciones de producción limpia, en general, mejoran la calidad de los productos. Del presente estudio se concluye que, Cromadora Alvarez Hermanos S.A. tiene implementadas muchas de las acciones de Producción Limpia recomendadas para el proceso de cromado y cobrizado. Sin embargo, se plantean 3 recomendaciones que pueden mejorar la calidad de las piezas recubiertas.

- Programar la producción, reducirá los costos de operación.
- Cambiar la naturaleza de los productos usados para el pulido aumentará la eficiencia de los desengrases y por consiguiente mejorará la calidad del recubrimiento.
- Eliminar el aceite y la grasa superficial de las soluciones de desengrase mejorará la calidad de los productos.

Por lo que se refiere a la parte energética, en Cromadora Álvarez Hermanos S.A. se plantea una recomendación que, si bien no ahorra energía sí produce beneficios económicos para la empresa por disminución del pago por energía eléctrica.

- Instalar un banco de capacitores aumentará el factor de potencia de la empresa y se ahorrará 7.35 % de la facturación actual.

Previous Page Blank

6.2 Menor inversión en los equipos de control

Prácticamente no es posible eliminar en su totalidad la necesidad de cierto tratamiento de los efluentes del agua. Uno de los beneficios de producción más limpia es que se reducen los costos de los equipos de control de contaminación, los cuales representan para las empresas costos de operación y de capital sin obtener valor agregado. Lo anterior se aplica a Cromadora Alvarez Hermanos S.A. en lo referente a:

- Cambiar el proceso de cobrizado cianurado por un proceso de cobrizado libre de cianuros, evitará costos debidos al tratamiento.

6.3 Otras recomendaciones.

En esta parte se describen algunas recomendaciones que requieren un estudio más preciso y/o que no pueden ser calculados los costos de implementación y los ahorros asociados, pero que, sin embargo, pueden producir beneficios económicos y al medio ambiente.

6.3.1. Eliminar el cianuro de cobre.

En la empresa se utiliza el cianuro de cobre para el proceso de cobrizado. Se propone la eliminación del cianuro de cobre y cambiarlo por el proceso de pirofosfato de cobre. Las concentraciones recomendadas, de acuerdo con el libro Electroplating Engineering Handbook son las siguientes:

Pirofosfato de cobre = 345.0 g/litro
Hidróxido de potasio = 18.0 g/litro
Hidróxido de amonio (29%) = 1 ml/litro

La utilización de este proceso eliminará las descargas de cianuro, reducirá las descargas de materiales fuertemente alcalinos y mejorará el ambiente de trabajo.

Sin embargo, este cambio debe ser estudiado más profundamente para determinar si es conveniente realizarlo o, por el contrario, seguir con el proceso de cianuro de cobre.

6.3.2 Reducir el voltaje de salida del Transformador

Situación Actual
Durante la visita se realizaron mediciones dinámicas del transformador que suministra la energía eléctrica a la empresa.

Se observó que existe un sobrevoltaje del transformador, que afecta la vida de los equipos electromotrices, la iluminación, etc. 16.5% superior al voltaje recomendado que es de 110 ±10%.

Recomendación
Por medio de los taps es posible regular el voltaje de salida del transformador.

Resultados
Al cambiar los taps, el transformador suministrara la energía eléctrica a un nivel adecuado para que la vida útil de los equipos no se vea afectada.

6.3.3 Monitorear las eficiencias y porcentajes de carga de los rectificadores

A manera de ejemplo se calculará la eficiencia y porcentaje de carga de un rectificador de 12V y 2000 A.

Se tienen las siguientes mediciones recopiladas:

$V_t = 4.5$ V	$V_m = 200$ V	$V_p = 12$ V
$I_t = 1500$ A	$I_m = 45$ A	$I_p = 2000$ A
	FP = 0.49	

La forma de calcular la eficiencia del rectificador es de la manera siguiente:

$$Eficiencia = \frac{V_t I_t}{\sqrt{3} V_m I_m FP}$$

donde:

V_t	-	Voltaje de operación a la salida del rectificador, CD
I_t	-	Corriente de operación a la salida del rectificador, CD
V_m	-	Voltaje medido a la entrada del rectificador, CA
I_m	-	Corriente medida a la entrada del rectificador, CA
FP	-	Factor de potencia

entonces

$$Eficiencia = \frac{(4.5V)(1500A)}{\sqrt{3}(200V)(45A)(0.49)} = 0.8837$$

El factor de carga se calcula de la siguiente manera:

$$\%\text{Carga} = \frac{V_t I_t}{V_p I_p} \times 100$$

donde:

V_t - Voltaje de operación a la salida del rectificador, CD

I_t - Corriente de operación a la salida del rectificador, CD

V_p - Voltaje de placa a la entrada del rectificador, CD

I_p - Corriente de placa a la entrada del rectificador, CD

entonces:

$$\%\text{Carga} = \frac{(4.5\ V)(1500\ A)}{(12\ V)(2000\ A)} \times 100 = 28.13\%$$

De esta manera podemos calcular la eficiencia y el factor de carga en los rectificadores, lo cuál es muy útil, ya que el conocer la eficiencia nos dará un indicador de que cantidad de energía eléctrica están realmente aprovechando los equipos, a su vez, el factor de carga nos indicará que tan subutilizados tenemos los rectificadores, es decir, nos indicará que porcentaje del equipo está siendo utilizado.

APENDICES

APENDICE A. DIAGRAMAS DE FLUJO Y CROQUIS DE LA PLANTA

A 1. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL PROCESO

A.1.1 PROCESO DE NíQUEL-CROMO

Esta línea está dividida en dos partes, aunque se realizan operaciones similares en ambas. A continuación se presenta el diagrama de esta línea, en la cual se muestra la disposición de las tinas de proceso, el movimiento de las piezas (con números ascendentes para una de las partes y con letras para la segunda).

1 DESENGRASE INMERSIÓN	2 ENJUAGUE

(C) COLGADO 3

ENJUAGUE	20	
ENJUAGUE	19	
ENJUAGUE	15	18
ENJUAGUE	17	
CROMO	16	
ENJUAGUE	14	
ENJUAGUE	13	
ENJUAGUE	12	
ENJUAGUE	11	
NÍQUEL D	10	
NÍQUEL C	10	
NÍQUEL B	10	
NÍQUEL A	10	
NÍQUEL A	10	
ENJUAGUE	9	
ACTIVADOR	8	
ENJUAGUE	7	

Previous Page Blank

	ENJUAGUE	6
E	DESENGRASE ELECTROLÍTICO ANÓDICO	5
D	DESENGRASE ELECTROLÍTICO CATÓDICO	4
F	ENJUAGUE	
G	ENJUAGUE	
H	ACTIVADOR	
I	ENJUAGUE	
J	NÍQUEL	
K	NÍQUEL	
	NÍQUEL	
L	ENJUAGUE	
M	ENJUAGUE	
N	ENJUAGUE	
O	CROMO	
P	ENJUAGUE	
Q	ENJUAGUE	
R	ENJUAGUE	

PULIDO. Las piezas metálicas se someten pulido utilizando ruedas de manta y fieltros con los siguientes materiales:

a) Óxido de aluminio
b) Ácido esteárico

En esta área se generan partículas sólidas de diversos tamaños; para captarlas se cuenta con un colector de polvos que consta de un extractor y un ciclón de 6000 pcm; como medida complementaria se han instalado 2 filtros de aire conectados en serie para aumentar la retención y tamaño de las particular más pequeñas, que no son retenidas por el ciclón. El aire limpio es regresado al cuarto de pulido.

DESENGRASE POR INMERSIÓN (DESENGRASE QUÍMICO). Se sumergen las piezas metálicas, en forma manual, por un tiempo de 5 minutos, en 170 litros de una solución de detergente comercial que contiene hidróxido de sodio, metasilicato de sodio, tripolifosfato de sodio y carbonato de sodio a un pH de 12 a 14. La solución está contenida en una tina de fierro y se trabaja a una temperatura de 60-80°C. Esta etapa del proceso es común para las dos partes de la línea de níquel-cromo.

ENJUAGUE DEL DESENGRASE POR INMERSIÓN. Se enjuagan las piezas en 300 litros de agua contenida en un tanque de fierro. En esta etapa se trabaja a temperatura ambiente. El tiempo de inmersión de las piezas es aproximadamente de 5 minutos.
Esta etapa del proceso es común para las dos partes de la línea de níquel-cromo.

COLGADO. Se colocan las piezas metálicas en forma manual en los soportes (racks) adecuados para continuar con las siguientes etapas del proceso.

DESENGRASE ELECTROLÍTICO. Se sumergen las piezas metálicas colocadas en los racks, en dos ocasiones por dos minutos en forma semiautomática, en una solución de detergente comercial que contiene hidróxido de sodio, metasilicato de sodio, tropolifosfato de sodio y carbonato de sodio a un pH de 12 a 14. La solución está contenida en 2 tinas de fierro de 2400 litros cada una y se trabaja a una temperatura de 60-80° C; la primera de ellas trabaja en sentido catódico y la segunda en sentido anódico.
La solución, cuyo volumen es de 3000 litros, está contenida en una tina de fierro.
Esta etapa del proceso es común para las dos partes de la línea de níquel-cromo.

ENJUAGUE DEL DESENGRASE ELECTROLÍTICO. Esta etapa del proceso consta de 2 enjuagues, cada uno de 1200 litros; el primero de estos recibe agua del segundo. Se sumergen las piezas provenientes de los desengrases electrolíticos en agua por un tiempo aproximado de 5 segundos, utilizando una tina de fierro. La temperatura de trabajo es ambiente. Se recupera el volumen perdido del primer enjuague con el segundo.

ACTIVADO. Después del enjuague del desengrase electrolítico, las piezas metálicas se sumergen en 1200 litros de una solución de ácido sulfúrico al 5% en volumen a temperatura ambiente por un tiempo de 1 minuto. Se utiliza una tina de fierro.

ENJUAGUE DEL ACTIVADO. Las piezas metálicas se sumergen en 1200 litros de agua a temperatura ambiente en una tina de fierro. El tiempo de inmersión de las piezas es aproximadamente de 5 segundos. El volumen perdido del activado se recupera con este enjuague.

NIQUELADO. Las piezas colocadas en racks, se sumergen en forma semiautomática en cualquiera de los 2 baños de níquel (cada uno dividido a su vez en dos). La solución de proceso contiene:

a) g/l de sulfato de níquel
b) g/l de cloruro de níquel
c) g/l de ácido bórico
d) de abrillantadores orgánicos

Esta solución se ajusta a un pH = 3.5-4.5, utilizando ácido sulfúrico o ácido clorhídrico.

El tiempo de inmersión es de 15-45 minutos y la temperatura ambiente. Se emplean 2 tinas de fierro de 3200 litros. En la solución se encuentra sumergido níquel metálico. Se utiliza un rectificador de corriente de 9 volts y 1000 Amperes.

ENJUAGUES DEL NIQUELADO. Se sumergen las piezas provenientes del niquelado en 4 enjuagues de agua por un tiempo de 5 segundos en cada uno de ellos. El volumen de cada enjuague es de 1200 litros. La temperatura de trabajo es ambiente.
Con el primero de estos enjuagues se recupera el volumen perdido del baño de níquel; el volumen perdido del primer enjuague se compensa con el segundo enjuague, el de éste con el tercero y el de éste último con el cuarto, de tal manera que sólo al cuarto enjuague se repone agua corriente.

CROMADO. Las piezas se sumergen en 2400 litros de una solución de proceso que contiene:

a) 250 g/l de ácido crómico
b) 1% de ácido sulfúrico

El tiempo de inmersión es de 1 minuto y la temperatura es de 40° C. Se utiliza un rectificador de corriente de 12 volts y 5000 Amperes.

ENJUAGUES DE CROMO. Se sumergen las piezas provenientes el cromado en 4 enjuagues de 1200 litros cada uno; el primero de ellos funciona como recuperador del baño de cromo; al segundo se le realiza un tratamiento electrolítico (reducción de cromo hexavalente al estado trivalente) recirculando el agua; de esta manera se va compensando el agua en cascada desde el cuarto hasta el primero.

DESCOLGADO. Después de que las piezas pasan por los enjuagues del cromado (3.1.16) se realiza la operación de descolgado de las mismas piezas en forma manual.

SECADO DE INSPECCIÓN. Las piezas son secadas e inspeccionadas en forma visual.

SEGUNDA LÍNEA DE CROMADO. La disposición de la segunda línea de cromado es la misma que la descrita anteriormente, sólo que cambian los volúmenes de las soluciones, como se indica a continuación:

Enjuague del desengrase electrolítico = 2 tanques de 2400 litros cada uno
Activador = 2400 litros
Enjuague del activador = 2400 litros
Baño de níquel = 1 tanque de 3200 litros y 2 tanques de 2400 litros cada uno
Enjuague del níquel = 3 tanques de 2400 litros cada uno

Cromo = 2400 litros
Enjuague del cromo = 3 tanques de 2400 litros

A.1.2 LINEA DE COBRE

A continuación se presenta el diagrama de las tinas del proceso de cobre y el movimiento de las piezas con números ascendentes.

ENJUAGUE	3
ENJUAGUE	2
	4 COLGADO
ÁCIDO	1
ENJUAGUE	16
--	15
ENJUAGUE CRÓMICO	
ENJUAGUE	14
--ENJUAGUE	13
COBRE ÁCIDO	12
COBRE ÁCIDO	11
ENJUAGUE	10
ENJUAGUE	9
COBRE ALCALINO	8
ENJUAGUE	7
--ENJUAGUE	6
DESENGRASE	5

ÁCIDO. En esta etapa del proceso, se sumergen las piezas metálicas en 1800 litros de una solución de ácido sulfúrico al 5% en volumen por un tiempo de 1 minuto.

ENJUAGUE DEL ÁCIDO.
Se sumergen las piezas en dos enjuagues con agua, el primero de ellos de 600 litros y el segundo de 200 litros.

COLGADO.
Se realiza el colgado de las piezas en forma manual en los racks correspondientes.

DESENGRASE.
Las piezas metálicas se sumergen en forma semiautomática en 3200 litros de la solución de desengrase, que contiene hidróxido de sodio, tripolifosfato de sodio, carbonato de sodio y fosfato de sodio, por un tiempo de 5 minutos.

ENJUAGUE DEL DESENGRASE.
Se cuenta con una tina de 3200 litros dividida en dos con agua que funciona como enjuagues para el desengrase, en los cuales se sumergen las piezas por un tiempo de 15 segundos, para pasar después a la etapa de cobre alcalino.

COBRE ALCALINO.
Las piezas se sumergen en 3200 litros de una solución de proceso que contiene:

a) g/l de cianuro de sodio
b) g/l de cianuro de cobre
c) g/l de hidróxido de sodio
d) Carbonato de sodio
e) Cobre metálico

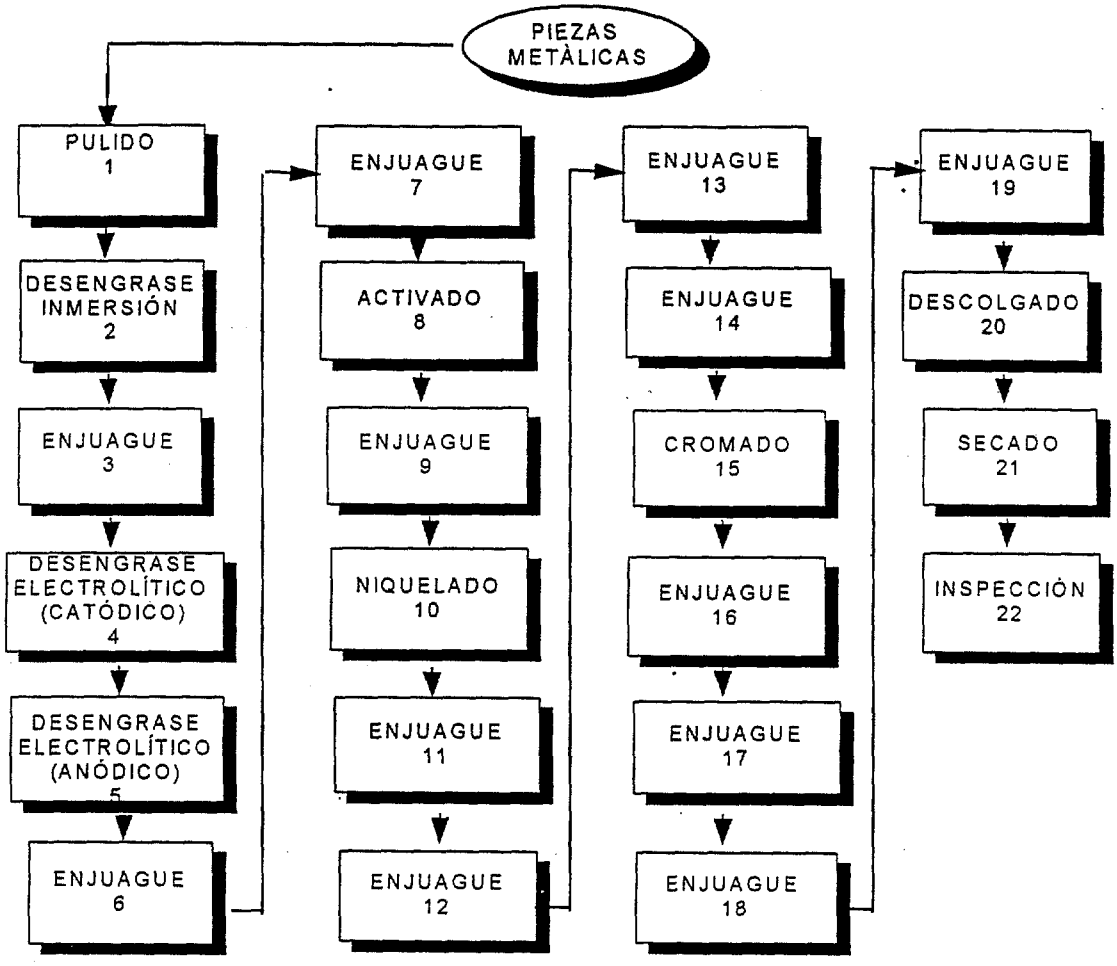
ENJUAGUES DEL COBRE ALCALINO.
Las piezas metálicas se sumergen en dos enjuagues con agua cada uno de 1600 litros a temperatura ambiente en una tina de fierro dividida en dos partes. El tiempo de inmersión de las piezas es aproximadamente de 5 segundos. A este enjuague se le realiza tratamiento electrolítico, con el cual se recircula el agua en los mismos enjuagues además del cobre recuperado.

COBRE ÁCIDO.
Este baño de proceso contiene una solución comercial compuesta por 225 g/l de sulfato de cobre y 66 g/l de ácido sulfúrico, en la cual se sumergen las piezas metálicas. Esta etapa del proceso consta de dos tinas de fierro, la primera de las cuales de 5000 litros está dividida en tres partes y la segunda de 3100 litros en dos.

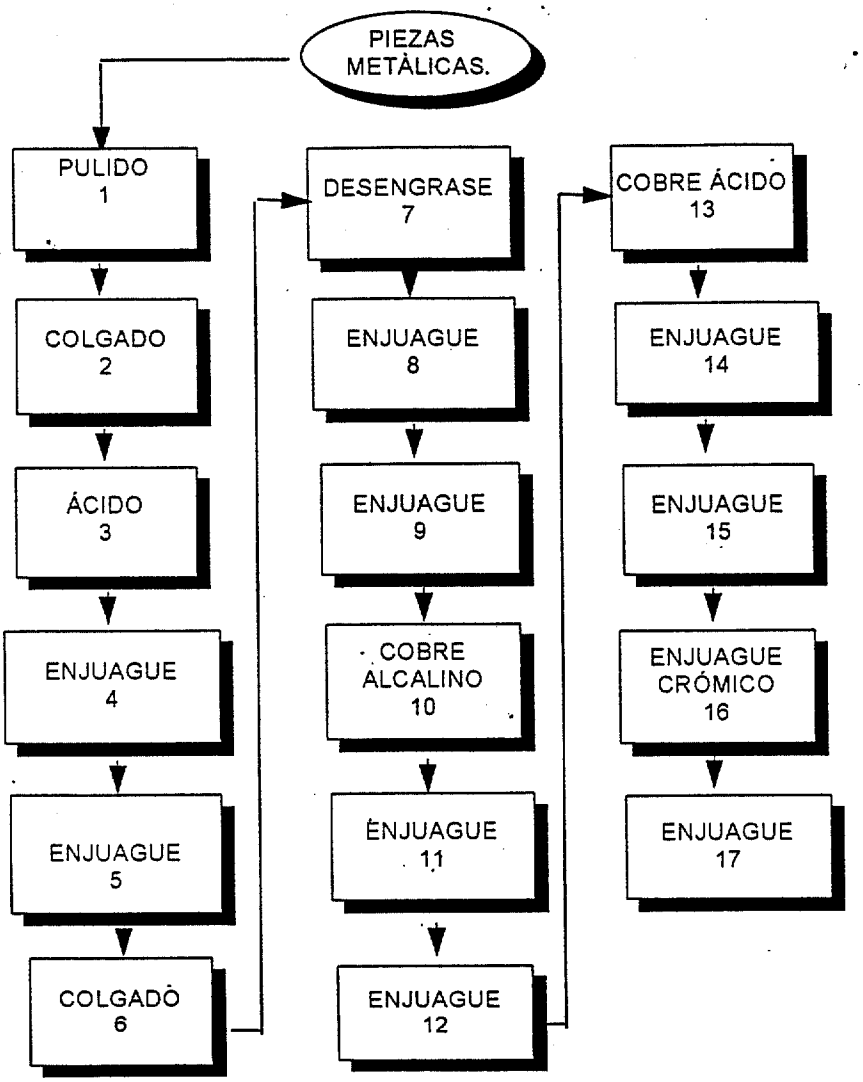
ENJUAGUES DEL COBRE ÁCIDO.

Este enjuague del cobre ácido, consta de dos tinas de fierro con agua, cada una de 3200 litros y dividida en dos partes, en las cuales se sumergen las piezas por un tiempo de 5 segundos. En la tercera de estas partes, se realiza un tipo de "sellado" con una solución diluida de ácido crómico.

A.3. DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DEL PROCESO NÍQUEL-CROMO



A.3 DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO DEL PROCESO DE COBRIZADO



APENDICE B. NOTAS, CÁLCULOS, MÉTODOS EXPERIMENTALES Y RESULTADOS

B.1. COSTO DE LAS MATERIAS PRIMAS

Se presentan en tablas separadas los costos de las materias primas para cromado y galvanizado.

La siguiente tabla muestra el nombre de la materia prima, el área del proceso donde se utiliza, el consumo anual en las unidades establecidas, el costo unitario en pesos por unidad y el costo total en pesos:

No.	MATERIA PRIMA	PROCESO	CANTIDAD KG/AÑO	COSTO UNITARIO $/UNIDAD	COSTO TOTAL ANUAL,$
1	Ácido sulfúrico	ACTIVADO Y DESOXIDADO	1,000	2.00	2,000.00
2	Pasta (óxido de aluminio, ácido esteárico y petrolato)	PULIDO	1,920	9.50	18,240.00
3	Óxido de aluminio	PULIDO	600	25.00	15,000.00
4	Estearina	PULIDO	1,500	12.50	18,750.00
5	Lana compactada	PULIDO	100	200.00	20,000.00
6	Pasta negra	PULIDO	240	17.00	4,080.00
7	Henequén	PULIDO	600	14.25	8,550.00
	Detergente comercial (hidróxido de sodio, metasilicato de sodio, tripolifosfato de sodio, carbonato de sodio y tensoactivo)	DESENGRASES ALCALINOS	1,200	12.00	14,400.00
	Cianuro de cobre	COBRIZADO ALCALINO	50	60.00	3,000.00
	Cianuro de sodio	COBRIZADO ALCALINO	100	18.00	1,800.00
	Hidróxido de sodio	COBRIZADO ALCALINO	200	12.00	2,400.00
	Sulfato de cobre	COBRIZADO ÁCIDO	150	12.00	1,800.00
	Ácido sulfúrico	COBRIZADO ÁCIDO	50	2.00	100.00
	Níquel metálico	NIQUELADO	2,400	80.00	192,050.00
	Sulfato de níquel	NIQUELADO	1,200	23.00	27,600.00
	Cloruro de níquel	NIQUELADO	300	25.00	7,500.00
	Ácido bórico	NIQUELADO	300	7.21	2,163.00
	Ácido crómico	CROMADO	600	20.83	12,500.00
	Ánodos de plomo	CROMADO	200	15.00	3,000.00
	Ayuda filtro	CROMADO	300	20.00	6,000.00
	TOTAL ANUAL				**$360,933.00**

B.2. PRODUCTOS TERMINADOS PRINCIPALES

NOMBRE DEL PRODUCTO	PRODUCCIÓN (PIEZAS/AÑO)
Patas de silla giratoria	316,800
Varillas para tierra física	75,240

B.3 COSTO DE SOLUCIONES Y MATERIALES

De la tabla B.1 se toma el costo unitario:

$CuCN$ = \$60.00/Kg
$NaCN$ = \$18.00/Kg
$NaOH$ = \$12.00/Kg
$CuSO_4$ = \$12.00/Kg
H_2SO_4 = \$ 2.00/Kg

B.3.1 COBRIZADO ALCALINO

$CuCN$ = (35g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$60.00/Kg = \$2.10/litro
(\$2.10/litro) X (3200 litros) = \$6,720.00

$NaCN$ = (11g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$18.00/Kg = \$0.20/litro
(\$0.20/litro) X (3200 litros) = \$640.00

$NaOH$ = (15g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$12.00/Kg = \$0.18/litro
(\$0.18/litro) X (3200 litros) = \$576.00

B.3.2 COBRIZADO ÁCIDO

$CuSO_4$ = (225 g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$12.00/Kg = \$2.70/litro
(\$2.70/litro) X (8100 litros) = \$21,870.00

H_2SO_4 = (66 g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$ 2.00/Kg = \$0.13/litro
(\$0.13/litro) X (8100 litros) = \$1,053.00

B.3.3 CROMADO

De la tabla B.1 se toma el costo unitario:

$NiSO_4$ = \$23.00/Kg
$NiCl_2$ = \$25.00/Kg
H_3BO_3 = \$ 7.21/Kg
H_2CrO_4 = \$20.83/Kg

Baños de níquel (3200 litros):

$NiSO_4$ = (220g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$23.00/Kg = \$5.06/litro
(\$5.06/litro) X (3200 litros) = \$16,192.00

$NiCl_2$ = (80g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$25.00/Kg = \$2.00/litro
(\$2.00/litro) X (3200 litros) = \$6,400.00

H_3BO_3 = (60g/l) x (1 Kg/1000 g) x 7.21/Kg = \$0.43/litro
(\$0.43/litro) X (3200 litros) = \$1384.32

Baños de níquel (2400 litros):

$NiSO_4$ = (220g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$23.00/Kg = \$5.06/litro
(\$5.06/litro) X (2400 litros) = \$12,144.00

$NiCl_2$ = (80g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$25.00/Kg = \$2.00/litro
(\$2.00/litro) X (2400 litros) = \$4,800.00

H_3BO_3 = (60g/l) x (1 Kg/1000 g) x 7.21/Kg = \$0.43/litro
(\$0.43/litro) X (2400 litros) = \$1,032.00

Baños de cromo:

H_2CrO_4 = (250 g/l) x (1 Kg/1000 g) x \$20.83/Kg = \$5.21/litro
(\$5.21/litro) X (2400litros) = \$12,504.00

TABLA RESÚMEN DE COSTOS DE MATERIALES

BAÑO/MATERA PRIMA	COSTO ($/LITRO)	COSTO ($)
BAÑO DE COBRE ALCALINO		
CuCN	$2.10/litro	$6,720.00
NaCN	$0.20/litro	$640.00
NaOH	$0.18/litro	$576.00
BAÑO DE COBRE ÁCIDO		
$CuSO_4$	$2.70/litro	$21,870.00
H_2SO_4	$0.13/litro	$1,053.00
BAÑO DE NÍQUEL		
$NiSO_4$	$5.06/litro	$12,144.00
$NiCl_2$	$2.00/litro	$4,800.00
H_3BO_3	$0.43/litro	$1,032.00
BAÑO DE CROMO		
H_2CrO_4	$5.21/litro	$12,504.00

B.4 COSTO DE ARRASTRE

Los arrastres fuera de los tanques en Cromadora Álvarez son muy pequeños debido a que no existen espacios entre los tanques, además de que se tienen enjuagues a contracorriente; en lugar de esto, se analizó una muestra de los enjuagues de cromo después de finalizar la prueba. Al inicio de la prueba los enjuagues se llenaron con agua limpia. A continuación se observan los resultados obtenidos.

B.5 COSTO DE MATERIALES EN ENJUAGUES

B.5.1 LINEA DE CROMADO

Las concentraciones de ácido crómico analizadas después de la prueba son las siguientes:

ENJUAGUE	CONCENTRACIÓN como CrO_3 (g/l)
Primero	7.22
Segundo	0.22
Tercero	0.033
Cuarto	0.013

La duración de la prueba fue de tres días de trabajo.

El cuarto enjuague es el único que se arrastra con las piezas hacia el piso pero, por lo que se puede observar, tiene una concentración de ácido crómico muy baja.

B.6 CONSUMO DE AGUA DE ENJUAGUES

Los enjuagues se descargan aproximadamente cada 15 días, excepto el enjuague de desengrase por inmersión que se descarga diariamente.

Consumo de agua de enjuagues cada 15 días = (1200 X 12) + (2400 X 10) + (300 X 10) = 41,400 litros.

Consumo anual de agua de enjuagues =
[41,400 litros/ 2 semanas X 52 semanas/año] X [m^3/ 1000 litros] = 1,076.4 m^3/ año

B.7 COSTO DE DISPOSICIÓN DE LODOS

No se cuenta con datos de disposición de lodos.

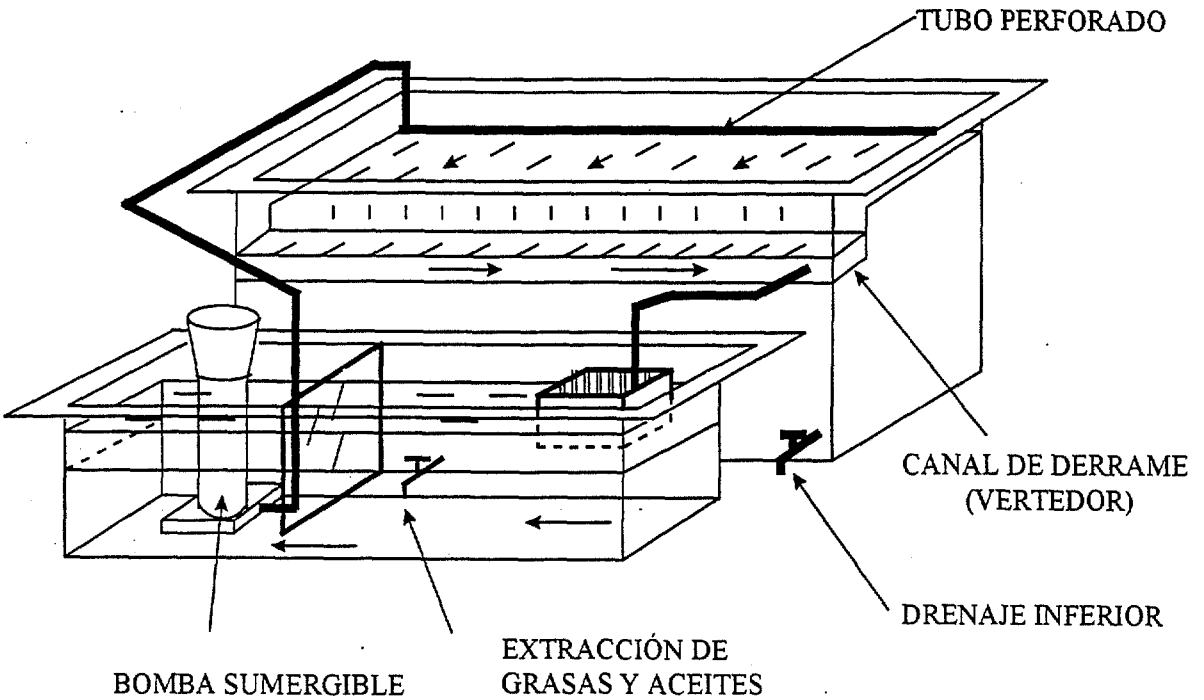
B.8 COSTOS TOTALES POR AÑO.

CONCEPTO	COSTO ($/AÑO)
Mano de obra (18 personas X $12,000/año-persona)	216,000.00
Pagos de energía eléctrica	6,200.00
Pagos de agua	6,200.00
Pago total de combustibles	4,600.00
Materias primas	360,933.00
TOTAL	593,933.00

B.9 RECUBRIMIENTO

B.9.1 DATOS DE AREA SUPERFICIAL TOTAL POR AÑO.

Datos de producción anual estimada por LA EMPRESA:

Area superficial total por año:
316,800 patas para silla giratoria (1.11 m^2/pata) = 351,648 m^2
75,240 varillas para tierra fisica (2.60 m^2/varilla) = 195,624 m^2

APENDICE C. SISTEMA AUTOMÁTICO PARA REMOCIÓN DE GRASAS Y ACEITES