


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE CINTAS DE ACERO
GALVANIZADO PARA EVITAR GENERACIÓN
DE ÓXIDO BLANCO**

Trabajo de graduación presentado por
Nathalie María Figueroa Santisteban
para optar al grado académico de
Ingeniera Industrial

Guatemala
2007

**OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE CINTAS DE ACERO
GALVANIZADO PARA EVITAR GENERACIÓN
DE ÓXIDO BLANCO**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

**OPTIMIZAR PRODUCCIÓN DE CINTAS DE ACERO
GALVANIZADO PARA EVITAR GENERACIÓN DE ÓXIDO
BLANCO**

Trabajo de graduación presentado por
Nathalie María Figueroa Santisteban
para optar al grado académico de
Ingeniera Industrial

Guatemala
2007

Vo.Bo.:

(f)



Ing. Pedro Vinicio Santizo Aquino

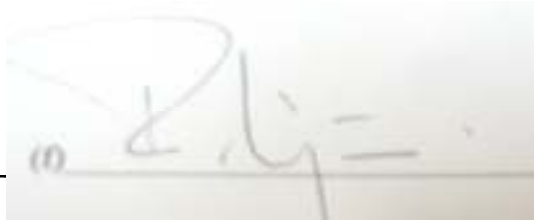
Tribunal:

(f)



Ing. Carlos Roberto Paredes

(f)



Ing. Rodrigo Luján

(f)



Ing. Pedro Vinicio Santizo Aquino

Fecha de Aprobación: Guatemala, 03 de diciembre 2007

PREFACIO

Este trabajo culmina una etapa estudiantil, de mi vida, durante los últimos cinco años he tenido una formación teórica y desarrollo del pensamiento lógico, los cuales se complementan con la práctica profesional en Industria Galvanizadora.

Agradezco la fina labor de INGASA por permitir realizar este trabajo, al igual que a sus colaboradores y operarios quienes fueron de valiosa ayuda pues sus amplios conocimientos en el tema enriquecieron este estudio

Por último agradezco a mis padres por enseñarme valores, disciplina y la perseverancia para alcanzar las metas más altas, pues nada tiene límite. También a todas esas personas que estuvieron a mi lado durante mi carrera y permitieron la culminación de este logro.

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| PREFACIO | iv |
| LISTA DE GRÁFICAS..... | ix |
| LISTA DE TABLAS | x |
| LISTA DE DIAGRAMAS | xi |
| LISTA DE FIGURAS | xiii |
| RESUMEN..... | xiii |
| I.INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| A. Justificación | 2 |
| B. Objetivos..... | 2 |
| II. INDUSTRIA GALVANIZADORA SA..... | 3 |
| A. Historia..... | 3 |
| B. Misión | 4 |
| C. Visión..... | 4 |
| D. Código de conducta..... | 4 |
| E. Política de calidad..... | 4 |
| F. Productos principales..... | 4 |
| III...MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| A. Proceso de galvanizado..... | 7 |
| B. Proceso de corte cintas galvanizadas..... | 11 |
| C. Corrosión | 13 |
| D. Óxido blanco..... | 13 |
| IV.....PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 16 |
| V.....METODOLOGÍA..... | 17 |
| VI... EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 19 |
| A. Evaluación técnica | 19 |
| B. Evaluación de reclamos de cliente..... | 36 |
| C. Evaluación de costos..... | 39 |
| 1.Evaluación de costos | 39 |
| 2.Producción de lámina “suave” y cintas galvanizadas..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 3. Consumo de aceite rustilo..... | 40 |
| 4.Costo de aceite rustilo por producción..... | 40 |
| 5. Costos de implementación de sistema para la aplicar aceite rustilo.. | 41 |
| 6. Utilización de alfombra de segunda calidad..... | 42 |
| 7. Utilización de fieltro..... | 43 |
| 8. Ahorros proyectados..... | 44 |
| VII. CONCLUSIONES..... | 47 |
| VIII.RECOMENDACIONES..... | 49 |
| IX.... BIBLIOGRAFÍA..... | 50 |
| X. ANEXOS | 51 |
| 1. Hoja técnica del aceite rustilo | 51 |
| 2. Instructivo para determinación de capa de aceite sobre superficie de acero negro..... | 53 |
| 3. Capa estándar de aceite rustilo, definida por casa matriz | 55 |
| 4. Control consumo de aceite rustilo línea Verson..... | 56 |
| 5. Pruebas para comprobar el tipo de recubrimiento adecuado para cortadora de cintas galvanizadas..... | 57 |
| 6. Tablas | 59 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 1 Rendimiento aceite rustilo | 24 |
| Gráfica 2 TM por reclamos de clientes | 36 |
| Gráfica 3 TM producidas..... | 39 |
| Gráfica 4 Consumo aceite (Gal/TM) | 40 |
| Gráfica 5 Costo (Q/TM)..... | 41 |
| Gráfica 6 Yardas adquiridas | 43 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Capa de aceite rustilo | 19 |
| Tabla 2 Consumo aceite rustilo | 24 |
| Tabla 3 Tipos de alfombra | 25 |
| Tabla 4 Control cámara húmeda..... | 27 |
| Tabla 5 Control, apilamiento húmedo | 28 |
| Tabla 6 Alfombra de “tráfico pesado” aceitada, cámara húmeda | 29 |
| Tabla 7 Alfombra de “tráfico pesado” aceitada, apilamiento húmedo | 30 |
| Tabla 8 Filtro de 1/8” de densidad 26, cámara húmeda..... | 31 |
| Tabla 9 Filtro de 1/8” de densidad 26, apilamiento húmedo | 32 |
| Tabla 10 Filtro de 1/8” de densidad 26 aceitado, cámara húmeda | 33 |
| Tabla 11 Filtro de 1/8” de densidad 26 aceitado, apilamiento húmedo..... | 34 |
| Tabla 12 Comparación de sistemas..... | 41 |
| Tabla 13 Utilización de filtro | 43 |
| Tabla 14 Ahorros proyectados..... | 45 |
| Tabla 15 Resultados cámara húmeda | 48 |
| Tabla 16 Resultados apilamiento húmedo..... | 48 |
| Tabla 17 Reclamo de clientes..... | 59 |
| Tabla 18 Costos línea Verson..... | 60 |
| Tabla 19 Costos cortadora Slitter..... | 61 |
| Tabla 20 Costos utilización alfombra | 62 |
| Tabla 21 Costos utilización gieltro | 63 |

LISTA DE DIAGRAMAS

| | |
|---------------------------------|----|
| Diagrama 1 Causa y efecto | 20 |
|---------------------------------|----|

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Proceso de galvanizado..... | 10 |
| Figura 2 Proceso de corte de cintas galvanizadas..... | 12 |
| Figura 3 Óxido blanco..... | 15 |
| Figura 4 Sistema por goteo..... | 21 |
| Figura 5 Sistema de aspersion 22 | 22 |
| Figura 6 Sistema por rodillos 23 | 23 |
| Figura 7 Aplicación en cantos..... | 23 |

RESUMEN

Este trabajo se realizó en Industria Galvanizadora, SA (INGASA) donde se evaluaron los factores que provocan la aparición de óxido blanco en las cintas de acero galvanizado. El óxido blanco es una mancha blanca que aparece sobre la superficie de la cinta, no afecta la duración del producto pero sí la apariencia, lo cual es un requisito del cliente.

Esto es problema para la fábrica, porque la producción de cintas con óxido blanco es de segunda calidad y no pueden salir al mercado en esas condiciones y si se presenta cuando está en el mercado, éstas deben retirarse.

Para evitar la generación de óxido blanco se analizaron los procesos que se realizan para producción de cintas galvanizadas. Estos procesos son la línea de galvanizado de acero negro (Verson) y la cortadora de cintas (Slitter). En ambos procesos se aplicaba aceite rustilo para darle una mejor protección a las láminas y luego a las cintas. Esta doble aplicación no era suficiente porque seguía apareciendo óxido blanco, se analizaron las áreas de oportunidad tanto de la línea Verson como la Slitter.

Una vez identificadas las áreas de oportunidad se realizaron pruebas y se estudiaron detenidamente para lograr una óptima producción de cintas galvanizadas sin óxido blanco

I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se quiere optimizar la producción de cintas galvanizadas para evitar la generación de óxido blanco, que afecta la buena calidad del producto. El óxido blanco se produce cuando la humedad ataca las cintas galvanizadas, aún cuando están cubiertas por una capa de ácido crómico (pasivante) y aceite rustilo, que tienen como función protegerlas para evitar este defecto.

La generación de óxido blanco en las cintas galvanizadas da como resultado costos de mala calidad, ya que el material debe clasificarse como segunda y bajar el precio de venta. En algunos casos se debe cambiar el producto cuando el defecto es detectado por el cliente, ya que INGASA cuenta con un departamento de servicio al cliente que respalda su marca.

Se analizarán los procesos y procedimientos para la generación de cintas galvanizadas. Estos son el proceso de galvanizado de bobinas de acero negro, y el corte de estas bobinas en cintas. También se analizarán los riesgos asociados a estos procesos y se hará una evaluación de costos para optimizar los procesos.

Para el proceso de galvanizado hay dos líneas continuas: Verson y HSR (High Speed Roofeer). Estas líneas tienen diferente capacidad de producción pero su funcionamiento es el mismo. En la línea Verson la bobina de acero negro es galvanizada con una película de zinc y un recubrimiento de ácido para mantener el brillo del mismo, dando como resultado final, lámina galvanizada, por último se aplica una capa de aceite rustilo para evitar el óxido blanco.

A continuación las bobinas de láminas galvanizadas pasan a la cortadora Slitter, donde se preparan unas cuchillas para cortar la lámina en la cantidad de las cintas requeridas, luego pasan por unos rodillos de la máquina Tension Pad y tensionarlas.

A. Justificación

La presencia de óxido blanco en cintas de acero negro galvanizado, representa un costo de mala calidad, de aproximadamente 2695/TM, que es la diferencia de precio de venta entre primera y segunda calidad. Estas cintas se deben negociar a un menor precio, cuando el cliente lo acepta, en otras ocasiones aumenta el inventario de segunda calidad, por lo que se debe buscar otros mercados. Además puede afectar la demanda de este producto en el mercado actual, por lo que se requiere soluciones inmediatas.

El operario también se ve afectado por las condiciones de trabajo no adecuadas en la aplicación de aceite rustilo en la línea Verson y el cambio de alfombras en la cortadora Slitter.

B. Objetivos

1. General

- a. Reducir la cantidad de cintas galvanizadas que presentan óxido blanco.

2. Específicos

- a. Analizar y mejorar métodos actuales de aplicación de aceite rustilo en línea de galvanizado (Verson).
- b. Analizar y mejorar métodos actuales en corte de cintas galvanizadas (Slitter).
- c. Cumplir con los estándares de calidad del cliente y la empresa.
- d. Analizar y reducir los riesgos para el operario en la línea de galvanizado (Verson) y cortadora de cintas (Slitter).

II. INDUSTRIA GALVANIZADORA SA

A. Historia

Industria Galvanizadora, S.A. nace en 1987 con el objetivo de producir láminas galvanizadas de la mejor calidad. La primera planta, localizada en parque Industrial Las Américas, inicia operaciones en 1988 contando con un gran surtido de perfiles acanalados y lisos. Esta planta mide 2184 metros², la capacidad instalada es de 15,000 toneladas anuales, pero con el pasar del tiempo ya no era suficiente para surtir el mercado centroamericano. En vista de eso se expande con una nueva planta que mide 12,500 metros². La tecnología utilizada en los procesos de galvanizado y perfiles son importadas de Australia, Japón, Estados Unidos, Alemania, Nueva Zelanda e Inglaterra.

En 1997 INGASA se une al grupo Industrias Monterrey (IMSA), el mayor productor de acero recubierto en Latino América. La certificación ISO 9001:2000 se obtiene en el 2002, lo que garantiza la calidad de los productos fabricados en la planta.

La instalación de la nueva línea de galvanizado continuo HSR (High Speed Roofing) fue en 2003, logrando así un incremento en la capacidad instalada de 120,000 toneladas anuales, por lo que se convirtió en la fábrica con mayor capacidad instalada en la región centroamericana, logrando exportaciones a Centro, Sur, Norte América y el Caribe.

La necesidad de expansión se refleja en la nueva alianza con el grupo argentino Ternium, a mediados del año 2007.

B. Misión

Una empresa comprometida a generar consistentemente el más alto valor para sus accionistas, proporcionando a sus clientes los mejores productos y soluciones en acero recubierto.

C. Visión

Ser reconocidos como la mejor opción en el mercado de acero recubierto en Centro América, ofreciendo soluciones integras e innovadoras, manteniendo el liderazgo en calidad, alcanzando la excelencia en el servicio.

D. Código de conducta

Siempre con la verdad fundamentada en hechos.

El cliente es primero, interno y externo, manteniendo un espíritu de servicio.

Respeto a la dignidad de las personas.

Valorar el trabajo manteniendo una actitud positiva.

Involucrar al equipo en la negociación y en el cumplimiento de los compromisos.

Reconocer los logros y el valor agregado de los demás.

E. Política de calidad

Es política de Industria Galvanizadora, S.A. que todo su personal produzca bienes y servicios que cumplan con los requerimientos de nuestros clientes y aseguren su satisfacción, manteniendo su liderazgo en calidad a través de procesos de mejora continua.

F. Productos principales

Las medidas de las láminas que se deben tomar en cuenta son: el ancho, largo, espesor, número de crestas y valles para definir el perfil. A continuación una breve descripción de los productos que se producen en INGASA.

1. Cintas: se usan para la fabricación de rejillas y gabinetes, aires acondicionados, ductería, cortinas plegables y flejado. El ancho final puede variar entre 30 y 300 mm.



2. Lámina acanalada: se utiliza para la construcción de viviendas, granjas, bodegas y comercios. La lámina es ideal para techos inclinados de una o dos aguas. Esta lámina tiene un total de 10 crestas y 11 valles con un ancho útil de 700 mm.



3. Lámina estructural: se usa para fachadas y cubiertas en la construcción. Esta lámina tiene un total de 5 crestas mayores, 8 crestas menores y 12 valles con un ancho útil de 760 mm.



4. RN-100: Su excelente resistencia estructural y valles amplios con nervado transversal facilitan su instalación en techos, así como proporcionan una agradable apariencia en muros de fachada. Esta lámina tiene un total de 3 crestas y 3 valles con un ancho útil de 1020 mm.



5. I-101 o industrial: Acanalados trapezoidales de reconocida eficacia, igual, en techos como muros. Esta lámina tiene un total de 8 crestas y 9 valles con un ancho útil de 1010 mm.



6. Teja italiana: Es más ligera, económica, excelente apariencia, buena durabilidad y fácil de instalar. Para uso residencial y fachadas arquitectónicas, es lámina pre-pintada, tiene un total de 5 crestas y 4 valles con ancho útil de 760 mm.



7. Lámina losacero: El ahorro en volumen de concreto es un factor importante tanto por costo así como por peso total del sistema. Este tipo de lámina permite el incremento de capacidad de carga del sistema de losa. Esta lámina tiene un total de 3 crestas y 2 valles con un ancho útil de 950 mm.



8. Costanera: Se usan en la fabricación de estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, piezas forjadas. La altura de los bordes puede variar entre 70 y 305 mm, el ancho es de 50 mm.



Entre otros productos se encuentran capotes, hojas de lámina lisa, canales, bobinas galvanizadas, bobinas Pintro, bobinas Zintro y lámina translúcida plástica. Muchos de estos productos son utilizados como materia prima para nuevos productos en diferentes industrias.

III. MARCO TEÓRICO

A. Proceso de galvanizado

1. SECCIÓN DE ENTRADA: Las bobinas o rollos de acero negro son recibidos en esta área, donde son desempacadas y cargadas a un uncoiler (carro desembobinador). Las bobinas se clasifican por sus diferentes espesores y los pesos pueden variar entre 3 y 10 toneladas. Para mover las bobinas es necesario el uso de grúas aéreas, que son controladas por operarios capacitados. El uncoiler introduce la bobina a un mandril controlado a alta presión. Los desembobinadores giran a la velocidad indicada para cada tipo de espesor, para controlar la tensión de la tira de lámina. Hay dos uncoilers, cuando uno es utilizado, el otro está en reserva para accionarse cuando termine el primero.

Seguido los desembobinadores se encuentra una guillotina, que elimina el inicio de la bobina que presenta algún defecto. Para hacer las uniones entre el fin de una bobina y el inicio de la otra se debe hacer una costura o engrapar en la Stitcher. La precisión de la unión es muy importante, ya que si se rompe el engrapado hará que reviente la tira de lámina provocando un paro de línea.

2. SECCIÓN DE LIMPIEZA ALCALINA: Es aquí donde empieza el proceso para obtener un acero libre de impurezas y grasas. La lámina atraviesa por un tanque que tiene barras rociadoras las cuales inyectan la solución alcalina en ambas caras. Esta solución alcalina se mezcla con agua caliente para mejores resultados. A continuación la lámina pasa por un par de rodillos exprimidores que eliminan cualquier exceso de agua.

3. SECCIÓN DE LIMPIEZA ÁCIDO CLORHÍDRICO: En este tanque hay una solución de ácido clorhídrico (HCl) que elimina la presencia de óxido rojo y grasas en la lámina. El HCl es inyectado a temperatura ambiente para logra una mejor limpieza de la lámina. Luego pasa por unos rodillos exprimidores para eliminar los excesos del ácido.

4. TORRE ACUMULADORA: La función principal de la torre acumuladora es mantener la continuidad cuando se detiene el proceso en la sección de entrada por problemas con el engrapado. Otra de sus funciones es tensionar toda la lámina durante el proceso, porque de lo contrario no se logra un buen recubrimiento del material o no cumple con las propiedades necesarias.

5. PRECALENTAMIENTO: El precalentamiento es necesario para evitar choques térmicos en la lámina antes de entrar a la sección de horno, ya que aumenta la capacidad térmica de la línea y se obtiene un mejor galvanizado. Al elevar la temperatura también se evita choque térmico con el flux.

6. SECCIÓN DE HORNO: La lámina precalentada entra al horno que en su interior contiene una mezcla de zinc, flux, aluminio, plomo y antimonio que son componentes utilizados para galvanizar. La lámina se sumerge en esta mezcla, para que la capa de galvanizado se adhiera a ambas caras. El espesor de la capa de galvanizado es controlado por dos cuchillas de aire que están en la salida del horno. La separación entre las cuchillas es importante porque da el espesor de la capa de galvanizado. Si la lámina que está en proceso requiere de una capa de galvanizado menor, las cuchillas deben tener una separación mínima entre sí.

7. TORRE DE ENFRIAMIENTO: Esta torre de enfriamiento tiene como función reducir la temperatura de la capa de zinc para evitar que se deteriore en las siguientes etapas.

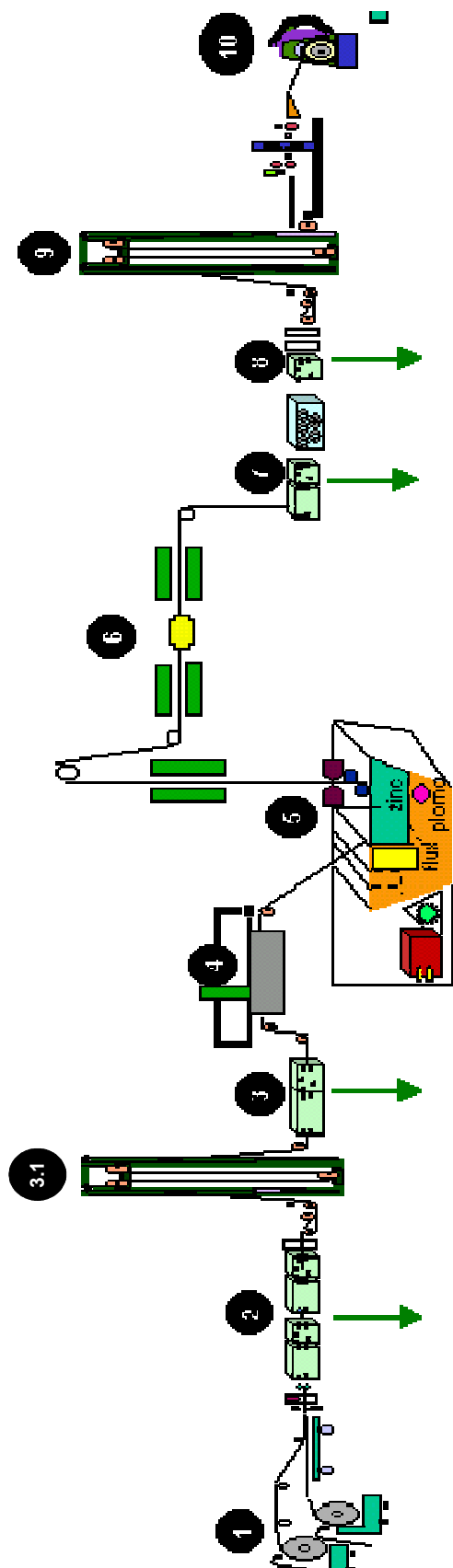
8. QUENCH TANK: Es un tanque que contiene agua limpia, que se regenera constantemente a través de un proceso de regeneración catalítica. Su función principal es continuar con el proceso de enfriamiento de la lámina y limpiar las impurezas provenientes del flux u otros metales. Se debe eliminar todas las partículas de hierro para lograr un mejor recubrimiento de pasivante en la siguiente etapa.

9. ÁCIDO CRÓMICO: En el tanque de pasivante se aplica ácido crómico a la lámina galvanizada para preservar el brillo y acabado final mientras está almacenada, evitando la aparición de óxido blanco. Al salir del tanque se encuentra rodillos exprimidores para eliminar excesos de ácido crómico.

10. TORRE ACUMULADORA: Como su nombre lo indica acumula lámina cuando se detiene el embobinado para empezar un nuevo rollo, así evita que se detenga todo el proceso. Cuando se debe cambiar un rollo en el recoiler, la torre es accionada para evitar que la lámina galvanizada pierda la tensión.

11. EMBOBINADORA (RECOILER): La lámina galvanizada es embobinada al final de la línea. Para mantener la tensión que la lámina requiere, el embobinar debe girar a la misma velocidad de la línea, de lo contrario se producen deformaciones en los rollos. Una vez se termina de enrollar se pesa, se mide el largo del rollo y se coloca una etiqueta con las especificaciones y número de lote. En caso de ser lámina denominada "suave", espesores mayores a 0.450 mm, se aplica una capa de aceite rustilo ya que este producto sufrirá mayores esfuerzos en la superficie en el siguiente proceso. Para esta aplicación de aceite rustilo, se usa una pistola de aire que rocía una cara de la lámina. Esto se hace con el fin de evitar el óxido blanco en el producto terminado. Por último la bobina o rollo galvanizado es almacenado.

Figura 1. Proceso de galvanizado



1. Sección de entrada
2. Sección limpieza Alcalina
3. Sección limpieza ácido clorhídrico
- 3.1 Torre acumuladora #1
4. Pre calentamiento
5. Sección del horno
6. Torre de enfriamiento
7. Quench tank
8. Ácido crómico
9. Torre acumuladora #2
10. embobinadora

B. Proceso de corte cintas galvanizadas

Este proceso se realiza en la máquina cortadora “Slitter”.

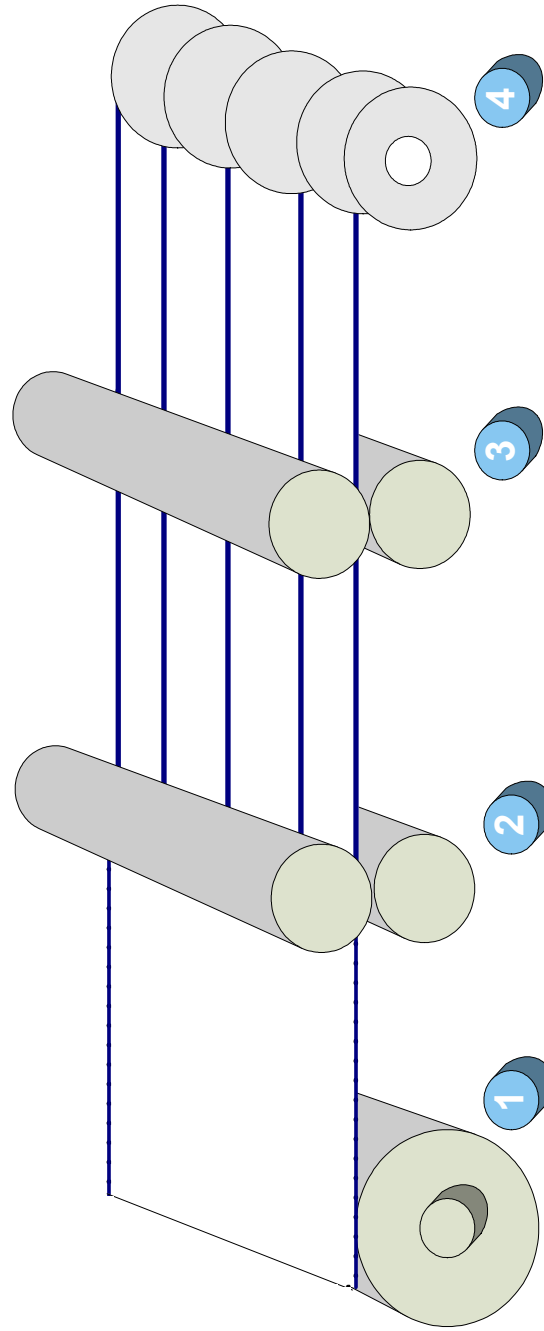
1. SECCIÓN DE ENTRADA: Las bobinas o rollos de lámina galvanizado son recibidos en esta área, donde son desempacadas y cargadas a un uncoiler. El uncoiler introduce la bobina a un mandril controlado a alta presión. Los desembobinadores giran a la velocidad indicada para cada tipo de espesor, para controlar la tensión de la tira de lámina. Se debe verificar el programa de producción para preparar las cuchillas que sean necesarias según el número de cintas a producir.

2. CORTE CINTAS: Las cuchillas son alineadas para cortar las cintas programadas. Los desperdicios en los extremos de lámina son embobinados y utilizados como productos secundarios. Las guías de corte se deben verificar para evitar que este desperdicio sea mayor. Después del corte estas cintas pasan por una fosa de 5 metros de profundidad, para ayudar a que el proceso sea continuo y en caso de paro no afecte al material final.

3. TENSION PAD: Al salir de la fosa las cintas galvanizadas pierden su rigidez por lo que deben pasar por la *Tension Pad* para recuperar su tensión. Esta sección consiste en dos rodillos de acero que son ajustados por un manómetro para controlar la presión según el espesor de las cintas. Los rodillos tienen un recubrimiento de alfombra que facilita que las cintas pasen con menor fricción. En esta sección se agrega aceite rustilo para evitar la aparición de óxido blanco en las cintas galvanizadas.

4. EMBOBINADO: Por último las cintas son enhebradas o enrolladas, luego flejadas o selladas, para ser trasladadas al área de bodega y si es el caso, a la costanera. Se debe pesar cada rollo de cinta galvanizada para poder etiquetarla.

Figuroa 2 Proceso de corte de cintas galvanizadas



1. Sección de entrada
2. Corte de cintas
3. Tension Pad
4. Embobinado

C. Corrosión

Corrosión es el ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica con el medio ambiente. La corrosión es un proceso natural, en el cual se produce una transformación del elemento metálico a un compuesto más estable, que es un óxido.

Hay dos tipos de corrosión: *corrosión seca* y *corrosión húmeda*. La corrosión seca, es cuando el ataque se produce por reacción química, sin intervención de corriente eléctrica. La corrosión húmeda es de naturaleza electroquímica, ya que aparece una corriente eléctrica dentro del medio corrosivo.

D. Óxido blanco

El óxido blanco es el producto de reacción de la oxidación o corrosión de zinc como ZnO que inclusive con la acción de CO₂ puede llegar a ser Carbonato de zinc (CaCO₃), estos productos se observan en la superficie, presentan una apariencia blanca.

La corrosión de los metales comunes en condiciones normales de humedad y temperatura, es un fenómeno electroquímico, es decir, se encuentra asociado al flujo de electrones a través de un electrolito que puede ser la humedad o el aire mismo por las contaminaciones y elementos conductores que pudiera contener. El desgaste ocurre por una disolución anódica del metal más activo que en este caso es el Zinc.

Existen dos tipos de barreras más comúnmente utilizadas como protección. Una es química en la cual se aplica una solución rica en cromatos, esta forma una capa estable Cr-Zn y Cr₂O₃ que evita la reacción bloqueando

posibles sitios de ataque, esto es conocido como tratamiento químico o *pasivado*.

Otra forma de proteger a los metales es física, aplicando sobre la superficie del metal, una capa de aceite mineral u orgánico para prevenir la corrosión o el óxido blanco. El tratamiento químico o pasivado es más resistente que el aceitado.

Una vez que el metal recubierto ha sido pasivado o aceitado, se puede presentar una corrosión galvánica, esto es cuando dos superficie de metal se unen ya sea cuando está envuelta entre rollos o en paquetes de hoja lisa o es acanalada, y existe el medio electrolítico, como la humedad por mojado o condensación. Se forma una especie de pila galvánica y se presenta una corrosión acelerada entre las dos piezas del metal que pelean entre sí el oxígeno y el hidrógeno del agua de la humedad formándose así las manchas de agua conocidas también como óxido blanco.

En épocas de lluvia y/o frío se presenta la mayoría de los casos de *oxidación blanca*. Es por ello, que siempre de debe evitar el contacto directo del producto con agua y humedad. Las áreas de empaque, embarque, carga y descarga de productos deben hacerse bajo techo.

Durante el embarque del producto por carretera los rollos debe ser cubiertos con lonas y las plataformas de los camiones deben estar libres de agujeros.

Durante el almacenaje de rollos se debe evitar el agua, la humedad y cambios de temperatura, existen bodegas que cuentan con excelente control de humedad y temperatura.

Una vez que se ha presentado el óxido blanco, la forma de eliminarlo es raspando la parte afectada con un cepillo de plástico fuerte o metal suave pero capaz de remover la capa de óxido, quitar completamente toda la suciedad o desechos de la superficie de la lámina y pintar el área afectada utilizando una pintura metálica de zinc o aluminio la cual se puede obtener líquida o en aerosol, la superficie nunca será igual que el galvanizado original, pero la oxidación se detendrá por un buen tiempo.

Figura 3 Óxido blanco



IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para evitar la generación de óxido blanco no es suficiente la aplicación del pasivante en lámina “suave”, por lo que a las cintas se debe aplicar aceite rustilo. La aplicación de aceite rustilo al final de la línea Verson, se hace utilizando una pistola de aire que debe ser llenada por un operador, cada vez que reduce la cantidad de aceite rociado, por lo que no es exacta y pasa lámina sin aceitar. Esta forma de aplicar el aceite deja una capa que no cumple con el estándar establecido por la casa matriz de INGASA.

Por otro lado la aplicación de aceite rustilo en la cortadora Slitter es salpicando con una brocha. El aceite sobre las cintas facilita el paso por las alfombras de los rodillos de la Tension Pad, evitando rayar el material. Estos rayones permiten que la humedad se filtre en la superficie y provoque las manchas blancas.

Las aplicaciones en ambos procesos deben ser mejoradas para prevenir la aparición de óxido blanco y mantener la calidad

V. METODOLOGÍA

Para reducir la cantidad de cintas galvanizadas que presentan óxido blanco se llevo a cabo la siguiente metodología:

- A.** Se midió la cantidad de aceite rustilo depositada en la lámina al final del Proceso de Galvanizado en la línea Verson. Para esto fue necesario cortar muestras de lámina de 30 cm de largo sin importar el ancho, cada una marcada con el número de bobina respectiva. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Control de Calidad donde se aplicó el *Instructivo para determinación de capa de aceite sobre superficie de acero negro* (Anexo 2). Los datos obtenidos de cada bobina fueron registrados y analizados para determinar si la aplicación de aceite rustilo era uniforme y cumplía con la capa estándar requerida por la casa matriz en toda la lámina. (Anexo3).

- B.** Se llevó un control del consumo real de aceite rustilo en la sección de la embobinadora de la línea Verson (Anexo4). Con los datos obtenidos se verificó cada cuánto se llena la pistola de aceite y si el rendimiento es el mismo según los metros producidos en ese tiempo.

- C.** Las bobinas galvanizadas de lámina “suave” (espesor mayor a 0.45 mm), pasan a la cortadora Slitter, así que se analizó el tipo de alfombra que cubren los rodillos de Tension Pad y la frecuencia de cambio. Esto se hizo porque las cintas presentaban rayones que provocaban el desprendimiento del aceite pasivante aplicado al final de la línea Verson.

- D.** Estos rayones en las cintas eliminaban tanto el aceitado como el pasivado por lo que se realizaron las siguientes pruebas con: i. alfombra de tráfico pesado, ii. alfombra tráfico pesado aceitada, iii. fieltro de 1/8” de densidad 26 y, iv. fieltro de 1/8” de densidad 26 aceitado, sustituyendo el recubrimiento en los rodillos de

E. tensión para determinar cual era más eficiente para el proceso de cintas galvanizadas. Para estos sustitutos también se controló la cantidad de toneladas que soportaba antes de quedar inservible.

F. Se cortaron dos juegos de muestras de 15X10 cm a diferentes bobinas, al inicio del desembobinador y después de pasar por la Tension Pad. Se realizaron dos pruebas a cada muestra: *cámara húmeda* y *apilamiento húmedo*, ambas para medir la durabilidad de las cintas hasta que aparezca el óxido blanco (Anexo 5). La prueba de cámara húmeda permite que el agua se condense de una manera uniforme y más acelerada dando como resultado la aparición de óxido blanco, mientras que el apilamiento húmedo sucede en tiempo real y la aparición del óxido blanco es más lenta. La cámara húmeda se programó para funcionar durante 250 horas a una temperatura de 32°C y las pruebas de apilamiento duraron 4 semanas.

G. Una vez terminado el tiempo programado para cada prueba se obtuvieron resultados distintos para cada material: alfombra y fieltro. Se comprobó la aparición de óxido blanco en ambos pero en diferentes cantidades. Se comparó el tiempo de vida de las cintas, la cantidad de rayones que presentaban, y la durabilidad de la alfombra y el fieltro. Es así, como se llegó a definir que material es el mejor para forrar los rodillos del proceso de corte de cintas y evitar la aparición del óxido blanco.

H. Se implementaron las mejoras para reducir el óxido blanco en las cintas galvanizadas. Se capacitó a los operarios para hacer un cambio de material en menor tiempo y sin riesgos, se determinó la capacidad de toneladas que procesa el material antes de ser reemplazado.

I. Por último se analizaron los riesgos provocados por el método de aplicación de aceite rustilo para operarios, equipo mecánico y eléctrico en el área de galvanizado y de la cortadora de cintas.

VI.EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

A. Evaluación técnica

1. **Capa de aceite rustilo.** Se midió la cantidad de aceite rustilo depositado en la lámina al final del *proceso de galvanizado* en diferentes bobinas, aplicando el Instructivo para determinación de capa de aceite sobre superficie de acero negro (anexo 2). Se obtuvo la cantidad de aceite en mg/m^2 en tres diferentes secciones de la lámina; *servicio, centro y operador*, y luego se promediaron para calcular la capa total de aceite en cada muestra. A continuación se muestra la tabla de resultados obtenidos:

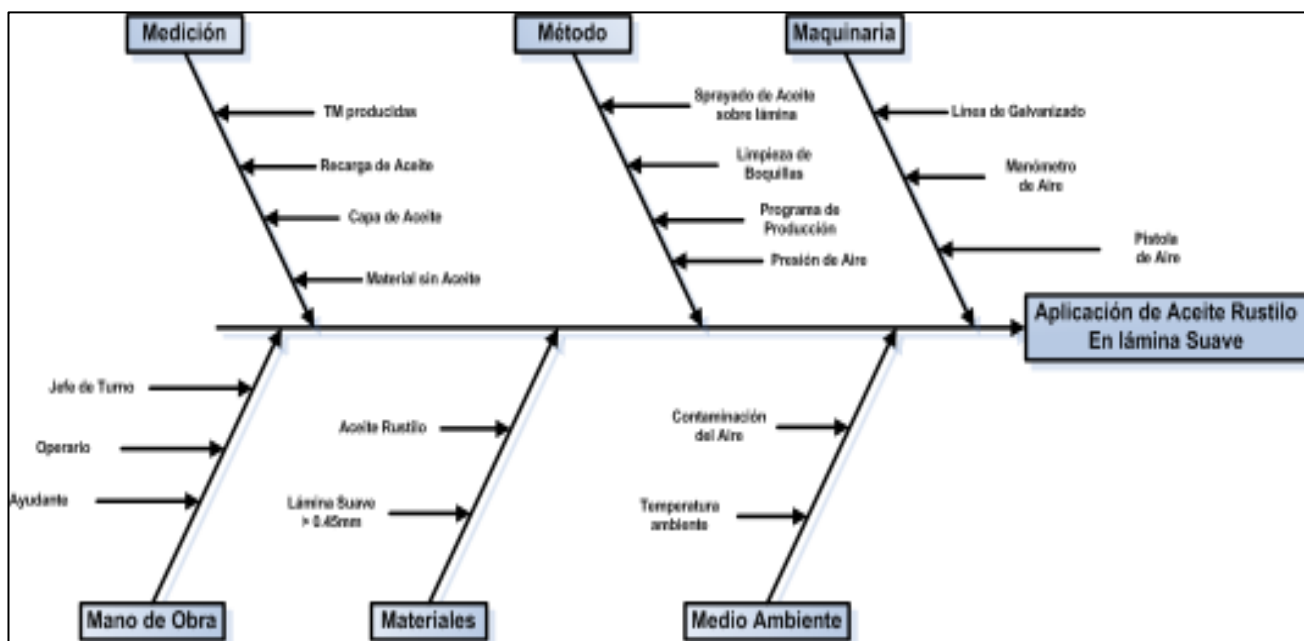
Tabla 1 Capa de aceite rustilo

| Muestra | No. Bobina | Capa (mg/m^2) |
|---------|------------|---------------------------------|
| 1 | 6318682 | 177.78 |
| 2 | 6318731 | 200.00 |
| 3 | 6447953 | 222.22 |
| 4 | 6444302 | 133.33 |
| 5 | 6444307 | 233.33 |
| 6 | 6444300 | 77.78 |
| 7 | 6318705 | 166.67 |
| 8 | 6318713 | 122.22 |
| 9 | 6318673 | 122.22 |
| 10 | 6257723 | 100.00 |
| 11 | 6257699 | 166.67 |
| 12 | 6318727 | 88.89 |
| 13 | 6440273 | 77.78 |

Se comprueba que la capa de aceite rustilo no es uniforme en las diferentes muestras y está por debajo de la capa de aceite definida por la casa matriz que es $500\text{mg}/\text{m}^2$. Este resultado indica que la aplicación de aceite utilizando la pistola de aire no cumple el requerimiento mínimo de la capa baja para la lámina de espesor mayor a 0.45mm. La ausencia de una capa uniforme no brinda el efecto hidrofóbico, que es repeler el agua del material.

A continuación se realizó un Diagrama Causa y Efecto tomando en cuenta los siguientes aspectos: *medición*, *método*, *maquinaria*, *mano de obra*, *materiales* y *medio ambiente*; para implementar un sistema de aplicación uniforme de aceite rustilo sobre la lámina.

Diagrama 1 Causa y efecto



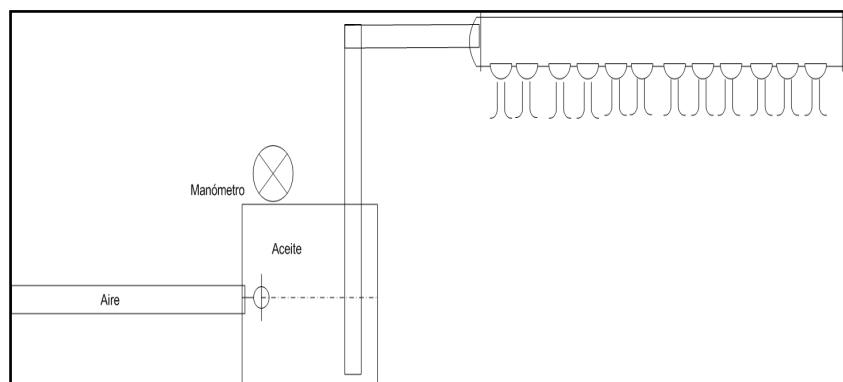
Para la *medición* se debe tomar en cuenta las toneladas métricas (TM) producidas de lámina “suave”, la cantidad de aceite que contiene la pistola de aire, la frecuencia de recargas, y la capa de aceite rustilo. El *método* se define como el uso de la pistola de aire, el estado de la boquilla, la presión de aire y el programa de producción para espesores mayores a 0.45 mm. La *maquinaria* usada es la línea Verson, los suministros de aire y la pistola de aire. La *mano de obra*, es el personal que está involucrado en el área de trabajo: Jefe de Turno, Operario y Ayudante. Los *materiales* utilizados son el aceite rustilo y la lámina “suave”. Por último en el *ambiente* se encuentra la contaminación del aire y la temperatura, factores afectados por la aplicación del aceite.

Una vez definidos los componentes involucrados en la aplicación de aceite Rustilo en lámina “suave” se consideraron las siguientes opciones para

sustituir la pistola de aire; así como dos posibles ubicaciones de los sistemas: la mesa al final de la torre acumuladora #2 o encima en la embobinadora.

a. Sistema por goteo de aceite rustilo. El sistema de goteo es un sistema práctico que requiere de una instalación muy sencilla. Los componentes del sistema son: bomba neumática, tanque de almacenamiento, tubería de aire y aceite, válvula reguladora de aire, manómetro y bandeja recolectora. La aplicación de aceite rustilo se hace en sólo una cara de la lámina, el aceite que resbale será recolectado en la bandeja para luego ser reutilizado. Este sistema se instalaría en la mesa al final de la torre acumuladora #2. La cantidad de aceite que fluye a través del tubo, colocado sobre la superficie de la lámina, no sería uniforme, pero la velocidad de enrollamiento de la lámina ayudaría a la distribución del mismo.

Figura 1 Sistema por goteo



b. Sistema de aspersión de aceite rustilo. Este sistema consiste en la aplicación de aceite rustilo por medio de boquillas a alta presión sobre una cara de la lámina. El sistema marca Bijur, tiene las siguientes especificaciones: un tanque de almacenamiento, cinco boquillas de aspersión, mangueras para aire y aceite, manómetro y válvula automática de apagado.

Este sistema se instalaría encima de la embobinadora, para que el aceite haga contacto con la otra cara de la lámina al embobinarse. Con las boquillas de aspersión el flujo de aceite es más fácil de regular y la aplicación es uniforme sobre todo la superficie. El mantenimiento de este equipo es poco frecuente, sin embargo, las mangueras deben ser revisadas para evitar bloqueos en la circulación de aceite y aire.

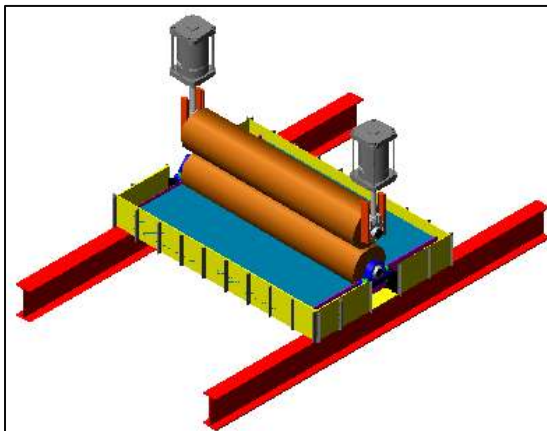
Figura 2 Sistema de aspersión



c. Sistema de aplicación de aceite rustilo por rodillos. En este sistema, dos rodillos recubiertos de esponja aplican el aceite en ambas caras de la lámina. La velocidad de giro de los rodillos es la misma velocidad con que la lámina avanza en la línea. Para este sistema son necesarios los rodillos antes mencionados, una pila para el aceite y dos pistones que controlen los movimientos y la presión de los rodillos.

La aplicación por este sistema requiere de un espacio mayor comparado con los sistemas anteriores, por lo que se ubicaría en la mesa al final de la torre acumuladora #2. El mantenimiento de los rodillos debe ser frecuente, cada 20 días, generando así un mayor tiempo de preparación de la línea de galvanizado Verson.

Figura 3 Sistema por rodillos



d. Sistema de aplicación de aceite rustilo en los cantos de la bobina. En este sistema un operario de forma manual aplica aceite rustilo en los costados o cantos de la bobina galvanizada previamente flejada. El aceite es aplicado con una brocha en forma circular en los cantos, para lograr el efecto hidrofóbico, y reducir el área de contacto si el agua se filtra en la superficie de la lámina. El tiempo de aplicación tarda dos minutos y el desperdicio de aceite es mínimo comparado con los otros sistemas.

Figura 4 Aplicación en cantos

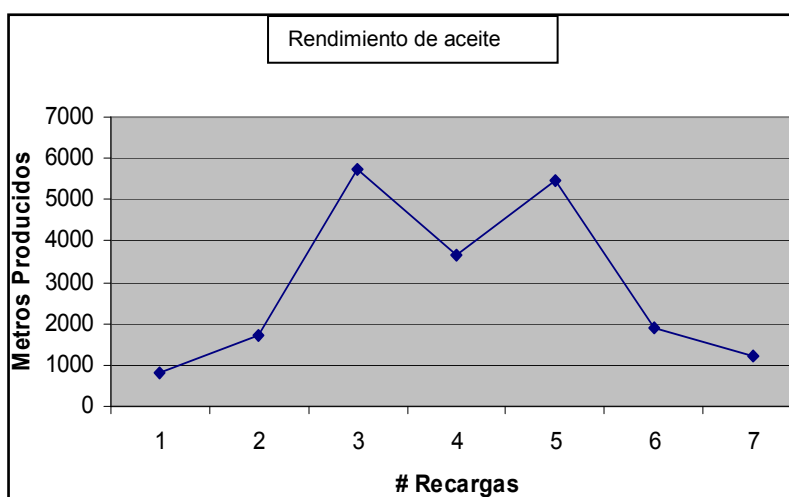


2. Consumo real de Aceite Rustilo. Se llevó un control del consumo real de aceite rustilo en la sección de la embobinadora de la línea Verson, para ello fue necesario tomar el tiempo entre recargas de aceite en la pistola de aire y la cantidad de metros producidos de lámina "suave". A continuación se muestra una tabla de recargas con tiempos y metros producidos en un turno de 12 horas, así como una gráfica de corrida.

Tabla 2 Consumo aceite rustilo

| Tiempo entre recargas (hrs) | Metros producidos |
|-----------------------------|-------------------|
| 0:16 | 800 |
| 2:24 | 1737 |
| 1:27 | 5732 |
| 1:50 | 3643 |
| 1:12 | 5450 |
| 1:18 | 1913 |
| 1:04 | 1231 |

Gráfica 1 Rendimiento aceite a rustilo



Los tiempos entre recargas son variados al igual que los metros producidos. La variación en los metros producidos depende de la velocidad de procesamiento de cada material dependiendo del espesor y oscila entre 45.0 m/s y 70.0 m/s. Cuando hay paro de emergencia en la línea Verson la pistola sigue rociando aceite sobre la misma superficie, dejando una capa mayor de aceite.



La pistola de aire tiene una capacidad de 850 ml de aceite rustilo y una presión de aire constante, por lo que el tiempo llenado debería ser invariable, más no lo es. La boquilla de la pistola puede estar tapada y el aceite no fluye de una manera regular. Los tiempos registrados por el operario pueden tener una confiabilidad del 95%, esto se debe a que no es inmediato y se llena la pistola

cuando la nube de aspersión se reduce o es casi nula. Cuando la nube de aspersión es muy reducida el alcance del aceite a la superficie de la lámina es mínimo así como la protección y la cantidad de metros sin aceite aumenta.

Es por ello, que este sistema de aplicación no es uniforme en toda la cara de la lámina y contamina el área de trabajo en la línea Verson.

3. Análisis de alfombras en cortadora Slitter. Se analizó el tipo de alfombras que se utilizan en la cortadora Slitter y la frecuencia de cambio de éstas. Toda la alfombra es de tipo “tráfico pesado” de segunda calidad, tanto de fábrica como usada. La alfombra de fábrica es de segunda calidad porque no cumplió los estándares de calidad, es decir, la puntada no es uniforme en algunas áreas, el color no es el indicado o no tienes las medidas especificadas. La alfombra usada puede contener mayores cantidades de polvo, lo cual provoca rayones en las cintas galvanizadas. Se identificaron dos estilos de alfombra utilizadas en el proceso.

Tabla 3 Tipos de alfombra

| | |
|---|--|
| <p>1. Los tejidos son cortos y están tupidos, ambos extremos del hilo están en un mismo punto. La altura del hilo es de 0.50 cm. Este estilo de alfombra evita que las cintas se fijen entre las uniones.</p> |  |
| <p>2. El tejido es más alto (1.0cm), está unido a la base sólo por un extremo y el otro esta suelto. La separación entre hilos es mayor por lo que brinda mayor soporte de la superficie.</p> |  |

Las alfombras se deben reemplazar después de procesar entre 12 y 18 toneladas, el fieltro tiene capacidad entre 15 y 20 toneladas, dependiendo de factores como: la cantidad de aceite que contiene, condición inicial en el caso

de las alfombras, cantidad de cromo depositado en el galvanizado, la presión y el ajuste de los rodillos de la Tension Pad.

4. Pruebas realizadas en la cortadora Slitter. Se realizaron pruebas en la cortadora Slitter con diferentes recubrimientos en la Tension Pad. Los materiales usados fueron: *alfombra* y *fieltro*. Se tomaron dos tipos de muestras: antes y después de pasar por la Tension Pad (Anexo 5).

Las pruebas demostraron cual es el material y procedimiento óptimo para el recubrimiento de la Tension Pad en la cortadora de cintas galvanizadas siguiendo los procedimientos establecidos en *control de calidad*.

Las muestras tiene la siguiente clasificación:

- a. Control: antes de la Tension Pad,
- b. Alfombra de “tráfico pesado” aceitada,
- c. Fielto de 1/8” de densidad 26 sin aceitar, y
- d. Fielto de 1/8” de densidad 26 aceitado.

De las muestras de diferente tipo de recubrimiento se les aplicó dos pruebas: *Apilamiento Húmedo* y *Cámara Húmeda* (Anexo 5).

A continuación se analizan los resultados obtenidos de cada muestra, tomando en cuenta que: las condiciones iniciales son iguales para todas las muestras, siendo extraídas de la misma bobina de lámina galvanizada; en la cámara húmeda se recolectaron 280 mL de agua en las probetas durante las primeras 72 horas y 440 mL al finalizar la prueba.

Tabla 4 Control cámara húmeda

| | | Observaciones |
|--------------------------------------|--|--|
| <p>Cámara húmeda (Inicio)</p> |  | <p>La muestra tiene las cualidades necesarias, según los estándares de calidad. Tiene un brillo deseable, la superficie es plana sin ninguna alteración.</p> |
| <p>72 Horas</p> |  | <p>La aparición de óxido blanco es evidente. El brillo se perdió, las manchas están sobre el 80% de la superficie</p> |
| <p>250 Horas</p> |  | <p>En esta muestra el óxido blanco se mantiene constante (80%) sobre la superficie.</p> |

Tabla 5 Control apilamiento húmedo

| | | Observaciones |
|---|--|--|
| <p>Apilamiento húmedo (Inicio)</p> |  | <p>La muestra tiene las cualidades necesarias, según los estándares de calidad. Tiene un brillo deseable, la superficie es plana sin ninguna alteración.</p> |
| <p>Semana 1</p> |  | <p>La aparición de óxido blanco inicia, se observa en la parte superior derecha que la cinta es blanca y opaca. El centro permanece con las condiciones ideales.</p> |
| <p>Semana 4</p> |  | <p>El óxido blanco está sobre toda la superficie de la cinta. La orilla de la muestra empieza a tener un color más oscuro.</p> |

Tabla 6 Alfombra de "tráfico pesado" aceitada, cámara húmeda


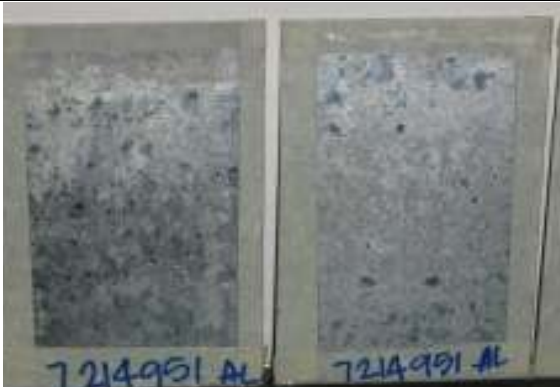

| | | Observaciones |
|--------------------------------------|--|--|
| <p>Cámara húmeda (Inicio)</p> |  | <p>La muestra presenta rayones leves. Tienen brillo suficiente.</p> |
| <p>72 Horas</p> |  | <p>La aparición de óxido blanco se presenta de manera rápida, pues el 90% de la superficie no tiene brillo, sólo manchas blancas.</p> |
| <p>250 Horas</p> |  | <p>El óxido blanco se generó en toda la muestra se observan los rayones leves que inicialmente tenía. El color es parcialmente blanco.</p> |

Tabla 7 Alfombra de “tráfico pesado” aceitada, apilamiento húmedo

| | | Observaciones |
|----------------------------------|--|---|
| <p>Apilamiento húmedo</p> |  | <p>La muestra presenta rayones leves. Tienen brillo suficiente.</p> |
| <p>Semana 1</p> |  | <p>La superficie está cubierta de óxido blanco en un 50%, algunas con mayor proporción por la cantidad de agua entre caras. Las manchas son tan pequeñas que parecen gotas.</p> |
| <p>Semana 4</p> |  | <p>La cantidad de óxido blanco generado aumenta a un 70%, las manchas son mayores y continuas.</p> |

Tabla 8 Filtro de 1/8" de densidad 26, cámara húmeda


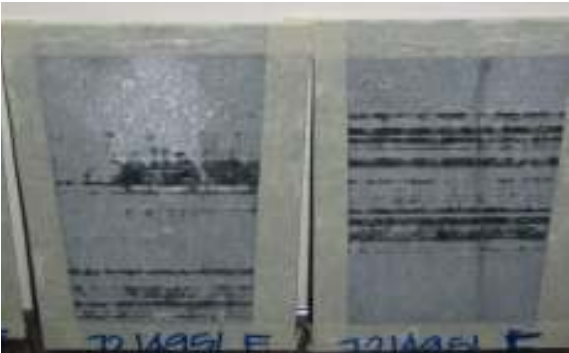

| | | Observaciones |
|--------------------------------------|--|---|
| <p>Cámara húmeda (Inicio)</p> |  | <p>Las muestras presentan rayones severos en las caras. Por lo que el brillo se pierde casi inmediatamente.</p> |
| <p>72 Horas</p> |  | <p>La mancha de óxido blanco se genera alrededor de los rayones. El brillo se ha perdido un 90%.</p> |
| <p>250 Horas</p> |  | <p>Las muestras están totalmente blancas, los rayones están cubiertos por óxido blanco. Esta es la apariencia que se quiere evitar.</p> |

Tabla 9 Fieltro de 1/8" de densidad 26, apilamiento húmedo

| | | Observaciones |
|---------------------------|---|--|
| Apilamiento húmedo |  | Las muestras presentan rayones severos en toda la superficie, por lo que el brillo se pierde casi inmediatamente |
| Semana 1 |  | El 85% de las muestras presentan óxido blanco de forma acelerada. Las manchas continuas, sin embargo, no cubren los rayones. |
| Semana 4 |  | El óxido blanco esta en toda la superficie de las muestras, los rayones son muy notorios. |

Tabla 10 Filtro de 1/8" de densidad 26 aceitado, cámara húmeda

| | | Observaciones |
|----------------------|--|--|
| Cámara húmeda |  | <p>Las muestras tienen las cualidades necesarias, según los estándares de calidad. Tiene un brillo adecuado y no presenta rayones.</p> |
| 72 Horas |  | <p>La aparición de óxido blanco es leve, en los extremos de la muestra. El color blanco cubre el 35% de la superficie, no ha perdido el brillo por completo.</p> |
| 250 Horas |  | <p>La generación de óxido blanco es lenta ha aumentado 5%. Las manchas son pequeñas y discontinuas, el brillo se mantiene al mínimo.</p> |

Tabla 11 Filtro de 1/8" de densidad 26 aceitado, apilamiento húmedo

| | | Observaciones |
|---------------------------|--|---|
| Apilamiento húmedo |  | <p>Las muestra tiene las cualidades requeridas, según los estándares de calidad. Tiene brillo adecuado y no presenta rayones.</p> |
| Semana 1 |  | <p>En las orillas la aparición de óxido es evidente. Sin embargo, el brillo no se ha perdido.</p> |
| Semana 4 |  | <p>El óxido blanco se ha expandido al centro también, pero el color blanco no es dominante. Las manchas son continuas.</p> |

5. Riesgos asociados al proceso. Un riesgo es el resultado de la vulnerabilidad y amenaza de una situación. En los procesos de la línea Verson y cortadora Slitter hay riesgos provocados por el método de aplicación de aceite rustilo. Los riesgos se dan en peligro para el operario, la maquinaria y el ambiente.

a. Riesgos al operario.

- Los operarios al aplicar el aceite rustilo sobre la alfombra en la Slitter y en la pistola de aire en la Verson tienen contacto con el aceite rustilo, por algunos segundos. Según las especificaciones del aceite esta exposición no tiene efectos secundarios pues es un soluble, en caso leve puede haber irritación.
- Los operarios no utilizan anteojos, la única protección que utilizan en la línea Verson es una mascarilla para evitar infecciones de garganta, por lo que están propensos a irritación de ojos.
- El cambio de alfombra se realiza sobre una mesa que cubre la fosa de 5 metros de profundidad. El operario debe estirarse para lograr prensar la alfombra en los rodillos de la Tension Pad, para evitar que se deslice durante el proceso. Una caída en esta fosa es fatal.

b. Riesgos al equipo

- El motor eléctrico de tracción del embobinador se podría destruir como consecuencia de un corto circuito provocado por el aceite rustilo en la línea Verson .
- Otras partes eléctricas que se pueden dañar son pulsadores, conectores, sensores y partes móviles en la línea Verson.
- Los rieles del carro de salida pueden taparse por la acumulación del aceite.

c. Riesgos al ambiente

- La contaminación que produce la nube de aspersion por causa de la pistola de aire tiene un radio de 2 metros. El área de embobinado está

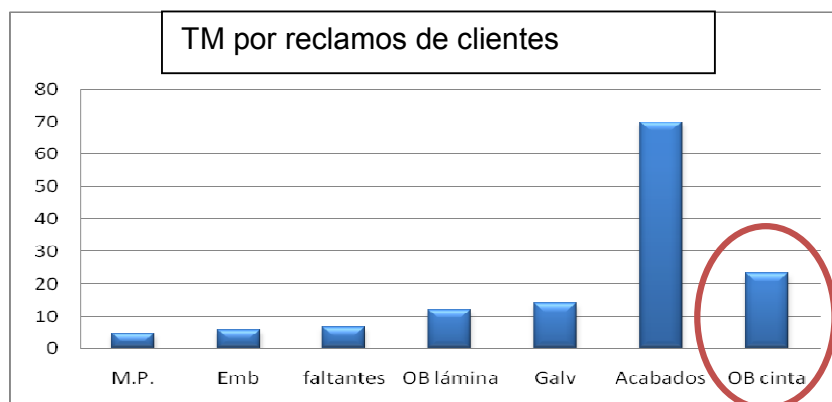
en la salida de la galera por lo que fluye una corriente de aire que impulsa el aceite hacia adentro.

B. Evaluación de reclamos de cliente

Los reclamos de un cliente son resultado de expectativas no satisfechas, por algún incumplimiento en el servicio o producto que recibe. Es importante medir la frecuencia con que estos suceden para cumplir los estándares de calidad del cliente a través de las mejoras en la producción y entrega del producto terminado (Tabla 16). Se reconoció que hay fallas en la producción tanto de láminas, como de cintas galvanizadas por lo que se tomaron las medidas necesarias para evitar que el cliente esté insatisfecho. Como parte de las políticas de la empresa, la solución a estos inconvenientes se debe encontrar para prevenir futuros reclamos.

A continuación se analizan los reclamos de clientes más frecuentes en INGASA, durante un período de un año (Gráfica 2). Este análisis desglosa las principales causas de los *reclamos de clientes y las toneladas métricas (TM) defectuosas mensualmente*.

Gráfica 2 TM por reclamos de clientes



1. Material dañado en acabados. La lámina galvanizada o acero negro entran al área de acabados, donde adquieren su última transformación en los diferentes perfiles, que pueden ser acanalados, estructurales, canaletas, entre otros. Los daños más frecuentes son golpes en las orillas de las láminas, mal posicionamiento de enhebrado o almacenamiento, mal doblado

de bordes en canaletas. Estos daños son notados por el cliente porque la lámina puede romperse al doblarse, las medidas de las láminas no concuerdan con la cantidad especificada y por simple apariencia.

Durante el período de análisis hubo 43 reclamos por este tipo de daño, dando un total de 69.832 TM de láminas defectuosas por lo que se reconoce como el incidente más alto con 51% del total de toneladas.

2. Material dañado en embarques. Los productos finales pueden ser trasladados, ya sea por transporte propio o un contratista, a su destino final. El camión o vehículo es cargado en las instalaciones de la planta utilizando grúas elevadas para mover el material y esto puede causar daños en él, como pueden ser golpes en los bordes de las láminas, pandeo y dobleces en la superficie.

Durante el período de análisis hubo 54 reclamos por este tipo de daño, dando un total de 5.735 TM. Este daño es el segundo más frecuente, pero no se puede tener control total de él, pues los daños pueden darse al momento de descargar el camión de un contratista.

3. Material dañado en galvanizado. Durante el proceso de galvanizado en ambas líneas Verson y HSR el material está sometido a altas temperaturas en el horno durante un período de tiempo más largo debido a algún paro en la línea. Los tanques de ácido crómico pueden tener alguna variación en las concentraciones químicas, el engrapado de la Stitcher puede haberse roto y esto causa daños al material galvanizado.

Los daños más notorios son: una superficie áspera y poca uniformidad en la flor de galvanizado, el zinc se desprende al cortar y doblar, y el color de la lámina puede ser amarillento, cuando tiene exceso de pasivante. Durante el período de análisis hubo 28 reclamos por este tipo de daño, dando un total de 13.921 TM.

4. Materia prima dañada. Al acero negro se transporta por vía marítima o terrestre hacia la planta. El transporte marítimo da lugar a la corrosión causada por la sal, el almacenamiento en puerto contribuye también a esto, por lo que las bobinas deben ser procesadas inmediatamente al llegar a la planta. El proceso de galvanizado es más lento para este tipo de material, para eliminar la corrosión.

Durante el período de análisis hubo nueve reclamos por este tipo de daño, dando un total de 4.72 TM, siendo ésta la menor cantidad de toneladas defectuosas.

5. Faltantes/sobrantes en pedidos. El material terminado es almacenado en bodega y conforme cada pedido, las láminas son contadas y cargadas al camión propio o transportista. Debido a que este es un proceso manual, puede haber errores de traslape en los lotes de láminas.

Durante el período de análisis hubo 256 reclamos por este tipo de reclamo, siendo éste el más frecuente, dando un total de 6.473 TM.

6. Óxido blanco en cintas. En la época de lluvia, entre los meses de mayo y octubre, es cuándo más frecuentes son estos reclamos, pues la mala apariencia no cumple las exigencias del cliente. La cinta cambia por completo el color brillante por un blanco opaco en toda la superficie.

Durante el período de análisis hubo 19 reclamos por este tipo de daño, dando un total de 23.276 TM, lo cual indica que es el segundo tipo de reclamo con mayor tonelaje.

7. Óxido blanco en lámina. Este tipo de reclamo también se da en la época lluviosa de cada año. Tiene los mismos defectos que las cintas galvanizadas con óxido blanco. Durante el período de análisis hubo 5 reclamos por este tipo de daño, dando un total de 12.047 TM.

C. Evaluación de costos

1. Evaluación de costos. Durante los procesos de producción se generan productos con defectos, lo cual representa costos de mala calidad. Estos costos se producen por fallas internas o externas. Las fallas externas son causadas por defectos en materia prima, el ambiente, etc. Las fallas internas son causadas por malos procedimientos, fallas de equipos, errores, etc.

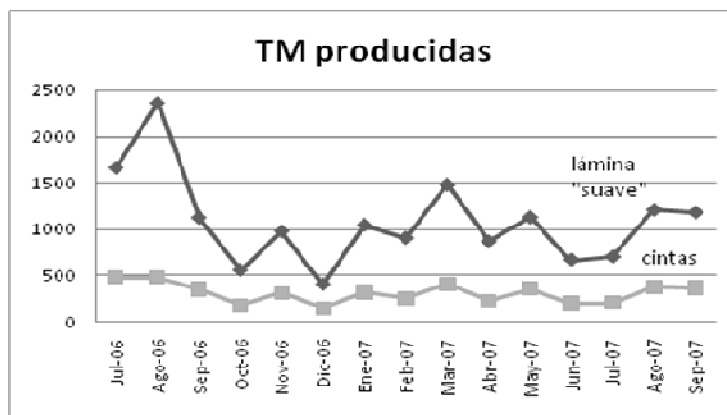
En este trabajo sólo se analizaron las fallas internas, específicamente en la producción de lámina “suave”, corte de cintas galvanizadas, los consumos y costos de aceite rustilo, alfombra y fieltro.

2. Producción de lámina “suave” y cintas galvanizadas

La producción de lámina suave es programada una o dos veces por semana en la línea Verson, de acuerdo a la demanda, ya que después de ser galvanizada pasa al área de acabados, para producir cintas y otros productos. El promedio mensual de producción de lámina “suave” en la línea Verson durante julio 2006 y septiembre 2007 fue de 1085.09 toneladas métricas y el promedio de cintas producidas en la Slitter fue 314.40 toneladas métricas.

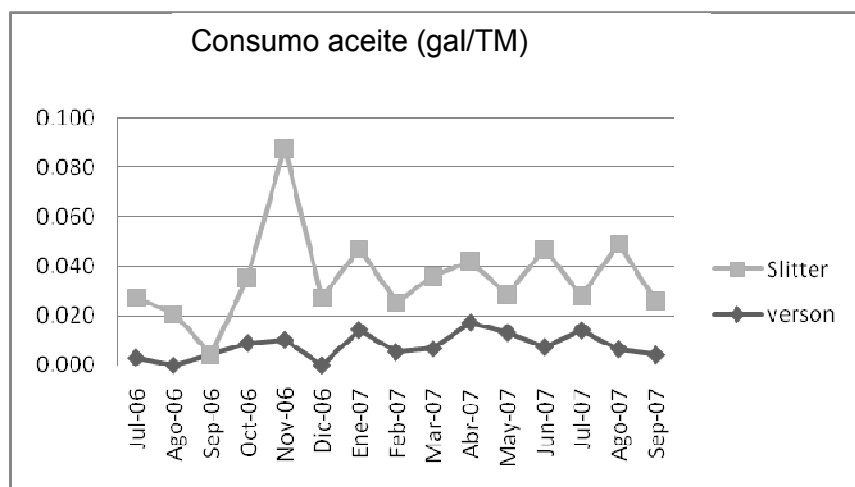
Como se muestra en la gráfica 3, la producción tanto de lámina “suave” como de cintas galvanizadas no es constante durante el año, en los meses diciembre 2006 y octubre 2006 la producción de lámina alcanza sus puntos más bajos, mientras que en cintas la producción más baja se da entre diciembre 2006 y febrero 2007.

Gráfica 3 TM producidas



3. Consumo de aceite rustilo. En INGASA, se lleva un control diario de los ingresos y egresos de materiales de bodega. El aceite rustilo se almacena en toneles de 10 galones y conforme se necesita se vierte en garrafones de 5 galones. El aceite se utiliza en la Cortadora Slitter y en la Línea Verson. Para analizar el consumo de aceite, fue necesario contabilizar la producción de ambos productos (cintas y lámina “suave”) y el despacho del aceite de bodega.

Gráfica 4 Consumo aceite (Gal/TM)



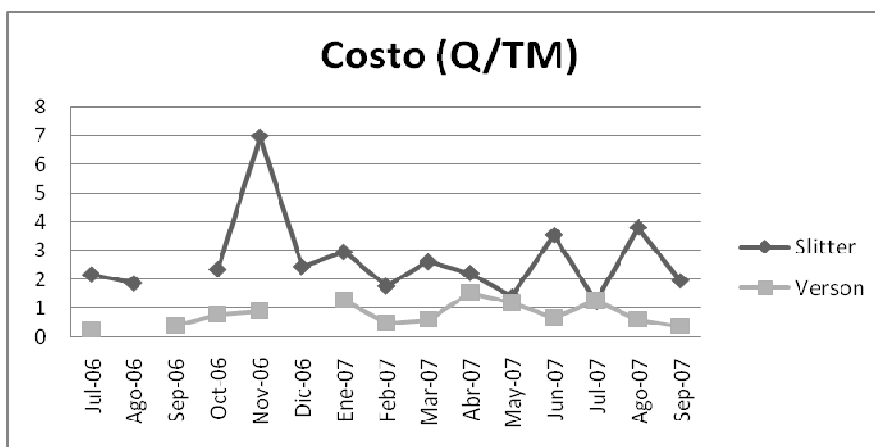
La cantidad consumida en la línea Verson y en la cortadora Slitter no es constante, se puede observar que hubo meses en que no se solicitó aceite para aplicar en la producción. Todos los meses hubo producción en ambas máquinas, así que hubo meses en los cuales los operarios solicitaron más galones de lo que utilizaron y tenían una reserva. Se observa que en la Slitter hubo un consumo mayor de aceite rustilo comparado con la línea Verson, esto parece ser contradictorio, pues la aplicación de aceite en la línea Verson es continua y en la Slitter es manual e intermitente.

4. Costo de Aceite Rustilo por producción. Se tomó el último costo como referencia durante el estudio por lo que el costo de 1 galón de aceite rustilo fue de Q.89.73. A continuación se calculó el consumo del aceite y el costo tanto en toneladas métricas (TM) como en metros cuadrados (m²) para la línea Verson y la cortadora Slitter. El rendimiento de aceite se obtuvo dividiendo las TM o m² en la cantidad de galones consumidos por mes. Para

calcular el costo por TM o m2 se multiplicó el rendimiento por el costo unitario del galón de aceite rustilo.

El costo promedio en la línea Verson fue de Q.0.623 /TM y Q.0.003 /m², en la Slitter el costo fue de Q 0.012/m² y Q2.359/TM. Ambos costos parecen ser bajos, pero se está sacrificando la buena calidad, pues la aparición de óxido blanco es evidente en las cintas.

Gráfica 5 Costo (Q/TM)



5. Costos de implementación de Sistema para la aplicar aceite rustilo. Para lograr una mejor aplicación de aceite rustilo en la línea Verson se puede implementar cualquiera de los sistemas mencionados anteriormente, y así proteger contra el óxido blanco. En la siguiente tabla se compararon los costos de implementar los sistemas.

Tabla 12 Comparación de sistemas

| | Sistemas | | | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| | Goteo | Aspersión | Rodillos | Brochas |
| Costo | Q10,400 | Q38,900 | Q48,000 | Q1500 |
| Vida útil | 5 años | 5 años | 5 años | 5 años |
| Mantenimiento | Frecuente | Frecuente | Frecuente | N/A |
| Valor de salvamento | (Q1,575.70) | (Q5,893.71) | (Q7,272.44) | 0 |

Todos los sistemas tienen una vida útil de cinco años, pueden durar más tiempo si se da un mantenimiento adecuado y frecuente. En el caso del sistema por goteo y de aspersión es indispensable que los hoyos y boquillas estén siempre libres para que el aceite fluya. Adicionalmente tienen un costo de tiempo de preparación pues este mantenimiento hará que la línea pare.

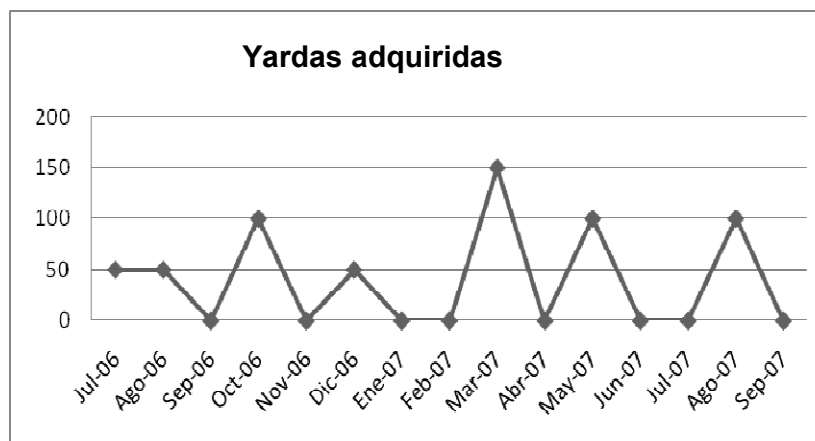
En un futuro al vender los equipos se tendrá pérdida, debido a que el equipo se vuelve obsoleto pues hay nuevas y mejores tecnologías. Las medidas del sistema de aspersión son muy específicas su reubicación debe ser considerada, si no es necesario su uso en la línea Verson, puede adaptarse para utilizarlo en otra área.

La aplicación por el uso de rodillos también tiene un mantenimiento frecuente pues los forros deben ser monitoreados constantemente para evitar que raye la lámina. Es el sistema más caro y tiene la misma vida útil que los demás sistemas.

El uso de la brocha es el método más económico, pues sólo requiere de una brocha nueva cada mes y no requiere mantenimiento alguno.

6. Utilización de alfombra de segunda calidad. La alfombra de segunda calidad sólo se utiliza en la cortadora Slitter como recubrimiento de los rodillos de la Tension Pad. El control de consumo de alfombra es a través de la órdenes de salida de la bodega. Para este análisis no se tomó en cuenta los distintos tipos de alfombras que ingresan al sistema. Se puede observar en la siguiente gráfica que las yardas adquiridas no son constantes durante el período de análisis. No se registró movimiento en los meses de septiembre y noviembre 2006; enero, febrero, abril, junio, julio y septiembre 2007. El costo unitario por yarda de alfombra utilizada fue Q.17.85.

Gráfica 6 Yardas Adquiridas



Después de contar las yardas adquiridas y la producción se calcularon costos de producción. El costo promedio por tonelada métrica es de Q.4.553, esto se calcula por medio del rendimiento que tiene el uso de alfombra con relación a las toneladas de cintas producidas en la Slitter. En los meses que no se reportan yardas adquiridas no se incurrió en costos (Tabla 20).

7. Utilización de fieltro. Como parte del estudio se realizó pruebas con fieltro de 1/8" de densidad 26 para comprobar si era un buen recubrimiento para los rodillos de la Tension Pad en la cortadora Slitter. El costo unitario por yarda de fieltro fue de Q.73.17. Con las pruebas realizadas el costo promedio de utilizar fieltro por TM es más elevado que el uso de alfombra, pues éste tiene un costo de Q.17.85.

Tabla 13 Utilización de fieltro

| yarda | Costo(Q) | TM | m2 | Rendimiento (TM) | Rendimiento (m2) | Costo (Q/TM) | Costo (Q/m2) |
|-------|----------|--------|--------|------------------|------------------|--------------|--------------|
| 6.56 | 480 | 15.046 | 3009.2 | 0.4360 | 0.0022 | 31.9020 | 0.1595 |
| 6.56 | 480 | 17.138 | 3427.6 | 0.3828 | 0.0019 | 28.0078 | 0.1400 |

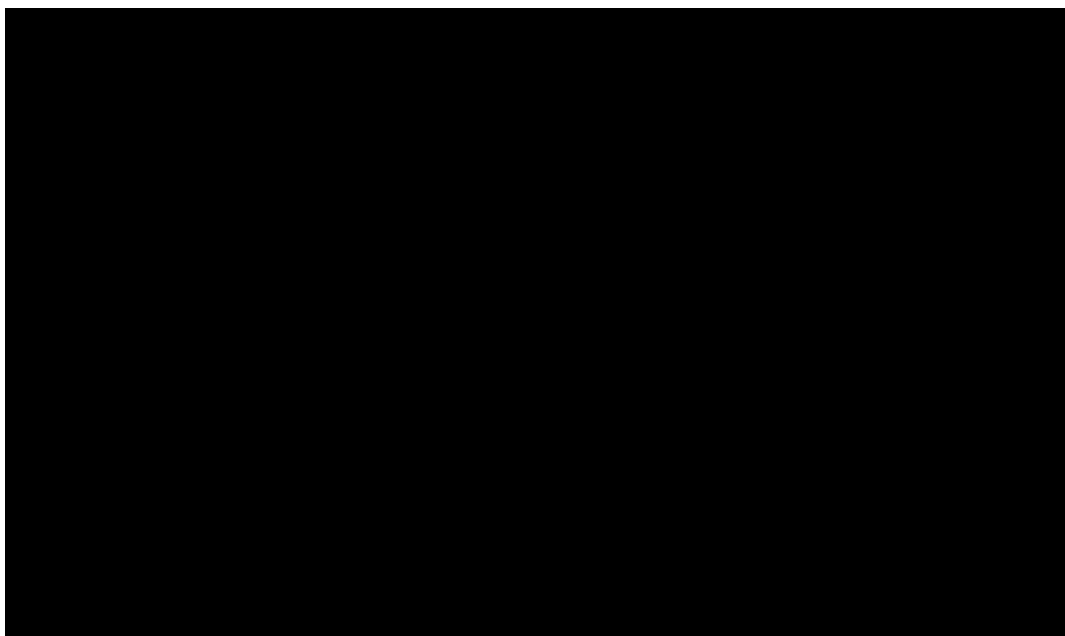
8. Ahorros proyectados. Este estudio tiene como fin optimizar la producción de cintas galvanizadas para evitar la generación de óxido blanco, por lo que se deben reducir los costos y mejora el proceso. Reducir el consumo de aceite rustilo es necesario en la línea Verson debido a que la solicitud de galones a bodega no es constante. Se estableció una cantidad mensual para satisfacer las necesidades de producción en la Slitter.

La cantidad de toneladas métricas (TM) producidas se mantiene constante para la Slitter y la Verson, lo que varía es la cantidad de aceite rustilo utilizado, el fieltro y la eliminación de la alfombra del proceso.

Si se utilizan los mismo datos de producción de cintas galvanizadas del período de análisis para hacer una proyección de la utilización del fieltro y costo se obtiene la siguiente información. El uso de fieltro se reduce 38% el consumo, comparado con la alfombra de segunda, por su mayor capacidad de resistencia, sin embargo aumenta 39% el costo total en un período de 15 meses utilizando fieltro. El costo por tonelada utilizando fieltro como recubrimiento de rodillos en la Tension Pad es de Q.6.55, el de la alfombra Q.4.55. Este costo superior se refleja en el buen desempeño que se vió en las pruebas realizadas en la cámara húmeda y aplicamiento húmedo con el uso de fieltro.

La siguiente tabla contiene los ahorros proyectados y sus posibles variables durante un período de 15 meses.

Tabla 14 Ahorros proyectados



El costo de mala calidad bajaría en un 75% (Q1306.85) al implementar el uso de fieltro aceitado en los rodillos de la Tension Pad, porque las cintas galvanizadas ya no presentarían óxido blanco. El óxido blanco, sólo aparecería en casos extremos donde estén expuestas a la humedad. Se calculó un promedio de toneladas métricas reclamadas de 1.93TM, para no descartar que existan cintas defectuosas. En la proyección las cintas con óxido blanco parecen aumentar un 23%, esto es porque el período de análisis previo fue de 12 meses, y esta proyección dura 15 meses, sin embargo, el ahorro de costos de mala calidad es Q.58,808.28, que representa el 75%.

Se observa que los galones de aceite rustilo solicitados a bodega para su uso en la cortadora Slitter se mantienen constantes y para la línea Verson se tomó el último dato, 5 galones del periodo estudiado, como estándar. En la línea Verson el costo Q.0.297/TM representa un ahorro del 52%, pues la aplicación sólo en cantos no genera desperdicio del aceite y se logra una protección más efectiva.

La eliminación de alfombras para recubrimiento de los rodillos de la Tension Pad genera un ahorro de Q.10,710, lo cual compensa el costo de

fieltro que asciende a Q.27,338.75. En esta proyección se incluye la implementación de utilización de brochas para aplicar el aceite rustilo en la línea Verson que tiene un costo de Q.375.00 durante estos meses.

Después de estos ajustes de inversión se tiene un ahorro total de **Q55,824.27** en un período de 15 meses que representa el **46.75%** de costos. en la producción de cintas galvanizadas sin óxido blanco.

VII. CONCLUSIONES

Con base en este trabajo se identificaron las áreas de oportunidad para optimizar el proceso de cintas galvanizadas y mejorar los métodos actuales tanto en la línea Verson, como en la cortadora Slitter.

En la línea Verson y la cortadora Slitter, se implementaron medidas para reducir la generación de óxido blanco en cintas galvanizadas y los riesgos para el operario, la maquinaria y el ambiente.

La capa de aceite rustilo en la lámina “suave” no cumple con el estándar y no se aplica de manera uniforme, por lo tanto, se cambiará el método de aplicación.

Se aplicará el aceite rustilo a bobinas de lámina “suave” sólo en los cantos, excepto en aquellas producciones donde el cliente solicite la aplicación del aceite sobre la superficie del material o en bobinas de exportación marítima.

El tiempo antes de la aparición del óxido blanco en las cintas galvanizadas procesadas con fieltro aceitado, aumenta un 28%, con respecto al uso de alfombra aceitada.

Los resultados de las muestras que se realizaron en la cámara salina y apilamiento húmedo dan como resultado que el mejor recubrimiento para los rodillos de la Tension Pad en la Slitter es el fieltro aceitado. En las siguientes tablas se hace la comparación de las muestras.

Tabla 15 Resultados cámara húmeda





| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Filtro | Alfombra aceitada | Filtro | Filtro aceitado |

Tabla 16 Resultados apilamiento húmedo

| | | | |
|---|--|---|--|
|  |  |  |  |
| Filtro | Alfombra aceitada | Filtro | Filtro aceitado |

Con la implementación del fieltro aceitado en la Tension Pad se reducirán los costos de mala calidad por óxido blanco en cintas galvanizadas, aún cuando el fieltro tiene un mayor costo que la alfombra.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Implementar el uso de fieltro aceitado en la Tension Pad para reducir la generación de óxido blanco en cintas galvanizadas.
2. Utilizar fieltro de un mayor espesor, $\frac{1}{4}$ de densidad 26 como recubrimiento de los rodillos de la Tension Pad en la Cortadora Slitter, ya que el utilizado en las pruebas resbalaba porque era muy liso y delgado.
3. Adaptar un sistema de aplicación de aceite rustilo en la cortadora Slitter, como los mencionados para la línea de galvanizado Verson, esto con el fin de evitar que el operario salpique el aceite y no sea aplicado a todas las cintas.
4. Estandarizar el tipo de alfombra utilizada en caso de ser una producción distinta a cintas galvanizadas en la Slitter. Si se sigue utilizando alfombra para cintas galvanizadas, esta debe ser de tejidos cortos y tupidos con uniones en un mismo punto, es recomendable que esta alfombra sea de segunda calidad pero de fábrica para evitar que el polvo que contengan raye el material.
5. Colocar una esponja que absorba el aceite que se riega entre los Rodillos, para evitar deslices del operario al momento de cambiar alfombras o fieltro en la Slitter y que el desperdicio de aceite se reduzca pues puede reutilizarse.
6. Actualizar procedimientos en las regulaciones de ISO en INGASA, pues todo ayudante, operario y jefe deben conocer a detalle todos los procesos y procedimientos que eviten la generación de óxido blanco en cintas galvanizadas.

IX. BIBLIOGRAFÍA

ACESCO. *Manual de acero galvanizado*

<http://www.acesco.com/manuales/Galvanizado5.pdf>

<http://www.cee-chile.org/estudios/quin01.htm>

Blank, Leland y Tarquin, Anthony. 2002. *Ingeniería Financiera*. Quinta Edición. México. Editorial McGraw Hill.

Cáceres Rosales, Hugo Paolo. 1996. *Instalación, manejo y mantenimiento de sistemas hidráulicos en línea de galvanizado continuo*. Guatemala. Tesis Universidad del Valle de Guatemala.

Shackelford, James F. 1992. *Ciencia de Materiales para Ingenieros*. Tercera Edición. México. Prentice Hall.

Smith, William F. 1998. *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. Tercera Edición. España. Editorial McGraw Hill.

Tena Zaera, Ramón. 2004. *El óxido zinc: crecimiento cristalino mediante transporte fase gaseosa y caracterización de propiedades físicas*. España. Tesis Universidad de Valencia.

X. ANEXOS

1. Hoja técnica del aceite rustilo



Castrol Rustilo® DW 924HF

Water-Displacing Solvent-Based Rust Preventative & Forming Oil

Description

Castrol Rustilo DW 924HF is a general purpose dewatering fluid its unique characteristics also make it suitable for many specialized applications (such as a "semi-vanishing" type forming lubricant.) the good coverage of this product renders it ideal for most routine dewatering operations. Upon evaporation of the solvent, this product leaves an ultra-thin, non-skid film that provides excellent protective properties for medium to long term storage.

Application

- Protection on cold rolled steel shipments.
- Dewatering and rust proofing wet metal parts.
- Forming, piercing, punching thin metal parts.

Advantages

- Excellent dewatering properties.
- Can be used on most painted, as well as unpainted surfaces, wet or dry.
- Economical; one gallon covers 4,000 – 5,000 square feet.
- Extremely thin, dry film prevents water stains and white rust.
- Easy cleaning, extends tank life.
- Provides corrosion protection and lubricity needed for light forming operations.
- Ultra-thin; non-skid film promotes worker safety.

Characteristics

| | Unit | Test Method | Value |
|---------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| Appearance of Concentrate | | CN-TM-007 | Amber liquid |
| Specific Gravity | @ 60°F (16°C) | CN-TM-086 | 0.795 – 0.920 |
| Viscosity | SUS @ 100°F (40°C) | CN-TM-101 | 36.7 |
| Flash Point | COG °F/°C | CN-TM-039 | 210 °F |
| Barium | | | Yes |
| Film Type | | | Greasy |
| Film Thickness | | MW-TM-316 | .000050 inches |
| Finger Print Suppression | | MW-TM-315 | Yes |
| Dewatering | | MW-TM-319 | Yes |

User advice

Caution

Improperly cleaned (dirty parts) that consist of heavy oil or organic residues may result in spotting on finished products.

Recommended Applications & Dilutions

For best results, Rustilo DW924HF should be applied by dipping, especially if water displacement is needed. Spraying or flow coating is also acceptable if properly functioning.


Castrol Rustilo DW 924HF
03.10.2005, Version Number 2.0
Rustilo DW 924HF and the Castrol logo are trademarks of Castrol Limited.

All reasonable care has been taken to ensure that the information contained in this publication is accurate as of the date of printing. However, such information may, nevertheless, be affected by changes in the blend formulation occurring subsequent to the date of printing. Material Safety Data Sheets are available for all Castrol Ltd products. The MSDS must be consulted for appropriate information regarding storage, safe handling and disposal of a product.

Castrol Industrial North America Inc.
150 W. Warrenville Road
Naperville, IL 60563
Tel (877) 644 1600
Fax (877) 648 0804

www.castrol.com/industrial

2. Instructivo para determinación de capa de aceite sobre superficie de acero negro

| | | |
|--|---|-------------------------------|
|  CLAVE: IN-22-18.00 FECHA DE EMISION: DIC '01 | Instructivo para determinación de capa de aceite sobre superficie de acero negro | REVISION No. 0 HOJA 1 DE 2 |
|--|---|-------------------------------|

El Inspector de Calidad para realizar la determinación debe seguir los pasos aquí descritos

Definiciones

Capa de aceite: aceite que poseen las bobinas de acero negro para proteger la superficie de la lámina durante su transporte y almacenamiento.

Fundamentos

El método consiste en determinar la concentración de aceite sobre el acero mediante la diferencia de pesos en la muestra, antes y después de limpiar la superficie con Metil etil cetona ($\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$). El análisis se realiza a la orilla derecha, izquierda y centro del acero para obtener un valor promedio.

Material y equipo

Tijeras para cortar lámina de acero.

Wipe o papel absorbente

Regla graduada en centímetros

Reactivos

Metil etil cetona ($\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$).

1 Par de guantes de látex

Descripción de actividades

1. Solicitar muestra de acero identificada con el número de bobina. Esta muestra no debe ser de la punta de la bobina de acero negro, sino debe obtenerse de aproximadamente 2 metros después de la punta. Se debe evitar el contacto con la parte en donde se realizará la prueba.

2. Marcar con la punta de un pedazo pequeño de lámina y una regla las dimensiones de las muestras (3 muestras), de 10 x15 cm. de alto y ancho respectivamente, las muestras se toman de la orilla derecha, izquierda y del centro de la superficie del acero.
3. Cortar el área marcada con tijeras para cortar lámina, en la superficie de la muestra no debe existir corrosión y se debe tocar lo menos posible con las manos la superficie de la muestra.
4. Colocar las muestras en orden para (orilla, centro, orilla) para seguir con el procedimiento. No se deben marcar las muestras pues puede afectar la determinación de la capa por lo cual se debe tener cuidado con el orden para no confundir las muestras.
5. Pesar las muestras utilizando la balanza analítica, anotar el peso inicial de cada muestra, este será el Peso 1.
6. Humedecer papel absorbente o wipe con metil etil cetona ($\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$) en campana de extracción.
7. Limpiar la superficie del acero con el papel o wipe humedecido. Se deben limpiar las dos caras.
8. Limpiar la superficie hasta que no queden indicios de aceite.
9. Secar la superficie con papel absorbente.
10. Pesar las muestras utilizando la balanza analítica, anotar el peso final de las muestras, este será el Peso 2.

Cálculos

- Capa de aceite

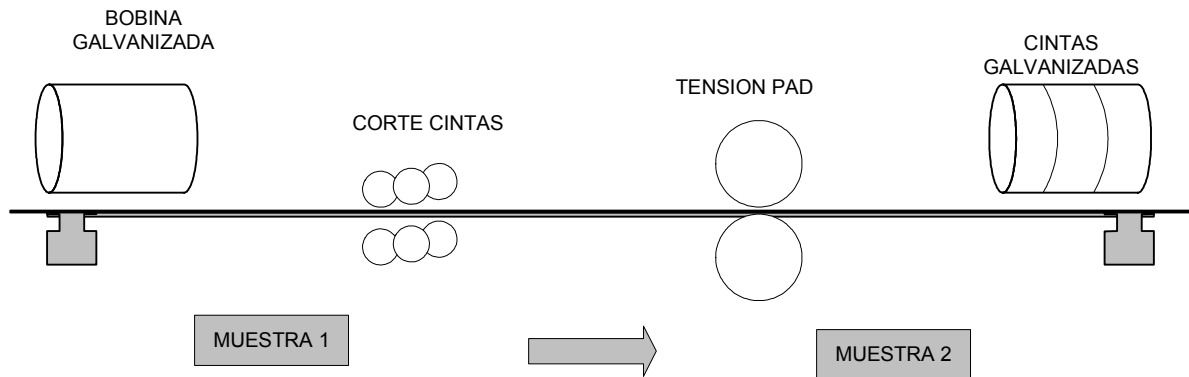
$$\text{Capa de aceite (por cara) g/m}^2 = \left[\frac{\text{Peso}_1 - \text{Peso}_2}{0.015} \right]$$

-----**FIN DEL INSTRUCTIVO**-----

3. Capa estándar de aceite rustilo, definida por casa matriz

| Destino | Mercado | Protección | Tipo de aceite | Capa |
|---------------------------------------|--|---------------------|---|--------------|
| Pintro | Nac. / Exp. | Aceitado | Prevecor E-120 (1era. Opc.) | Baja |
| | | | Ferrocote M 61 A-US (2da. Opc.) | |
| Embarques | Exportación | Pasivado – Aceitado | Rustilo DW 924 HF | Baja |
| Embarques | Exp. (Arrow Group) | Pasivado – Aceitado | Ferrocote M 61 A-US | Baja |
| Embarques | Exportación | Sin pasivado | Ferrocote M 61 A-US | Según O.F. * |
| Embarques | Nacional | Pasivado – Aceitado | Rustilo DW 924 HF | Baja |
| Embarques | Nacional | Sin pasivado | Prevecor E-120 (1era. Opc.) | Según O.F. * |
| | | | Ferrocote M 61 A-US (2da. Opc.) | |
| Embarques | Automotriz (galvanizado y galvan Neal) | Aceitado | Ferrocote M 61 A-US | Alta |
| Definición de capas de aceite. | | | Si en la orden de fabricación, no se especifica el nivel de capa se debe aplicar la CAPA BAJA | |
| Alta | 1.1 a 1.5 gr/mt ² | | | |
| Media | 0.8 a 1.0 gr/mt ² | | | |
| Baja | 0.4 a 0.7 gr/mt ² | | | |

5. Pruebas para comprobar el tipo de recubrimiento adecuado para cortadora de cintas galvanizadas



Muestra 1

Control. La muestra se corta al empezar a desenrollar la bobina en la cortadora Slitter. Esta muestra es el control, es la base para comparar si existe alguna diferencia al final del proceso de cortado de cintas y después de realizar las pruebas de laboratorio.

Muestra 2

Prueba recubrimiento Tension Pad. Las muestras se cortan después de haber pasado por la Tensión Pad que esté recubierto. A cada recubrimiento se le practican dos métodos, uno aplicando aceite rustilo y otro sin él. Se hace para medir si existen variaciones en los resultados y si ayuda a la prevención de rayones para evitar la aparición de óxido blanco.

Prueba cámara húmeda

Las muestras deben estar identificadas con el número de bobina, número de cinta e indicar si son muestra 1 o muestra 2, luego se deben forrar las orillas con masking tape para evitar la filtración de agua. Para comprobar que la prueba se aplica de una manera uniforme se deben colocar 4 probetas que deben tener la misma cantidad de agua en cualquier momento de la prueba.

En la cámara húmeda es utilizada la prueba B-117, según la ASTM (American Society of Testing Materials), que tiene una duración de 250 horas, con el propósito de tener una reacción más acelerada.

Prueba apilamiento húmedo

Las muestras deben estar identificadas con el número de bobina, número de cinta y si es Muestra 1 ó Muestra 2, luego se mojan con agua desmineralizada, se apilan cara con cara y se guardan en una bolsa que contiene agua. La prueba tiene una duración de un mes y se revisa cada semana porque es muy similar a la realidad.

**Las muestras miden 15x10 cm. y deben tener número de bobina y marcar la cara de exposición.

**A toda muestra se le realizaran dos (2) pruebas: cámara húmeda, y apilamiento húmedo. Ambas pruebas son para medir el tiempo de vida del producto.

6. Tablas

Tabla 17 Reclamo de clientes

| | Material dañado en acabados | | Material dañado en embarques | | Material dañado en galvanizado | | Materia prima dañada | | Faltantes/sobrantes en pedidos | | Óxido Blanco en lámina | | Óxido Blanco en CINTA | |
|--------|-----------------------------|--------|------------------------------|-------|--------------------------------|--------|----------------------|-------|--------------------------------|-------|------------------------|--------|-----------------------|--------|
| | cantidad | TM | cantidad | TM | cantidad | TM | cantidad | TM | cantidad | TM | cantidad | TM | cantidad | TM |
| Jul-06 | 2.5 | 1.3 | 3 | 1.458 | 3.5 | 0.63 | 1 | 0.039 | 2 | 2.981 | 1 | 3.183 | 1 | 0.946 |
| Ago-06 | 6 | 4.18 | 6 | 0.27 | 5 | 1.96 | 1 | 0.17 | 15 | 0.21 | 1 | 0.04 | 3 | 2.58 |
| Sep-06 | 7 | 0.24 | 10 | 1.42 | 6 | 8.65 | 0 | 0 | 6 | 0.13 | 2 | 8.79 | 5 | 12.23 |
| Oct-06 | 4 | 33.16 | 5 | 1.62 | 2 | 0.33 | 0 | 0 | 14 | 0.11 | 0 | 0 | 5 | 3.21 |
| Nov-06 | 1 | 0.25 | 4 | 0.05 | 1 | 0.1 | 1 | 0.54 | 9 | 0.012 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dic-06 | 2 | 0.212 | 6 | 0.223 | 3 | 1.369 | 1 | 0.54 | 10 | 0.09 | 0 | 0 | 1 | 1.15 |
| Ene-07 | 4.5 | 0.747 | 5 | 0.184 | 3.5 | 0.17 | 1 | 0.065 | 19 | 0.23 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Feb-07 | 6 | 26.113 | 2 | 0.077 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 | 0.55 | 0 | 0 | 1 | 0.59 |
| Mar-07 | 1 | 0.078 | 5 | 0.302 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0.42 | 1 | 0.034 | 1 | 0.08 |
| Abr-07 | 3 | 2.066 | 2 | 0.061 | 1 | 0.009 | 1 | 2.941 | 33 | 0.45 | 0 | 0 | 1 | 2.49 |
| May-07 | 5 | 1.188 | 3 | 0.046 | 1 | 0.557 | 2 | 0.189 | 52 | 0.85 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jun-07 | 1 | 0.298 | 3 | 0.024 | 2 | 0.146 | 1 | 0.286 | 30 | 0.44 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| total | 43 | 69.832 | 54 | 5.735 | 28 | 13.921 | 9 | 4.77 | 256 | 6.473 | 5 | 12.047 | 19 | 23.276 |

Tabla 18 Costos línea Verson

| VERSON | Acete Rustilo (Galones) | Costo (Q) | Lámina Producida (TM) | Lámina Producida (M ²) | Rendimiento (Gal/TM) | Rendimiento (Gal/M ²) | Costo (Q/TM) | Costo (Q/M ²) |
|----------------|-------------------------|-----------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------|
| Jul-06 | 5 | 448.65 | 1663.246 | 461701 | 0.003 | 0.000011 | 0.270 | 0.001 |
| Ago-06 | 0 | 0 | 2363.991 | 105410 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Sep-06 | 5 | 448.65 | 1124.385 | 330604 | 0.004 | 0.000011 | 0.399 | 0.001 |
| Oct-06 | 5 | 448.65 | 557.045 | 136576 | 0.009 | 0.000011 | 0.805 | 0.001 |
| Nov-06 | 10 | 897.3 | 977.605 | 221408 | 0.010 | 0.000022 | 0.918 | 0.002 |
| Dic-06 | 0 | 0 | 404.635 | 91816 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Ene-07 | 15 | 1345.95 | 1044.275 | 216171 | 0.014 | 0.000032 | 1.289 | 0.003 |
| Feb-07 | 5 | 448.65 | 905.55 | 252530 | 0.006 | 0.000011 | 0.495 | 0.001 |
| Mar-07 | 10 | 897.3 | 1478.728 | 304806 | 0.007 | 0.000022 | 0.607 | 0.002 |
| Abr-07 | 15 | 1345.95 | 868.705 | 195272 | 0.017 | 0.000032 | 1.549 | 0.003 |
| May-07 | 15 | 1345.95 | 1127.083 | 256795 | 0.013 | 0.000032 | 1.194 | 0.003 |
| Jun-07 | 5 | 448.65 | 670.038 | 156287 | 0.007 | 0.000011 | 0.670 | 0.001 |
| Jul-07 | 10 | 897.3 | 702.275 | 172742 | 0.014 | 0.000022 | 1.278 | 0.002 |
| Ago-07 | 8 | 717.84 | 1207.931 | 279336 | 0.007 | 0.000017 | 0.594 | 0.002 |
| Sep-07 | 5 | 448.65 | 1180.923 | 306259 | 0.004 | 0.000011 | 0.380 | 0.001 |
| total-promedio | 113 | 10139.49 | 16276.415 | 3487713 | 0.007 | 0.000032 | 0.623 | 0.003 |

Tabla 19 Costos cortadora Slitter

| SLITTER | Acéite Rustillo (Galones) | Costo | Cintas Galvanizadas (metros 2) | Cintas Galvanizadas (T/M) | Rendimiento (Gal/T/M) | Rendimiento (Gal/M ²) | Costo (Q/T/M) | Costo (Q/M ²) |
|----------------|---------------------------|----------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|
| Jul-06 | 5 | 448.65 | 56198.1 | 207.086 | 0.0000241 | 0.000090 | 0.002 | 0.008 |
| Ago-06 | 10 | 897.3 | 72965.4 | 480.369 | 0.0000208 | 0.000137 | 0.002 | 0.012 |
| Sep-06 | 0 | 0 | 70721.4 | 359.903 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Oct-06 | 10 | 897.3 | 54613.7 | 382.337 | 0.0000261 | 0.000183 | 0.002 | 0.016 |
| Nov-06 | 20 | 1794.6 | 46970.8 | 257.454 | 0.0000776 | 0.000426 | 0.007 | 0.038 |
| Dic-06 | 5 | 448.65 | 37433.9 | 183.686 | 0.0000272 | 0.000134 | 0.002 | 0.012 |
| Ene-07 | 5 | 448.65 | 55821.3 | 152.091 | 0.0000328 | 0.000086 | 0.003 | 0.008 |
| Feb-07 | 4 | 358.92 | 52660.4 | 203.388 | 0.0000196 | 0.000076 | 0.002 | 0.007 |
| Mar-07 | 14 | 1256.22 | 81188.7 | 482.264 | 0.000029 | 0.000172 | 0.003 | 0.015 |
| Abr-07 | 8 | 717.84 | 64303.0 | 323.868 | 0.0000247 | 0.000124 | 0.002 | 0.011 |
| May-07 | 5 | 448.65 | 74411.2 | 321.138 | 0.0000155 | 0.000067 | 0.001 | 0.006 |
| Jun-07 | 9 | 807.57 | 41827.6 | 228.044 | 0.0000394 | 0.000215 | 0.004 | 0.019 |
| Jul-07 | 5 | 448.65 | 50818.6 | 368.081 | 0.0000135 | 0.000098 | 0.001 | 0.009 |
| Ago-07 | 15 | 1345.95 | 61042.2 | 353.436 | 0.0000424 | 0.000246 | 0.004 | 0.022 |
| Sep-07 | 9 | 807.57 | 69783.2 | 412.897 | 0.0000217 | 0.000129 | 0.002 | 0.012 |
| total-promedio | 124 | 11126.52 | 890759.474 | 4716.042 | 0.026293235 | 0.000139207 | 2.359 | 0.012 |

Tabla 20 Costos utilización alfombra

| ALFOMBRA | yardas | costo | Cintas Galvanizadas (m2) | Cintas Galvanizadas (TM) | rendimiento (yd/TM) | Rendimiento (yd/m2) | Costo (Q/TM) | Costo (Q/m2) |
|----------------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|
| Jul-06 | 50 | 892.5 | 56198.125 | 207.086 | 0.2414 | 0.00089 | 4.312 | 0.0159 |
| Ago-06 | 50 | 892.5 | 72965.395 | 480.369 | 0.1041 | 0.00069 | 1.859 | 0.0122 |
| Sep-06 | 0 | 0 | 70721.359 | 359.903 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Oct-06 | 100 | 1785 | 54613.664 | 382.337 | 0.2615 | 0.00183 | 4.671 | 0.0327 |
| Nov-06 | 0 | 0 | 46970.792 | 257.454 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Dic-06 | 50 | 892.5 | 37433.877 | 183.686 | 0.2722 | 0.00134 | 4.861 | 0.0239 |
| Ene-07 | 0 | 0 | 55821.299 | 152.091 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Feb-07 | 0 | 0 | 52660.396 | 203.388 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Mar-07 | 150 | 2677.5 | 81188.655 | 482.264 | 0.3110 | 0.00185 | 5.554 | 0.0330 |
| Abr-07 | 0 | 0 | 64303.044 | 323.868 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| May-07 | 100 | 1785 | 74411.177 | 321.138 | 0.3114 | 0.00134 | 5.561 | 0.0240 |
| Jun-07 | 0 | 0 | 41827.571 | 228.044 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Jul-07 | 0 | 0 | 50818.644 | 368.081 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Ago-07 | 100 | 1785 | 61042.227 | 353.436 | 0.2829 | 0.00164 | 5.052 | 0.0293 |
| Sep-07 | 0 | 0 | 69783.249 | 412.897 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| total-promedio | 600 | 10710 | 890759.474 | 4716.042 | 0.2549 | 0.00137 | 4.553 | 0.0244 |

Tabla 21 Costos utilización fieltro

| FIELTRO | yarda | Costo | Cintas Galvanizadas (m2) | Cintas Galvanizadas (TMI) | Rendimiento (yd/TMI) | Rendimiento (yd/m2) | Costo (Q/TMI) | Costo (Q/m2) |
|----------------|-------|----------|--------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------|--------------|
| mes 1 | 25 | 1829.25 | 56198.1 | 207.086 | 0.1207 | 0.0004 | 8.833 | 0.033 |
| mes 2 | 25 | 1829.25 | 72965.4 | 480.369 | 0.0520 | 0.0003 | 3.808 | 0.025 |
| mes 3 | 25 | 1829.25 | 70721.4 | 359.903 | 0.0695 | 0.0004 | 5.083 | 0.026 |
| mes 4 | 25 | 1829.25 | 54613.7 | 382.337 | 0.0654 | 0.0005 | 4.784 | 0.033 |
| mes 5 | 25 | 1829.25 | 46970.8 | 257.454 | 0.0971 | 0.0005 | 7.105 | 0.039 |
| mes 6 | 25 | 1829.25 | 37433.9 | 183.686 | 0.1361 | 0.0007 | 9.959 | 0.049 |
| mes 7 | 25 | 1829.25 | 55821.3 | 152.091 | 0.1644 | 0.0004 | 12.027 | 0.033 |
| mes 8 | 25 | 1829.25 | 52660.4 | 203.388 | 0.1229 | 0.0005 | 8.994 | 0.035 |
| mes 9 | 25 | 1829.25 | 81188.7 | 482.264 | 0.0518 | 0.0003 | 3.793 | 0.023 |
| mes 10 | 25 | 1829.25 | 64303.0 | 323.868 | 0.0772 | 0.0004 | 5.648 | 0.028 |
| mes 11 | 25 | 1829.25 | 74411.2 | 321.138 | 0.0778 | 0.0003 | 5.696 | 0.025 |
| mes 12 | 25 | 1829.25 | 41827.6 | 228.044 | 0.1096 | 0.0006 | 8.021 | 0.044 |
| mes 13 | 25 | 1829.25 | 50818.6 | 368.081 | 0.0679 | 0.0005 | 4.970 | 0.036 |
| mes 14 | 25 | 1829.25 | 61042.2 | 353.436 | 0.0707 | 0.0004 | 5.176 | 0.030 |
| mes 15 | 25 | 1829.25 | 69783.2 | 412.897 | 0.0605 | 0.0004 | 4.430 | 0.026 |
| total-promedio | 375 | 27438.75 | 890759.5 | 4716.0 | 0.0896 | 0.0004 | 6.5552 | 0.0323 |