

Reducción de los Tiempos de Cambio de Color en Líneas de Pintado de Láminas de Acero

Bernardo Villarreal Celestino

Universidad de Monterrey, Universidad de Monterrey, Villarreal@udem.edu.mx

Minerva Mayela Orta Lozano

Universidad de Monterrey, Monterrey, México, mine.orta@gmail.com

RESUMEN

La intensa competencia internacional actual en el mundo industrial ha originado la necesidad de desarrollar y utilizar nuevas capacidades. La aceptación del mercado de productos y servicios depende no solamente del factor precio, sino también de la calidad, entrega a tiempo y la flexibilidad ofrecida en variedad y volumen.

Las capacidades requeridas para lograr los propósitos anteriores han sido desarrollados a través de la implantación de varias tecnologías y filosofías de trabajo a través de las cuales se obtienen altos niveles de reducción de desperdicio, así como de integración y coordinación entre los procesos. Uno de los programas básicos y fundamentales se refiere al de la reducción del tiempo de preparación de máquina. El tiempo total de preparación es el resultado de la frecuencia y del tiempo unitario de las preparaciones.

Este trabajo tiene el propósito de describir los esfuerzos de una empresa Mexicana - Argentina de reducir los tiempos de preparación. El proyecto se organizó para atacar dos frentes; La reducción del tiempo unitario de preparación, y la disminución de la cantidad de preparaciones. La primera etapa se logró mediante la aplicación del SMED, y la segunda a través de la modificación del esquema de secuenciación de la producción.

Palabras claves: Cambios de Color, SMED, secuencia de pintado.

ABSTRACT

The currently intense international competition in the industrial world has originated the need to utilize and develop new capabilities. Market's acceptance of products and services depends now not only of their price, but also on their quality, on-time delivery, variety and volume flexibility.

The required capabilities needed to achieve the above purposes have been developed through the implementation of various technologies and work philosophies that accomplish high levels of waste reduction, integration and coordination among processes. One of the basic, and fundamental programs suggested, is that of setup reduction in the shop floor. Total setup time is a result of the number of setup operations and the time required in each.

This paper has the purpose of describing the efforts of a Mexican company to diminish setup time. The setup reduction project set to obtain those goals was organized to attack two fronts; The reduction of the time per setup, and the decrease of the number of setups. The first stage was accomplished by applying SMED, and the second one by modifying the order sequencing scheme utilized for programming production. Both stages are currently being applied, and results will be shown.

Keywords: Color setup changes, SMED, painting sequence.

1. Introducción.

La intensa competencia internacional actual en el mundo industrial ha originado la necesidad de desarrollar y utilizar nuevas capacidades. La aceptación del mercado de productos y servicios depende no solamente del

factor precio, sino también de la calidad, entrega a tiempo y la flexibilidad ofrecida en variedad y volumen. Las capacidades requeridas para lograr los propósitos anteriores han sido desarrollados a través de la implantación de varias tecnologías y filosofías de trabajo a través de las cuales se obtienen altos niveles de reducción de desperdicio, así como de integración y coordinación entre los procesos. Uno de los programas básicos y fundamentales se refiere al de la reducción del tiempo de preparación de máquina, Shigeo, 1997, Sekine, 1992. Este es un programa clave para incrementar la utilización de la capacidad, y por lo tanto de productividad, y al mismo tiempo elevar el nivel de flexibilidad de la planta en términos de volumen y variedad de productos.

El tiempo total de preparación es el resultado de la frecuencia y del tiempo unitario de las preparaciones. La cantidad de preparaciones depende en gran medida del sistema de producción y el esquema de programación de las operaciones utilizados. Este esquema es mas complejo si el tiempo de las preparaciones depende de la secuencia de productos programada, y la estrategia de la planta es producir por pedido.

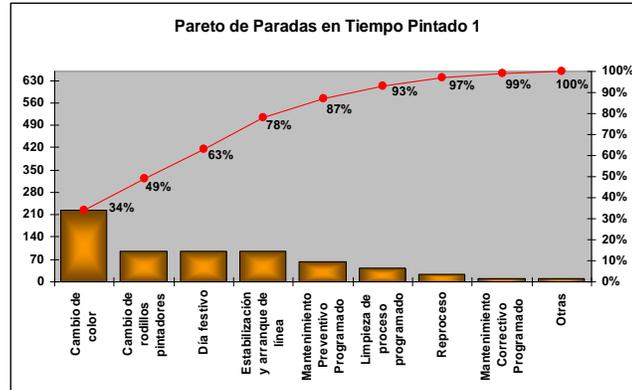
Este trabajo tiene el propósito de describir los esfuerzos de una empresa Mexicana - Argentina (Galvak después Hylsa y ahora Ternium) con varias líneas de galvanizado, ubicada en Monterrey, México, de reducir los tiempos de preparación. La estrategia operativa de la empresa requiere de un mejor desempeño de la planta en términos de utilización de capacidad de las líneas, mas productividad y rapidez de respuesta a las órdenes del mercado. El proyecto de reducción de preparación se organizó para atacar dos frentes; La reducción del tiempo unitario de preparación, y la disminución de la cantidad de preparaciones.

La estructura del trabajo consiste de las secciones siguientes. A continuación se describe la problemática que enfrenta la empresa incluyendo su necesidad de reducción de tiempos de preparación. Posteriormente, la tercera sección nos ofrece información relevante sobre el proceso de pintado relevante y las actividades de preparación. La cuarta sección describe la aplicación del SMED para reducir los tiempos unitarios de preparación. La disminución de la frecuencia de preparaciones se considera en la sección 5, y finalmente las conclusiones del proyecto se presentan en la sección 6.

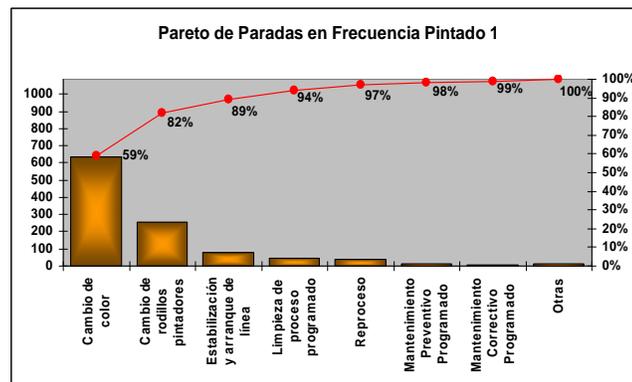
2. Descripción del Problema.

Ternium es un complejo siderúrgico ubicado en México altamente integrado en su cadena de valor. Sus actividades abarcan desde la extracción de mineral de hierro en sus propias minas y la fabricación de acero, hasta la elaboración de productos terminados de alto valor agregado y su distribución. En Ternium Revestidos se fabrican productos de acero recubiertos con otro material (zinc, estaño, cromo o películas orgánicas), principalmente para incrementar su resistencia a la corrosión.

Ternium Revestidos cuenta con tres líneas de pintado: Pintado 1, Pintado 2 y Pintado 3, ésta última forma parte de la línea de Galvanizado 1 al procesar material previamente galvanizado en forma continua. La principal necesidad que se presenta es la reducción en los tiempos de cambio de color en Pintado 1 y 2 debido a que se han detectado que se invierte más del tiempo estimado en este proceso el cual involucra una gran cantidad de actividades ya que brinda una amplia gama de sistemas de pintado y variedad de colores para lámina negra y galvanizada; además de ser el tipo de parada de la línea con mayor frecuencia y duración al considerar las líneas saturadas. Tomando en cuenta la línea de Pintado 1, el cambio de color representa el primer lugar en tiempo de las demoras con un 34% y el primer lugar en frecuencia de ocurrencia con un 59% (ver Gráficas No. 1 y 2). En tanto que en Pintado 2, el cambio de color con la línea saturada constituye un 39% en tiempo y 52% en frecuencia, en ambos ocupando el primer lugar.



Gráfica No. 1 – Pareto de Paradas en Tiempo de Pintado 1.



Gráfica No. 2 – Pareto de Paradas en Frecuencia de Pintado 1.

Por lo tanto es este proceso el que presenta la mayor inversión de tiempo al tener que ajustarse continuamente a las dimensiones y especificaciones requeridos por los clientes. En Pintado 1, en promedio hay 2.02 cambios de color diarios con una duración promedio de 22.16 minutos. En Pintado 2, en promedio hay 2.74 cambios de color diarios con una duración promedio de 23.69 minutos. Por lo tanto, lo que se pretende conseguir con la realización de este proyecto al reducir los tiempos de cambio de color en las líneas de Pintado; es primeramente cumplir con la producción programada y de ser posible superar esa cantidad e incrementar los ingresos económicos a la empresa además de poder brindar un mejor servicio a los clientes al entregar productos de alta calidad en el tiempo acordado.

3. Descripción del Proceso y Actividades de Preparación.

Las líneas de Pintado cuenta con cinco secciones siendo las más importantes tres de ellas; Tratamiento Químico, Primer y Acabado debido a que es éstas donde se realiza la actividad de cambio de color o también conocida como “lavado”; la cual es de suma importancia para el proceso de pintado ya que es ésta la que define las características de los rollos de lámina según las especificaciones de los clientes. A continuación se presenta la Tabla 1 con todos los casos de cambio de color posibles en la línea de Pintado 1, los números representan las secciones de la línea y el color sombreado resalta aquellas secciones en donde se contemplaría que se llevara a cabo un cambio de color.

El caso sencillo abarca aquellos cambios de color en donde sólo interviene una pintadora, es decir, únicamente primer o acabado, ya sea superior o inferior pero sólo una de ellas es la que provoca el paro de la línea. El caso doble es aquel en donde ambas pintadoras se ven involucradas en el paro de la línea y simultáneamente se realiza el cambio de color en las dos secciones. El caso de tratamiento químico y/o cromatos es en el cual se cambia este

tipo de recubrimiento que se le da a la lámina y debido a su toxicidad debe realizarse con mucho cuidado por lo que su duración es más prolongada. Los casos de cambio de color posibles en Pintado 2 fueron 15, y cabe señalar que en la sección de acabado solamente se toma en cuenta la cara inferior debido a que se cuenta con dos cabezales de acabado superior, por lo tanto cuando se requiere cambiar de color en esta cara no hay necesidad de parar la línea ya que antes de comenzar la producción de rollos del nuevo color, se prepara en el cabezal desocupado.

Tabla 1 - Casos de Cambio de Color en Pintado 1

Casos Cambio de Color P1	
	1 2 3 4 5
1	1 2 3 4 5
2	1 2 3 4 5
3	1 2 3 4 5
4	1 2 3 4 5
5	1 2 3 4 5
6	1 2 3 4 5
7	1 2 3 4 5
8	1 2 3 4 5
9	1 2 3 4 5
10	1 2 3 4 5
11	1 2 3 4 5
12	1 2 3 4 5
13	1 2 3 4 5
14	1 2 3 4 5
15	1 2 3 4 5
16	1 2 3 4 5
17	1 2 3 4 5
18	1 2 3 4 5
19	1 2 3 4 5
20	1 2 3 4 5
21	1 2 3 4 5
22	1 2 3 4 5
23	1 2 3 4 5
24	1 2 3 4 5
25	1 2 3 4 5
26	1 2 3 4 5
27	1 2 3 4 5
28	1 2 3 4 5
29	1 2 3 4 5
30	1 2 3 4 5
31	1 2 3 4 5

1: Tratamiento Químico
 2: Primer Inferior
 3: Primer Superior
 4: Acabado Inferior
 5: Acabado Superior

Para esta línea se dividieron los cambios en dos casos, uno que engloba a todos los cambios de color en general y el otro que implica el cambio en la sección de tratamiento químico en la cual debe trabajarse con mucha precaución y cuidados por la seguridad de los operadores.

4. Aplicación del SMED en las Líneas de Pintado.

La disminución del tiempo de preparación se organizó en dos etapas; La primera consiste de los esfuerzos orientados a disminuir el tiempo unitario de preparación a través de la aplicación del SMED, Shingo, 1997. La segunda fase consiste en la reducción de la frecuencia de las preparaciones debido al cambio de color, buscando mejorar la definición de la secuencia de pintado en las líneas, Okano, etal. 2002, y Okano, etal. 2004. En esta sección se aborda la aplicación del SMED.

La implantación de la metodología del SMED se realizó en cada una de las etapas que la integran; Identificación de actividades de preparación, separación de actividades internas y externas, transformación de actividades internas a externas y optimización de las actividades de preparación, Shigeo, 1997. El programa de proyectos y acciones resultante se desglosó en aquellas que no requerían inversión y de impacto inmediato, y las que necesitaban inversión, con un período de implantación mayor.

Actividades Fase I (Sin inversión)

Pintado 1

Tegucigalpa, Honduras

June 4 –6, 2008

- Eliminar la actividad del paso de la hebra.
- Diseño de un check list para asegurarse de que no falte ninguna actividad previa al siguiente cambio de color.
- Coordinación y sincronización del personal que participa en el cambio de color siguiendo una secuencia y un rol de actividades específicos.
- Implementar la estandarización de funciones manteniendo constante la forma en que se realizan las actividades en los cambios de color.
- Respetar la secuencia de actividades en el tiempo óptimo establecido.
- Realizar de forma simultánea aquellas actividades detectadas en el análisis que pueden realizarse paralelamente a otras.

Pintado 2

- Asegurar que todas las herramientas necesarias para el cambio se encuentren cerca del lugar de trabajo antes de que la línea se detenga y se comience con las actividades.
- Incorporar a una persona más en el cambio de color, para de esta forma contar con mínimo dos operadores realizando las actividades y con ello trabajar paralelamente en diferentes puntos de la sección sin necesidad de hacer tantos movimientos.
- Reemplazar la charola para eliminar la actividad de limpiarla con el solvente e incluso disminuir el tiempo en que se raspa, ya que hacer todas estas actividades durante el cambio hacen que el tiempo se extienda y más aún si el cambio de colores es muy drástico (claro a oscuro o viceversa) por lo que además de ahorrar tiempo se le facilitaría el trabajo al operador.
- Asegurar una buena coordinación y sincronización del personal que participará en el cambio de color siguiendo una secuencia y un rol de actividades específicos.
- Implementar la estandarización de funciones manteniendo constante la forma en que se realizan las actividades en los cambios de color, respetar la secuencia de actividades en el tiempo óptimo establecido.
- Realizar de forma simultánea aquellas actividades detectadas en el análisis que pueden realizarse paralelamente a otras.
- Revisar el check list para corroborar que se han realizado todas las actividades externas antes de comenzar el cambio y detener la línea.
- Realizar las actividades de acuerdo a la nueva clasificación de internas/externas.
- Todas las actividades que implican movimiento en los controles por parte del operador repartirlas entre ambas personas responsables del cambio dependiendo el que tenga más tiempo disponible o esté libre en ese momento para realizar el movimiento.

Actividades Fase 2 (Con inversión)

Pintado 1

- Conexiones rápidas para manguera de inyección de pintura, barra dosificadora y filtro de pintura.
- Aditamentos para colocar en el lugar de trabajo el raspador de la charola y las mangueras.
- Mesa para colocar las herramientas antes y después de utilizarlas (mesa de comprobación sobre la cual se tengan dibujos de cada una de las piezas y herramientas necesarias para la preparación, así las piezas se colocan sobre los dibujos respectivos y con un simple chequeo las personas podrán cerciorarse si alguna pieza falta).
- Herramienta para el movimiento de los tambores con pintura mediante la mejora en el transporte de herramientas y otras piezas.

Pintado 2

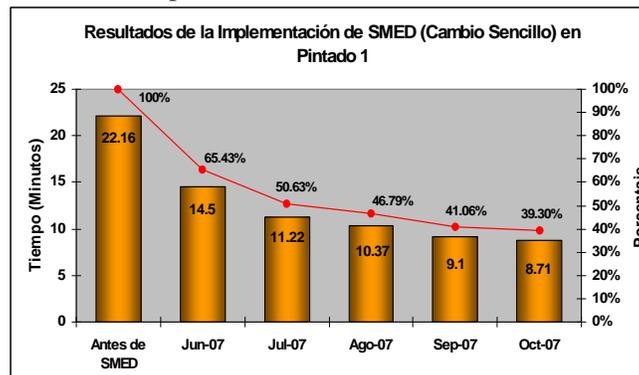
- Mesa de comprobación para herramientas con el fin de minimizar los movimientos de piernas y tronco de los operadores así como ajustarla a su altura para hacer más eficientes los movimientos al tomar la herramienta. Se deben de mantener todos los materiales y herramientas enfrente y cerca (tratando de tener la máxima proximidad a los puntos de uso) para minimizar el transporte interno innecesario, además de ser fáciles de tomar.
- Conexiones rápidas con la finalidad de evitarle al operador tener que batallar para quitar o instalar la herramienta además de invertir tiempo de más en dichas actividades.
- Instalar un control automático directo en el cabezal de la sección (primer o acabado) de manera que el operador no tenga que ir hasta los controles en la parte exterior para cambiar el movimiento de los rodillos o detenerlos.

Dentro de esta etapa se diseñaron todas las actividades a realizarse con y sin inversión, sin embargo únicamente en esta etapa se efectuarán las que no requieren inversión por parte de la empresa. No obstante a pesar de no contar con ningún tipo de inversión en la implementación del SMED se hizo énfasis en continuar con la reducción de los tiempos de cambio de color dando un mayor enfoque en la forma en que se llevan a cabo las actividades por parte de los operadores y facilitando lo más posible el cambio para reducir el tiempo en que la línea permanece parada.

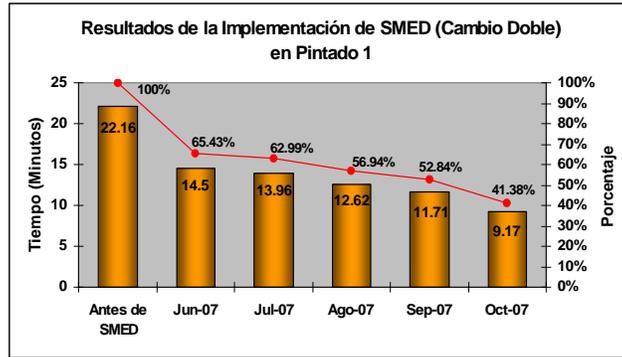
El monitoreo de la implementación del SMED se continuó realizando de forma diaria y si bien no se aprobaron hasta el momento las actividades que requieren inversión, los operadores han hecho una gran labor al tener una participación clave durante los cambios y lograr la disminución de los tiempos en forma significativa. En las gráficas 3 y 4 se muestran los resultados del SMED en la línea de Pintado 1 al cierre del proyecto, sin embargo cabe señalar que el monitoreo continuará y las aportaciones hechas a lo largo del proyecto serán tomadas en cuenta una vez que se definan permanentemente las cargas y especialización de todas las líneas de pintado con las que ya cuenta la empresa. Gracias al SMED se logró una reducción de 60.7% en el cambio sencillo y de 58.62% en el cambio doble. Los tiempos unitarios de preparación en la línea de pintado 2 tuvieron una disminución del 39.2% a la fecha de corte.

5. Reducción de la Frecuencia de Preparaciones.

Aunque la metodología SMED ha contribuido a reducir los tiempos de cambio de color, la realidad es que éstos siguen teniendo una gran importancia debido a la frecuencia con que ocurren. Por lo tanto resulta muy conveniente no sólo reducir la duración del cambio sino también incluir las ocasiones en que se realizan. En este caso se hará un estudio para tratar de disminuir el número de cambios de color al realizar un análisis y tratar de consolidar pedidos de forma que los tamaños de los lotes en las líneas de pintado sean más grandes y con ello no se requiera detener la línea tan frecuentemente por esta razón. Esto se llevará a cabo mediante el análisis completo y detallado de la programación de la producción efectuada en las líneas de pintado; es por esto que es de utilidad conocer las bases de estas actividades dentro de una empresa.

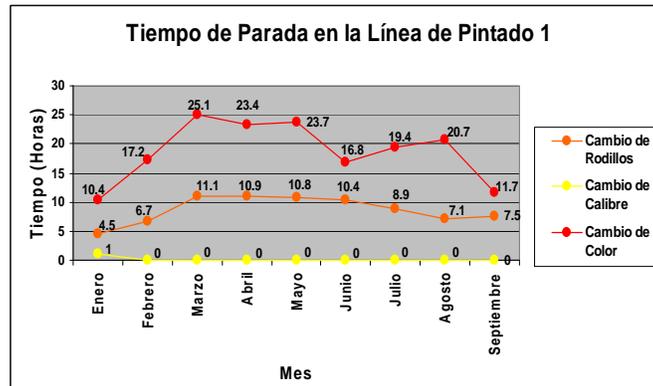


Gráfica No. 3 – Resultados Finales de la Implementación de SMED Cambio Sencillo en Pintado 1



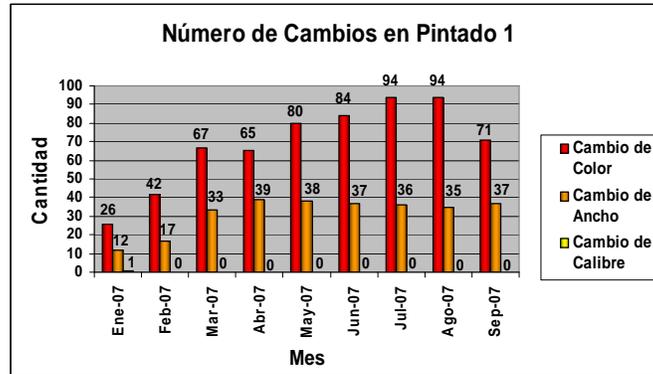
Gráfica No. 4– Resultados Finales de la Implementación de SMED Cambio Doble en Pintado 1

La premisa bajo la cual se realiza la programación de la producción en las líneas de pintado consiste en tomar en cuenta en orden el ancho, el calibre y el color que llevará la lámina dependiendo de las especificaciones y las características del pedido, Okano, et al., 2002 y Okano, et al., 2004. Para realizar los ajustes de ancho, calibre y color es necesario realizar una parada en la línea. Para cambiar el ancho se requiere cambiar rodillos en las diferentes secciones de la línea, para cambiar calibre se requiere pasar una hebra de lámina con la finalidad de poder escalar al calibre deseado y para cambiar color es preciso sacar los cabezales de pintura y lavar el sistema de inyección además de cambiar el sistema de filtración del mismo. La Gráfica No. 5 muestra el tiempo invertido en lo que va del presente año en estos cambios de la línea de Pintado 1.



Gráfica No. 5 – Tiempo de Parada en la Línea de Pintado 1

Asimismo se muestra en la Gráfica No. 6 la frecuencia en que ocurren los cambios en el periodo de tiempo señalado.



Gráfica No. 6 – Número de Cambios en Pintado 1

Se observa que el cambio de color tiene una duración y frecuencia muy superiores a los cambios de calibre y rodillos por lo que resulta relevante analizar la forma en que el color es tomado en cuenta en la programación. La programación de las líneas de Pintado elabora una secuencia de acuerdo a las necesidades de los clientes. Esta se lleva a cabo con el sistema Steelplanner de Pintado. Para realizar la secuencia se basan principalmente en el ancho y el calibre, dejando con menor priorización el color de los rollos de lámina. El ancho de la lámina debe ir de mayor a menor de forma que se evite cambiar constantemente de rodillos; y a su vez el calibre debe acomodarse de manera que se realice el menor número de saltos posible teniendo como máximo 2 unidades (ver Figuras No. 1 y 2).

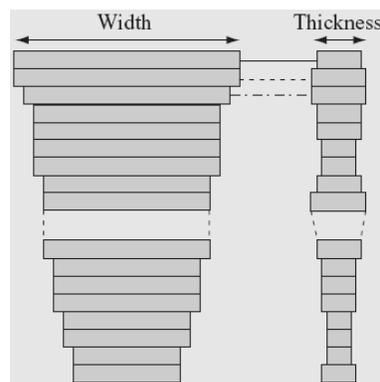


Figura No. 1 – Cono de Ancho usado en Programación de Producción

El proceso completo que se efectúa para la programación de la producción de las líneas de pintado comprende el uso de varios programas propios de la empresa, los cuales son los siguientes:

- **SIG:** Sistema Integral Galvak, contiene información relacionada a todas las actividades que se realizan dentro de la empresa (Consulta de existencias de inventario y producto terminado, clientes, pedidos, producción de todas las líneas, etc.).
- **eManufacturing:** Manufacturing Execution System, contiene reportes de programación, producción y calidad de cada línea.
- **SteelPlanner:** Es una solución de programación y control de producción que optimiza el funcionamiento de plantas industriales en términos de producción y calidad.

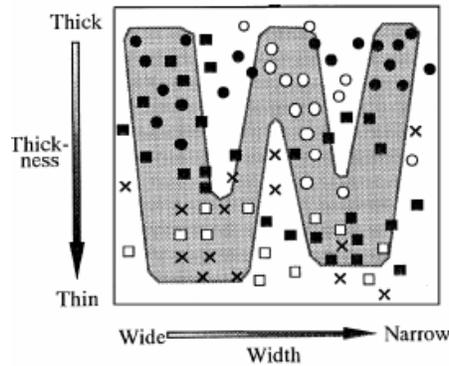


Figura No. 2 – Acomodo Ideal Ancho – Calibre para la Programación de Producción

Por medio de ellos se va juntando toda la información y archivos necesarios con la finalidad de obtener como resultado la secuencia óptima de programación. En Beta (parte del SteelPlanner) es posible modificar las reglas que se tienen establecidas, por ejemplo: cambios de ancho, calibre y e inclusive el color también. Actualmente no se tienen consideraciones con los colores, sin embargo se encontró que es posible agruparlos por familias de acuerdo a determinadas características y asignar un orden determinado con ponderaciones que incluyan los tonos, el tipo de pintura, y la dificultad del lavado. encontrando la forma de incorporarlo dentro del Beta. Con ello se esperaba obtener una secuencia diferente y mejor a la actual.

5.1 Rediseño del Algoritmo de Secuenciación.

El objetivo de rediseñar el algoritmo de programación de las líneas de pintado consiste en incorporar el color dentro de las reglas y restricciones existentes con la finalidad de darle más importancia y con ello analizar la posibilidad de reducir el número de cambios de color tomando en cuenta también el ancho y el calibre dentro de las campañas. Dado que la pintura representa la característica de mayor importancia para este tipo de proceso productivo, se busca encontrar las particularidades de la misma que puedan ser la base para formular las nuevas reglas de programación. Se determinaron como características base el tipo de pintura y la tonalidad del color de la misma.

La tonalidad del color de la pintura o matiz del color permite distinguir los colores entre sí, ya que cada color corresponde a una determinada longitud de onda. La Figura No. 3 muestra la variedad de colores que se tomará como base para realizar la segmentación de familias por color para el diseño de las reglas de programación.

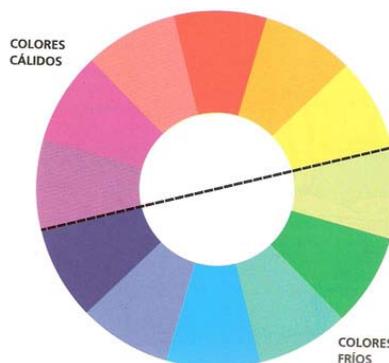


Figura No. 3 – Tonalidad de los Colores de la Pintura

En cuanto al tipo de pintura depende de las características específicas que se requiera que tenga el producto, es decir, la textura que requerirá la lámina dependiendo del uso y/o aplicación que vaya a tener posteriormente.

Existen diferentes tipos de pintura con su respectiva descripción señalando en dónde será utilizada en las diferentes secciones de la línea como tratamiento químico, primer y acabado. En cuanto a los colores, las reglas principales son seguir un orden de acuerdo al tono de la pintura de los rollos de lámina de los pedidos. Comenzar de claro a oscuro y posteriormente de oscuro a claro, es decir comenzando la programación de los rollos del color blanco hasta llegar al negro y una vez que se llega a este color regresar poco a poco de nuevo al blanco. Dada la reciente unión de IMSA a Ternium existe una gran cantidad de cambios específicamente en las líneas homólogas que tienen como son las de pintado, es por esto que resulta fundamental para el análisis el tomar en cuenta en su totalidad los colores y tipos de pintura de todas las líneas debido a que después de la especialización de líneas esta información puede variar. Debido a cuestiones de tiempo, el diseño de las nuevas reglas a incorporar en el algoritmo en Beta ya no se incluye a detalle en este documento.

6. Conclusiones.

Cabe señalar que únicamente debido a la implementación del SMED en las líneas de Pintado 1 y Pintado 2 se tuvo una producción adicional de 1,165 toneladas mensuales lo que representa una ganancia de 1.1 millones de pesos. Asimismo además del SMED, se realizó el diseño de nuevas reglas para el algoritmo empleado en la programación de la producción de las líneas de Pintado con lo cual no se han obtenido resultados debido a que apenas se iniciará su implementación. Sin embargo se realizó un análisis previo considerando tres meses (Junio 2007 – Agosto 2007) de Pintado 1 y Pintado 2; tomando en cuenta como horizonte de consolidación de pedidos dos semanas, arroja un impacto de 273 mil pesos y 1.07 millones de pesos en las líneas de pintado 1 y 2 respectivamente.

7. Referencias.

1. Okano H., Davenport, A. J. , Trumbo M. et al. (2004). “Finishing Line Scheduling in the Steel Industry”. IBM Research Division, Vol. 48, No. 5/6.
2. Okano H., Morioka T., Yoda k. (2002). “A Heuristic Solution for the Continuous Galvanizing Line Scheduling Problem in a Steel Mill”. Computer Science Manufacturing.
3. Sekine K. (1992). “Kaizen for quick changeover: going beyond SMED”. Cambridge: Productivity Press.
4. Shigeo, S. (1997). “Una revolución en la producción: el sistema SMED.” Madrid: Productivity Press.
5. Tamura R., Nagai M., Nakagawa Y., et al. (1998). “Synchronized Scheduling Method in Manufacturing Steel Sheets”. International Transactions in Operational Research, Vol. 5, No. 3.