

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Excelencia que trasciende

DEL VALLE
GRUPO EDUCATIVO

Propuesta de mejora en la administración y control del proceso de laminación en una empresa de empaques flexibles en la Ciudad de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Juan Luis André Monzón Santos para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Ciencia de la Administración

Guatemala

2014

Propuesta de mejora en la administración y control del proceso de laminación en una empresa de empaques flexibles en la Ciudad de Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



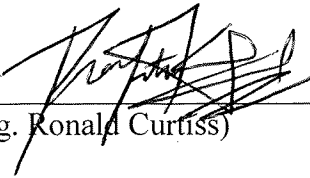
Propuesta de mejora en la administración y control del proceso de laminación en una
empresa de empaques flexibles en la Ciudad de Guatemala

Trabajo de investigación presentado por Juan Luis André Monzón Santos para optar al grado de
Licenciado en Ingeniería en Ciencia de la Administración

Guatemala

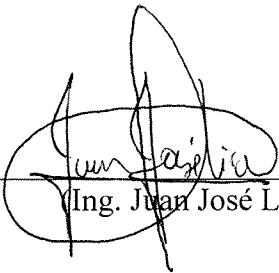
2014

Vo. Bo.:

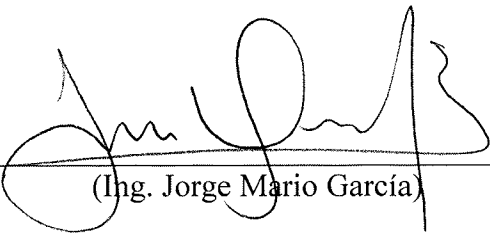
(f) 

(Ing. Ronald Curtiss)

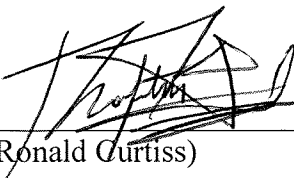
Tribunal Examinador:

(f) 

(Ing. Juan José Lira)

(f) 

(Ing. Jorge Mario García)

(f) 

(Ing. Ronald Curtiss)

Fecha de aprobación: Guatemala, 7 de agosto de 2014

PREFACIO

El presente trabajo da por finalizada mi primera etapa en la universidad. Esta estuvo llena de alegrías y retos. Al llegar a este punto solo me queda agradecer a todos por su gran apoyo en todo momento.

Doy gracias a Dios, porque sin Él nada sería posible. Dios es mi luz.

A mis abuelos, Aury y Guillermo, a quienes dedico este trabajo por guiarme durante todos estos años.

A mi mamá que me enseñó a vivir, a luchar cada día por mis sueños, a trabajar incansablemente por ser mejor, y a nunca, nunca darme por vencido.

A mi papá quien con sus enseñanzas me ha hecho la persona que soy hoy.

A mi hermana por su cariño y confianza y por quien cada día me esfuerzo para ser su ejemplo.

A Blass, Sofi e Isa que sé que me apoyan incondicionalmente. A mi mejor amiga Ross, con quien he aprendido y crecido tanto.

A la empresa que me abrió las puertas, y me permitió tener mi primer experiencia laboral. A Erick García quien siempre vio con buenos ojos mis propuestas y me guió a lo largo del camino. A todos los amigos que hice en la empresa quienes hasta la fecha siguen apoyándome.

A Ronald Curtiss, quién me ha apoyado y ha confiado en mí y en mis capacidades.

ÍNDICE

PREFACIO	i
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
A. General	2
B. Específicos	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
A. Empaques flexibles	3
B. Proceso de producción de empaques flexibles plásticos.....	5
C. Eficiencia.....	10
D. Mantenimiento	13
E. Métodos de abastecimiento	16
F. Análisis financiero.....	19
IV. PROPUESTA DE MEJORA	21
A. Situación actual del proceso.....	21
B. Propuesta para la medición de eficiencia del proceso.....	35
C. Propuesta para la ejecución del mantenimiento del área.....	49
D. Propuesta para el abastecimiento de adhesivo en el proceso	57

E.	Análisis financiero.....	70
V.	CONCLUSIONES	89
VI.	RECOMENDACIONES.....	90
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	93
VIII.	ANEXOS.....	96

LISTA DE CUADROS

Tabla	Página
1. Tipos de material y abreviaturas	4
2. Distribución de tiempo en planta y sus componentes	12
3. Especificaciones técnicas de Laminadora 1	23
4. Especificaciones técnicas de Laminadora 2	24
5. Registro de operación de laminación para cálculo de eficiencia	26
6. Porcentaje de tiempo muerto por fallas en maquinaria.....	32
7. Inventario de adhesivo por componente	34
8. Velocidad de laminación por estructura en LAM-01	40
9. Velocidad de laminación por estructura en LAM-02	41
10. Nuevo registro de laminación para cálculo de eficiencia (Información general).....	43
11. Nuevo registro de laminación para cálculo de eficiencia (Información de producción)	43
12. Nuevo registro de laminación para cálculo de eficiencia (Información de tiempo perdido)	43
13. Componentes de laminadora y mezcladora a adquirir	50
14. Cotización de repuestos para Laminadora 1	51
15. Cotización de repuestos para Laminadora 2	52
16. Actividades a ejecutar en las máquinas laminadoras	53
17. Actividades a ejecutar en los mezcladores-dosificadores	55

18. Consumo promedio de adhesivo por componente	59
19. Costos unitarios por componente de adhesivo	60
20. Aporte de adhesivo por estructura de laminación	61
21. Programa de consumo de adhesivo por pedido.....	62
22. Consumo proyectado de adhesivo.....	64
23. Cuadro control de adhesivo	67
24. Información para propuesta de mantenimiento.....	74
25. Desglose de gastos de operación de propuesta de mantenimiento.....	75
26. Estado de resultados para propuesta de mantenimiento.....	76
27. Flujo de efectivo para propuesta de mantenimiento	77
28. Resumen de resultados para propuesta de mantenimiento.....	77
29. Análisis de sensibilidad. Variación del VPN de propuesta de mantenimiento	79
30. Análisis de sensibilidad. Variación de la TIR de propuesta de mantenimiento.....	80
31. Estrategia de consumo de adhesivo vs. consumo de adhesivo proyectado.....	83
32. Estado de resultados para propuesta de abastecimiento de adhesivo.....	84
33. Flujo de efectivo para propuesta de abastecimiento de adhesivo	85
34. Resumen de resultados para propuesta de abastecimiento de adhesivo.....	86
35. Análisis de sensibilidad. Variación del VPN de propuesta de Abastecimiento de adhesivo	88
36. Análisis de sensibilidad. Variación de la TIR de propuesta de Abastecimiento de adhesivo	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
1. Porcentaje de eficiencia Laminadora 1	28
2. Porcentaje de eficiencia Laminadora 2	28
3. Tiempo perdido por rubro en laminación	30
4. MTBF en máquinas laminadoras durante 2013	31
5. Tiempo perdido por fallas en la maquinaria en 2013	31
6. Consumo histórico de adhesivo NV	33
7. Consumo histórico de adhesivo MF	33
8. Análisis FODA. Método de cálculo actual de la eficiencia	37
9. Comparativo de eficiencia por método de cálculo para LAM-01	46
10. Comparativo de eficiencia por método de cálculo para LAM-02	47
11. Eficiencia por pedido en LAM-01	48
12. Eficiencia por pedido en LAM-02	48
13. Compras de adhesivo NV realizadas por el departamento de Laminación	57
14. Compras de adhesivo MF realizadas por el departamento de Laminación	58
15. Tendencia de existencia en inventario proyectado de NV por componente	65
16. Tendencia de existencia en inventario proyectado de MF por componente	67
17. Consumo real de adhesivo 2012 vs. Consumo proyectado de adhesivo 2013	69
18. Costo acumulado por proceso de fabricación del empaque flexible	71
19. Análisis de sensibilidad. Variación del VPN propuesta de mantenimiento	78
20. Análisis de sensibilidad. Variación de la TIR propuesta de mantenimiento	79
21. Análisis de sensibilidad. Variación del VPN propuesta de abastecimiento de adhesivo	86
22. Análisis de sensibilidad. Variación de la TIR propuesta de abastecimiento de adhesivo	87

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Máquina extrusora	6
2. Máquina impresora	6
3. Máquina laminadora	8
4. Máquina de slitter	9
5. Máquina de corte.....	10
6. Organigrama del departamento de laminación	21
7. Bodega de Materia Prima: Almacenaje de adhesivo	34
8. Diagrama de causa-efecto	36
9. Tarjeta de control para actividades de mantenimiento diarias	56

RESUMEN

El presente trabajo busca la mejora en la administración del proceso de laminación en una empresa de empaques flexible mediante la estructuración de tres propuestas enfocadas en puntos críticos del proceso. Las propuestas generadas incluyen la modificación al sistema de medición de eficiencia, la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo y el uso del programa de producción para el abastecimiento de adhesivo para el departamento.

Cada propuesta fue estructurada en base al objetivo definido para cada una y los recursos a disposición del departamento, teniendo en consideración que se deseaba incrementar el control a nivel operativo y administrativo sobre el área.

Tras el diseño y estructuración de las propuestas, se llegó a la conclusión que, tanto la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, como la coordinación del programa de producción con el abastecimiento de adhesivo, resultan económicamente viables. Mientras que la modificación en el sistema de medición de eficiencia, permite realizar análisis más detallados sobre las distintas variables que impactan la producción durante la operación.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país que está buscando su desarrollo, y uno de los vehículos que ha encontrado para lograrlo es la producción de bienes tanto para su venta local, como para su exportación. Una de las industrias que ha adquirido relevancia en los últimos tiempos es la del plástico, y dentro de este rubro, existen muchas clases. El presente trabajo se enfocó en una clase en particular, una empresa de empaques flexibles.

Tomando como base un proceso productivo completo de empaques flexibles, es decir, desde la extrusión de la resina plástica hasta el corte en unidades individuales de bolsas, se detectó que uno de los procesos que incrementaba significativamente el costo de producción era el proceso de laminación. Debido a esto, y con el fin de beneficiar tanto a la empresa productora, como a sus clientes, se decidió realizar un análisis que evaluara los procedimientos de esta área productiva, enfocado en tres aspectos principales: Eficiencia del proceso, mantenimiento de la maquinaria y abastecimiento de insumos al proceso. Tras dichos análisis se detectó oportunidades de mejora en los tres aspectos. El presente trabajo muestra como propuestas de mejora, una modificación en el protocolo de medición de la eficiencia, como primer punto. Como segundo punto, plantea un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas laminadoras, y como tercer y último punto se presenta una propuesta orientado a mejorar el surtido de insumos al proceso, siendo el principal insumo del mismo, el adhesivo.

Finalmente, se realizó un análisis financiero para determinar la factibilidad de implementación de las propuestas realizadas. Mediante el presente trabajo se buscó la mejora en el control y en la administración de un proceso productivo clave. Destacando que dicha mejora, y principalmente en un área de producción clave ofrece nuevas oportunidades a la misma, tanto en crecimiento y competitividad, y por tanto en generación de nuevas plazas de trabajo.

II. OBJETIVOS

A. General

Realizar una propuesta de mejora en la administración y control en los procedimientos de medición de eficiencia, plan de mantenimiento preventivo y surtido de adhesivo en el proceso de laminación en una empresa de empaques flexibles en la Ciudad de Guatemala evaluando el impacto económico de la propuesta.

B. Específicos

1. Hacer un análisis de la situación actual del departamento de laminación.
2. Crear un sistema de medición de eficiencia que permita generar planes de acción enfocados en la raíz de los problemas en el proceso de laminación.
3. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el proceso de laminación enfocado en reducir tiempos muertos por fallas en el equipo.
4. Desarrollar un sistema de inventarios para el abastecimiento de adhesivo para el proceso de laminación en base al programa de producción en el departamento.
5. Realizar un análisis financiero de la propuesta para evaluar su factibilidad económica, y justificar los costos de inversión y operación derivados de la misma.

III. MARCO TEÓRICO

A. Empaques flexibles

Un empaque puede ser definido como “la presentación comercial del producto, el cual a su vez, contribuye a la seguridad del mismo durante su desplazamiento, y logra su venta”. Con base a la definición anterior, se debe destacar que el empaque está íntimamente relacionado con la promoción y venta del producto. El empaque es un factor diferenciador, frente a productos similares. (Pérez, 2012)

Existe una amplia variedad de materiales que pueden ser utilizados para la fabricación de empaques, por ejemplo:

- Madera
- Metal
- Plástico
- Vidrio
- Cartón
- Papel

Dentro de los empaques y envases, existen aquellos de tipo flexible o plegadizo, los cuales son utilizados como envases primarios, y tienen como objetivo hacer que el producto sea más manejable y reúna las características que el cliente requiere. (Pérez, 2012)

Ampliando, acerca del término “empaques primarios”; los empaques primarios se refieren a aquellos que contienen al producto en su presentación individual o básica. (Martínez, 2006)

El empaque flexible puede definirse como un material que por su naturaleza se puede manejar en máquinas de formado, llenado y sellado, y además está formado por uno o más de los siguientes materiales: papel, aluminio o plástico. Los empaques flexibles pueden mantener los alimentos más frescos durante un mayor tiempo y son más fáciles de utilizar. (Arias, 2008)

El enfoque principal acerca de los empaques flexibles de plástico y aluminio. Dentro de los tipos principales se encuentran los de polietileno y polipropileno, y poliéster. Para el caso de los empaques de polietileno, existe la subdivisión de Polietileno de baja densidad y los de media y alta densidad. En el caso del polipropileno, existe el monoorientado y el biorientado; y puede ser utilizado de dos formas, laminado o metalizado. (Arias, 2008)

A continuación se presenta un cuadro con los materiales y sus respectivas abreviaturas; utilizados por la empresa en cuestión en el presente trabajo.

Cuadro 1: Tipos de material y abreviaturas

Material	Tipo	Abreviatura
Polipropileno	Polipropileno Cast	CPP
	Polipropileno Metalizado de Alta Barrera	PPm
	Polipropileno Metalizado	PPmAB
	Polipropileno Transparente	PPt
Poliéster	Poliéster	PET
	Poliéster Metalizado	PETm
	Poliéster Transparente	PETt
Polietileno	Polietileno	PE

El tipo de material a utilizar, dependerá de las características y propiedades que se deseen obtener, ya sea por especificaciones del cliente, o requisitos indispensables debido al producto que contendrán.

B. Proceso de producción de empaques flexibles plásticos

El proceso de producción de empaques flexibles cuenta con cinco pasos principales, si se toma como punto de partida, el uso de pellets para su fabricación. Estos pasos son: la extrusión, la impresión, la laminación, el proceso de slitter y finalmente el corte y/o formado de bolsa. A continuación se presenta una descripción general de cada proceso. (Castillo, 2012)

1. Proceso de extrusión. Los pellets mencionados, son esferas, en este caso plásticas, las cuales son depositadas y mezcladas en las tolvas de la máquina extrusora. Esta mezcla de distintos pellets, pasa por una boquilla a temperaturas controladas, en donde se funden y mezclan. Dicha mezcla sale de la boquilla, y mediante un estiramiento vertical y soplado transversal, crean un globo plástico. Este globo, es enfriado de forma paulatina, hasta alcanzar una temperatura normal, y la película creada es recogida en forma de bobina. Dependiendo del uso, que se le vaya a dar al producto, este podría ser el final del proceso, pero en el caso de los empaques flexibles plásticos, les es aplicada una descarga eléctrica con el fin de tratar la película producida, y de esta forma facilitar la adherencia de las tintas que serán agregadas en el proceso siguiente: el proceso de impresión. (Castillo, 2012)

Ilustración 1: Máquina extrusora



Fuente: http://www.plasti-center.com/images/prod_ext_ext_6.jpg

2. Proceso de impresión. Durante el proceso de impresión, se toma como insumo el material obtenido en el proceso de extrusión. Esta película plástica, es introducida en forma de bobina a la máquina de impresión; así, la película pasa por una serie de rodillos y tinteros, con el fin de impregnar la imagen al material. Una vez realizado el recorrido por los rodillos y tinteros, la tinta llega seca al otro extremo de la máquina, en el que nuevamente es embobinada, y está lista para ser trasladada al siguiente proceso: el proceso de laminación. (Anónimo, 2014)

Ilustración 2: Máquina impresora



Fuente: <http://www.solostocks.com/img/impresora-tambor-central-comexi-6786644z1.jpg>

3. Proceso de laminación. El proceso de laminación toma como insumos la película procedente del proceso de impresión, otra película la cual será adherida a la primera, y finalmente el adhesivo, el cual será el encargado de mantener las películas unidas. (Castillo, 2012)

La película proveniente del proceso de impresión es cargada a la máquina laminadora por un lado, y el sustrato que se desea adherir es cargado por otro lado, ambos en forma de bobina. Ambas películas son transportadas a lo largo de una serie de rodillos hasta llegar la cámara del aplicador de adhesivo. Uno de los rodillos es remojado en el adhesivo y una de las películas pasa por este al mismo tiempo que por el otro extremo pasa la otra película, logrando de esta forma unir ambas. Posteriormente, el sustrato creado al unir las dos películas, pasa por una serie de rodillos, los cuales se encargan de retirar las partículas de aire que podrían haber quedado entre las películas. Finalmente, el sustrato resultante es nuevamente embobinado, y está listo para ser transferido al siguiente proceso, el cual podría ser el proceso de slitter o el proceso de corte.

Dentro de los parámetros más importantes del proceso de laminación se encuentran la presión de los rodillos, y la tensión bajo la cual se mantienen las películas a laminar. Esto se debe a que el mayor inconveniente, y la mayoría de defectos en la laminación son ocasionados por el aire que queda atrapado entre las películas, así como partículas de suciedad que estén en los rodillos, las cuales crearían imperfecciones en el laminado. El objetivo principal de la laminación, radica en mejorar las propiedades del producto resultante, ya sea para satisfacer las necesidades del cliente, o en base al producto que el empaque vaya a contener.

Ilustración 3: Máquina laminadora



Fuente: www.nordmeccanica.com

4. Proceso de slitter. El proceso de slitter, es el proceso mediante el cual una bobina de un ancho inicial, se reduce a un nuevo ancho y diámetro final requerido. Esto se logra mediante el corte por secciones de la bobina inicial, a la cual se le conoce como “bobina madre”. Las bobinas provenientes de laminación, son acopladas en la máquina de slitter, y las cuchillas de dichas máquinas son ajustadas de manera que realicen los cortes en los puntos establecidos para la creación de las bobinas secundarias, conocidas como “bobinas hijas”. Finalmente, estas son desmontadas de las máquinas, y dependiendo de su uso, pueden ser empacadas para ser distribuidas a los clientes en forma de bobina, o trasladarse al proceso de corte para la formación de la bolsa. (Castillo, 2012)

Ilustración 4: Máquina slitter



Fuente: www.comexigroup.com

5. Proceso de corte. En las máquinas cortadoras, se establecen los parámetros de acuerdo a la bolsa que se vaya a manufacturar o dependiendo de los requerimientos específicos. La función principal de las máquinas cortadoras es precisamente el corte, pero también el sellado. Las bobinas procedentes de los diferentes procesos anteriores, son ajustadas en la máquina cortadora, la cual ya fue programada con los parámetros necesarios. La velocidad de las máquinas está dada en golpes por minuto, los cuales hacen referencia a la cantidad de cortes que realizará por minuto. Las bolsas ya cortadas, van siendo apiladas automáticamente por la máquina, y estas serán agrupadas en fardos para su distribución.

Ilustración 5: Máquina cortadora



Fuente: <http://www.solostocks.com/img/maquina-formadora-de-bolsa-opp-md-rql-600-8251113z0.jpg>

Mediante la serie de procesos descritos con anterioridad, los empaques flexibles son producidos. Dependerá de la complejidad y función que vaya a tener el empaque, la cantidad de procesos por los cuales deberá pasar.

C. Eficiencia

La palabra eficiencia tiene su origen en el latín *efficientia* y se refiere, según la Real Academia Española, a la capacidad de disponer de alguien o algo para conseguir un efecto determinado. (Anónimo, 2001)

La eficiencia está relacionada a la utilización de los medios disponibles de forma racional para llegar a una meta. Es también la capacidad de alcanzar un objetivo en el menor tiempo posible y usando la menor cantidad de los recursos. (Anónimo, 2008)

Existen indicadores básicos de rendimiento, los cuales se comparan con referencias o patrones fiables a fin de obtener evaluaciones cuantitativas sobre las posibles mejoras. Uno de dichos indicadores es el OEE. (Anónimo, 2008)

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) se refiere a la eficiencia general de los equipos el cual es un ratio porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de cualquier proceso. El OEE, realiza una distribución del tiempo en la planta de la siguiente manera: (Anónimo, 2014) (Collantes, 2005)

- Tiempo disponible
 - Tiempo de parada planificada
 - Tiempo de funcionamiento
 - Tiempo de preparación de equipo
 - Tiempo del período de operación
 - Tiempo de parada no planificada por equipos
 - Tiempo de operación neta
 - Tiempo perdido por operación
 - Tiempo de operación utilizable
 - Tiempo productivo neto
 - Tiempo perdido por defectos

El tiempo de operación utilizable se divide en tiempo productivo neto y en tiempo perdido por producción; esto es debido a que el tiempo perdido por defectos, es tiempo en que la máquina estuvo operando y entregando material, pero debido a que este no estaba de acuerdo a las especificaciones o requerimientos solicitados, se desperdició tiempo. (Collantes, 2005)

En base a las divisiones de tiempo presentadas, a continuación se presenta una tabla en la que se incluyen los componentes o factores que componen cada uno de ellos (Collantes, 2005):

Cuadro 2: Distribución de tiempo en planta y sus componentes

Tiempo	Factores o definición
Tiempo productivo neto	Producción real / estándar
Tiempo perdido por defectos	Mermas
	Reprocesos
	Rechazos
Tiempo perdido por operación	Marchas en vacío / pequeñas paradas
	Velocidad reducida
	Falla de suministro materia prima / insumos
	Mala operación
Tiempo de parada no planificada por equipos	Falla mecánica
	Falla eléctrica o electrónica
	Instrumentación
Tiempo de preparación de equipo	Arranque
	Cambio de formato
	Cambio de turno
	Cambio de producto
	Parada
Tiempo de parada planificada	Planificado no producción: Días Turnos Almuerzos
	Ajuste de Producción
	Mantenimiento: Preventivo Anual Planificado Predictivo

La fórmula del OEE es la siguiente:

$$OEE = \frac{TPN}{TF} = \frac{TF - TPA - TPNP - TPOP - TPD}{TF}$$

Dónde (10):

TPN: Tiempo productivo neto

TF: Tiempo de funcionamiento

TPA: Tiempo perdido por preparación de equipo

TPNP: Tiempo de parada no planificada por equipos

TPOP: Tiempo perdido por operación

TPD: Tiempo perdido por defectos

Al implementar el OEE, se puede esperar un mayor control sobre la operación y un mejor enfoque en las acciones correctivas a implementar. Finalmente como resultado de dichas acciones correctivas, se obtendrían como resultado una mayor disponibilidad del equipo, una mejor eficiencia de rendimiento, y una mayor tasa de calidad. (Collantes, 2005)

D. Mantenimiento

El mantenimiento hace referencia a la conservación en condiciones seguras de uso de cualquier utensilio, dispositivo, herramienta, sistema, equipo o maquinaria. Existen cuatro tipos generales de mantenimiento: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, y el mantenimiento proactivo. A continuación se ofrece una descripción general acerca de cada uno de los tipos de mantenimiento listados previamente. (Martínez, 2011)

1. Mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo está compuesto por una serie de actividades las cuales están orientadas a la corrección de defectos que surgen en los equipos o en la maquinaria, y normalmente los usuarios de dichos equipos los comunican al departamento de mantenimiento. (García, 2014)

2. Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo se refiere a un paso o serie de pasos, que tienen como fin prolongar el período de vida útil de un equipo, además de prevenir la suspensión de operaciones por fallas en el mismo. La implementación de este tipo de mantenimiento puede mejorar la productividad hasta en un 25%, a la vez que reduce los costos de mantenimiento en un 30% y extiende la vida útil del equipo hasta en un 50%. (Anónimo, 2011)

Los programas de mantenimiento preventivo están basados en la cantidad de horas en las cuales está funcionando el equipo. Es decir, la periodicidad de la rutina de mantenimiento dependerá del tiempo de funcionamiento: a mayor cantidad de horas de funcionamiento, mayor será la periodicidad de la rutina. Debido a los costos en los que se incurren por cada falla del equipo, este tipo de mantenimiento ha adquirido gran relevancia en los últimos tiempos. Con el fin de implementar un sistema de mantenimiento preventivo, se debe crear o generar un sistema de revisión continua, buscando de esta forma elevar la disponibilidad y eficiencia de los equipos. (Anónimo, 2011)

Existen diversas formas de crear un plan de mantenimiento preventivo. Por ejemplo, un sistema el cual de seguirse de forma rigurosa da excelentes resultados, es la revisión y cuidado del equipo en base a las recomendaciones técnicas de uso y mantenimiento de piezas críticas, provisto por el fabricante. Esto debido a que de esta manera se está siguiendo la recomendación del experto, así como obteniendo un respaldo al momento de darse algún fallo grave en la maquinaria.

Otra forma de crear un plan de mantenimiento preventivo es mediante el análisis de riesgos, en el cual se estudia las consecuencias por fallos en la maquinaria, bajo 4 enfoques (Anónimo, 2011):

- Operación: el fallo deriva en problemas en la producción o en la calidad del producto
- Seguridad: el fallo afecta el bienestar del personal operativo y en la fábrica.
- Medio ambiental: el fallo afecta al medio ambiente.
- Costos: el fallo ocasiona que se incurran en costos extra por reparación, repuestos o pérdidas económicas por incumplimiento de pedidos.

Este análisis se realiza para cada una de las áreas de trabajo, en las cuales se calcula la gravedad potencial de un fallo, y luego se calcula la frecuencia potencial del mismo; y en base a esto se genera el plan de mantenimiento. (Anónimo, 2011)

Dentro de las ventajas y beneficios de implementar un programa de mantenimiento preventivo se encuentran las siguientes (Castillo, 2012):

- Tiempo para la planificación y programación de las reparaciones
- Aumento de la productividad
- Reducción de la probabilidad de fallas en el equipo
- Incremento de la vida útil de la maquinaria
- Disminución de tiempo fuera de servicio de la maquinaria
- Disminución de costos de reparación

3. Mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo se enfoca en la determinación en cualquier momento del estado actual de la maquinaria. Esto se logra mediante el uso de un programa establecido en el cual se toman en consideración los parámetros y características críticas del equipo. Posterior a esto, y utilizando aplicaciones de algoritmos matemáticos, en los que se ingresan los parámetros antes mencionados, se calcula la probabilidad de fallo de un equipo bajo las condiciones de operación actuales; y en base a esto se programa el mantenimiento. Su ventaja principal radica en la disminución de los paros por mantenimientos preventivos, ya que se espera hasta alcanzar determinado punto para ejecutar el mantenimiento. (García, 2014)

4. Mantenimiento proactivo. El mantenimiento proactivo busca que por iniciativa propia, mediante la sensibilización a los usuarios de la maquinaria, estos ejecuten un tipo de mantenimiento básico. Debido al uso regular de los operadores de la maquinaria, adquieren un conocimiento técnico muy elevado acerca de su funcionamiento. Este conocimiento, puede llegar a ser muy útil, debido a que con el tiempo pueden en base a la experiencia atacar un problema antes que este surja, y sin necesidad que el equipo de mantenimiento realice la actividad. Este tipo de mantenimiento es una mezcla entre el mantenimiento preventivo y el predictivo, pero como se mencionó anteriormente, basado en el conocimiento técnico y experiencia del usuario del equipo. (García, 2014)

E. Métodos de abastecimiento

Con el objetivo de satisfacer la demanda, las empresas se ven en la necesidad de tener materiales disponibles almacenados, para que su tiempo de respuesta ante el requerimiento sea muy bajo. Pero, el mantener estos productos almacenados deriva en costos, como lo es el costo de pedido, el costo de compra unitario, el costo de retención y el costo de agotamiento de existencias. (Winston, 2010)

Los modelos de inventario buscan reducir estos costos mediante las respuestas a las siguientes preguntas. ¿Cuándo se debe hacer un pedido de un producto? Y ¿Qué tan grande debe ser cada pedido? (Winston, 2010)

Para ello, se diseñó un modelo conocido como lote económico de pedido. Este modelo posee una serie de suposiciones que se deben satisfacer:

- Pedido repetitivo
- Demanda constante
- Plazo de entrega constante
- Pedidos continuos
 - Dentro de los pedidos continuos existen dos modelos. El modelo de revisión continua en los cuales se puede hacer un pedido en cualquier instante. Y, los modelos de revisión periódica en los cuales únicamente se pueden hacer los pedidos cada cierto tiempo.

En el caso del modelo básico del lote económico de pedido, se una demanda determinística y que ocurre a una tasa constante. También, que si se hace un pedido de cualquier tamaño se incurre en un costo de pedido y que el tiempo de espera de cada pedido es cero. Además, no se permite escasez. (Winston, 2010)

La fórmula para el modelo básico de lote económico de pedido es:

$$q^* = \left(\frac{2KD}{h}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

q* = Cantidad a solicitar

K = Costo del pedido

D = Pedidos al año

h = Costo por unidad-año de inventario de reserva

Existen también otros modelos en los cuales se permiten descuentos por cantidad, en los cuales entonces se hace un cuadro en el que se calcula en base al ahorro por volumen, el lote óptimo de pedido. Otro modelo que existe es en el cual se permiten pedidos atrasados. Estos casos surgen cuando la demanda no se satisface a tiempo y hay escasez. Entonces debido a los negocios perdidos, el costo de hacer pedidos especiales o el costo por cubrir la pérdida futura de renombre, se debe hacer un pedido fuera de fecha. (Winston, 2010)

Es importante resaltar que la demanda es muchas veces irregular, y esto puede deberse a muchos factores, y debido a que uno de los supuestos es que la demanda es constante, se debe determinar en ocasiones si la suposición de demanda constante es razonable. Existen modelos también en el que la demanda es incierta, así como en los que la demanda debe cumplirse a la larga y no perder venta alguna. Estos segundos son conocidos como el caso de pedidos pendientes. (Winston, 2010)

De esta necesidad surge el término de producción esbelta, el cual se refiere al conjunto integrado de actividades diseñado para lograr la producción utilizando inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y bienes terminados. Así, en Japón, específicamente en la empresa Toyota, surge el concepto de manufactura esbelta, la cual está basada en dos principios: La eliminación del desperdicio y el respeto por la gente. (Chase, 2009)

La producción o manufactura esbelta se enfoca en siete principales tipos de desperdicio a eliminar de la cadena de suministro (Chase, 2009):

1. Sobreproducción
2. Tiempo de espera
3. Transporte
4. Inventario
5. Procesamiento
6. Movimiento

7. Defectos en los productos

Con el fin de analizar un proceso e identificar los pasos a mejorar se desarrolló el enfoque de la cadena de valor, la cual sigue los siguientes principios (Chase, 2009):

1. Redes de fábricas enfocadas
2. Tecnología en grupos
3. Calidad en la fuente
4. Producción justo a tiempo
5. Carga uniforme en la planta
6. Sistema de control de producción kanban
7. Tiempos de preparación minimizados

Debido al enfoque del presente trabajo, se ampliará únicamente en el punto número 4: La producción justo a tiempo. Este concepto se refiere a producir únicamente lo que se necesita cuándo se necesita evitando el almacenamiento de material. Se busca es manejar lotes pequeños y mantener el nivel de inventario lo más bajo posible. La meta es que las filas de espera en el inventario lleguen a cero. Y al mantener niveles de inventario bajos, los problemas de calidad se hacen visibles, ya que de otra forma “permanecerían ocultos por el exceso de inventarios y personal”. (Chase, 2009)

Así, el manejo de inventarios ideal, es no manejar inventarios, y esto se logra mediante la implementación del sistema Justo a Tiempo, o de ser definitivamente muy compleja esta implementación, utilizar los modelos de lote óptimo de pedido, para que el inventario sea el mínimo posible.

F. Análisis financiero

El análisis financiero permite realizar comparaciones entre diferentes escenarios y propuestas facilitando la toma de decisiones en términos de inversión, financiamiento y selección de opciones, entre otras. (León, 2009)

1. Tasas. La tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) y la tasa interna de retorno (TIR); serán las tasas a utilizar en la ejecución del análisis financiero. La TMAR, está asociada al riesgo de la pérdida de la inversión. (Camacho, 2004) (Blank, 2006)

Para el presente trabajo, la TMAR a utilizar será de 26.75%. Esta tasa fue calculada mediante el modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) cuya fórmula es:

$$TMAR = R_f + \beta_i(E(R_m) - R_f)$$

R_f : Tasa de interés libre de riesgo.

β_i : Sensibilidad de los rendimientos de los activos esperados, en base a los rendimientos del mercado esperados.

$E(R_m)$: Retorno esperado del mercado.

La TIR, toma en consideración el flujo de efectivo de un proyecto, la duración de este, y la inversión inicial. Luego es comparada con la TMAR, para determinar si es factible o no el proyecto analizado. (Blank, 2006)

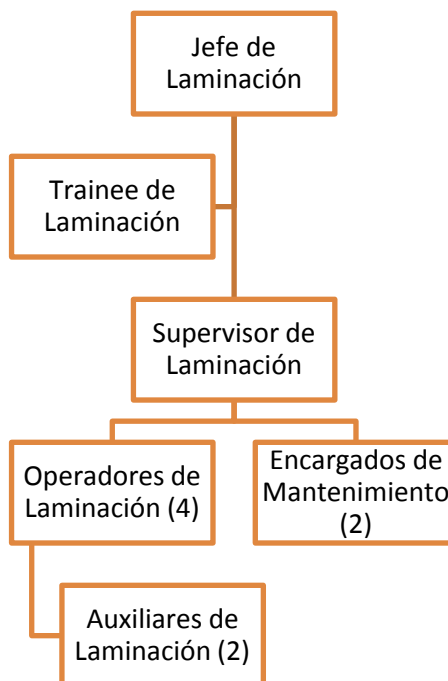
2. Análisis de valor presente neto. El análisis del valor presente neto (VPN), es una herramienta que ayuda a determinar la factibilidad económica de un proyecto. Para poder realizar este cálculo es necesario conocer la TMAR, la inversión inicial, y el flujo de efectivo. El criterio de selección estará basado en la obtención de un valor presente neto mayor a 0, durante un período establecido. (Blank, 2006)

IV. PROPUESTA DE MEJORA

A. Situación actual del proceso

El proceso de laminación, como área, funciona de forma autónoma, es decir, la administración del proceso está encargada tanto de la producción, como del mantenimiento, y surtido de insumos para el mismo. A continuación se presenta el organigrama del departamento:

Ilustración 6: Organigrama del departamento de laminación



Las actividades de administración del departamento son ejecutadas de la siguiente manera:

- Jefe de laminación: Encargado de la gestión del departamento, dirige la operación, coordina las compras de insumos y surtido de materiales.

- Trainee de laminación: Apoyo directo al jefe del área y al supervisor. Tiene bajo su cargo la administración de la información, con enfoque principal en mejora de los procesos del área. De forma conjunta con el supervisor, gestiona el mantenimiento al área (Mantenimiento Preventivo)
- Supervisor de laminación: Encargado del manejo de la producción a nivel de planta. Contacto directo con los operadores de laminación, y la gestión del mantenimiento (Mantenimiento Correctivo).

El departamento de laminación tiene como principales indicadores de su desempeño, enfocados principalmente en el funcionamiento productivo, los siguientes:

- Eficiencia: Este indicador mide el tiempo productivo neto. La meta establecida para el departamento es de 85%.
- % de Scrap: Este indicador mide la cantidad de desperdicio vs. la producción realizada. La meta establecida para el departamento es del 3%.
- MTBF: Tiempo promedio entre fallas. Este es un indicador con el cual se mide el desempeño de la maquinaria, y el mantenimiento correcto que estas estén recibiendo.
- MTTR: Tiempo promedio para reparar. Este indicador mide el desempeño de los encargados del mantenimiento durante sus intervenciones a la maquinaria.

El departamento cuenta con dos máquinas laminadoras de marca Nordmeccanica. Estas máquinas a partir de este punto serán denominadas Laminadora 1 y Laminadora 2, encontrando su diferencia en sus características técnicas. A continuación se presentan dos

cuadros que resumen las características de cada una, así como de sus respectivos complementos de máquina.

Cuadro 3: Especificaciones técnicas de Laminadora 1

Laminadora 1						
Máquina	Constructor	Tipo	Modelo	Matrícula	Año de Fabricación	
Laminadora	Nordmeccanica	Simplex SL	L 1300	C-762	2003	
Características						
Velocidad mecánica máxima (m/min)	Ancho nominal (mm)	Ancho de banda (mm)	Ancho máximo de aplicación (mm)	Componentes de la máquina	Diámetro máximo de bobina (mm)	Peso máximo de bobina (kg)
315	1300	650-1330	1315	Desbobinador (2)	850	600
				Rebobinador	850	600
Complementos de máquina						
Rodillos (engomados)		Diámetro nominal (mm)	Diámetro mínimo (mm)	Tipo de goma		
Presor de laminación		150	140	Neopres BH		
Presor de aplicación				Neopres BH		
Rodillo transportador				Polycoat HP/18F		
Mezclador-dosificador						
Constructor	Tipo	Año de fabricación	Capacidad de depósitos (L)	Caudal Nominal (L/min)		
Nordmeccanica	World Mixer	2003	2X90	3.6		

Cuadro 4: Especificaciones técnicas de Laminadora 2

Laminadora 2						
Máquina	Constructor	Tipo	Modelo	Matrícula	Año de Fabricación	
Laminadora	Nordmeccanica	Super Simplex SL	L 1300	----	2011	
Características						
Velocidad mecánica máxima (m/min)	Ancho nominal (mm)	Ancho de banda (mm)	Ancho máximo de aplicación (mm)	Componentes de la máquina	Diámetro máximo de bobina (mm)	Peso máximo de bobina (kg)
350	1300	650-1330	1315	Desbobinador (2)	1000	1000
				Rebobinador	1000	1000
Complementos de máquina						
Rodillos (engomados)		Diámetro nominal (mm)	Diámetro mínimo (mm)	Tipo de goma		
Presor de laminación		165	155	Neopres BH		
Presor de aplicación				Neopres BH		
Rodillo transportador				Polycoat HP/18F		
Mezclador-dosificador						
Constructor	Tipo	Año de fabricación	Capacidad de depósitos (L)	Caudal Nominal (L/min)		
Nordmeccanica	World Mixer	2010	2X90	3.6		

El área de laminación utiliza dos tipos de adhesivo para laminación, uno por cada laminadora. En la Laminadora 1 se utiliza el adhesivo NV¹, mientras que en la Laminadora 2 se utiliza el adhesivo MF.

Una vez descritas las generalidades del proceso, se procederá a mencionar la forma en que se gestiona el área, con enfoque en tres puntos: La eficiencia (forma de cálculo), la ejecución del mantenimiento, y el surtido de adhesivo al proceso.

1. Eficiencia. Para poder describir la forma en la que se realiza el cálculo de la eficiencia del departamento, es importante conocer la información que se tiene disponible y la forma de gestionarla. A continuación se detallan los aspectos relevantes que permiten dicho cálculo.

Cada operador durante su turno procede a llenar un formato en el que ingresa, por pedido, la siguiente información:

- Fecha
- Turno
- Número de laminadora
- Código del operador
- Número de pedido
- Nombre del cliente
- Nombre del producto
- Estructura de laminación
- Kgs. Laminados
- Mts. Laminados
- Relación de aporte de adhesivo
- Hora de inicio del pedido

¹ El nombre de los adhesivos fue modificado para proteger la confidencialidad de la empresa.

- Hora de finalización del pedido
- Tiempo y razón de paros durante la laminación

Es de este formato de donde se obtiene la información, la cual es ingresada a un archivo en Excel con el fin de realizar el cálculo de la eficiencia. Para este fin, la persona encargada de alimentar el archivo de Excel, en este caso el Trainee de laminación, separa los formatos por laminadora, es decir, agrupa los formatos de la Laminadora 1 y los formatos de la Laminadora 2. A continuación se presenta un ejemplo de la tabla en Excel, en donde se puede observar los campos que son ingresados:

Cuadro 5: Registro de operación de laminación para cálculo de eficiencia

Día	Turno	Máquina	Operador	Cambios	Mts. Laminados	Kgs. Laminados	Tiempo de Paros	Mts. Teóricos Laminados

Una vez agrupados los formatos por laminadora, se procede a contar la cantidad de formatos llenos durante el turno, y el resultado de ello le da la cantidad de cambios de pedido por turno. Luego se realiza la sumatoria de la cantidad de metros laminados por turno, y de igual forma se realiza para los kilogramos. Finalmente, se procede a sumar todos los tiempos de paros en cada uno de los formatos y el resultado final le indica el tiempo total de paro durante el turno.

La eficiencia entonces es calculada de la siguiente forma:

$$Eficiencia = \frac{Metros\ Laminados\ (Reales)}{Metros\ Teóricos\ Laminados} * 100\%$$

Los Metros Laminados (reales) son obtenidos, como ya se mencionó, de la sumatoria de todos los Mts. Laminados reportados en cada uno de los formatos. Es

importante destacar que esta información, es obtenida por el operador, directamente de la máquina. Para el cálculo de los Metros Teóricos Laminados, se utiliza, además de la información del Registro de operación, los siguientes datos, los cuales son constantes para todos los turnos, y todos los pedidos:

- Duración del turno: 12 horas
- Tiempo promedio por cambio:
 - Laminadora 1: 60 minutos
 - Laminadora 2: 27 minutos
- Velocidad promedio:
 - Laminadora 1: 111 mts/min
 - Laminadora 2: 116 mts/min

Utilizando estos datos el cálculo es el siguiente:

$$MTL = \left((DT - TP) - (CT * TPC) \right) * (VP) * 60$$

MTL: Metros Teóricos Laminados

DT: Duración del Turno

TP: Tiempo de Paro

CT: Cambios por Turno

TPC: Tiempo Promedio de Cambio

VP: Velocidad Promedio

Esta forma de medición, permite llevar un registro, en el cual se puede obtener la eficiencia global del departamento, pero también se puede llevar a niveles más detallados como lo es la eficiencia por día, por máquina, por operador y por turno.

A continuación se presentan dos gráficas que muestra la tendencia en la eficiencia por cada una de las máquinas laminadoras entre los meses de enero a

noviembre de 2013; resaltando el hecho que estas están calculadas mediante la fórmula presentada con anterioridad.

Gráfico 1: Porcentaje de eficiencia Laminadora 1

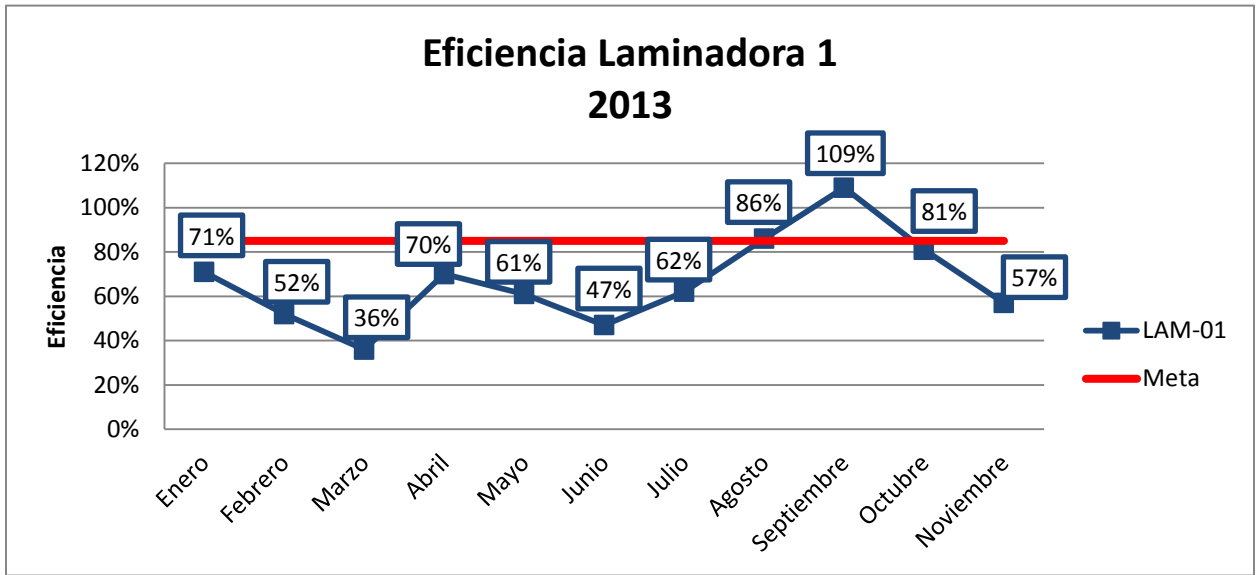
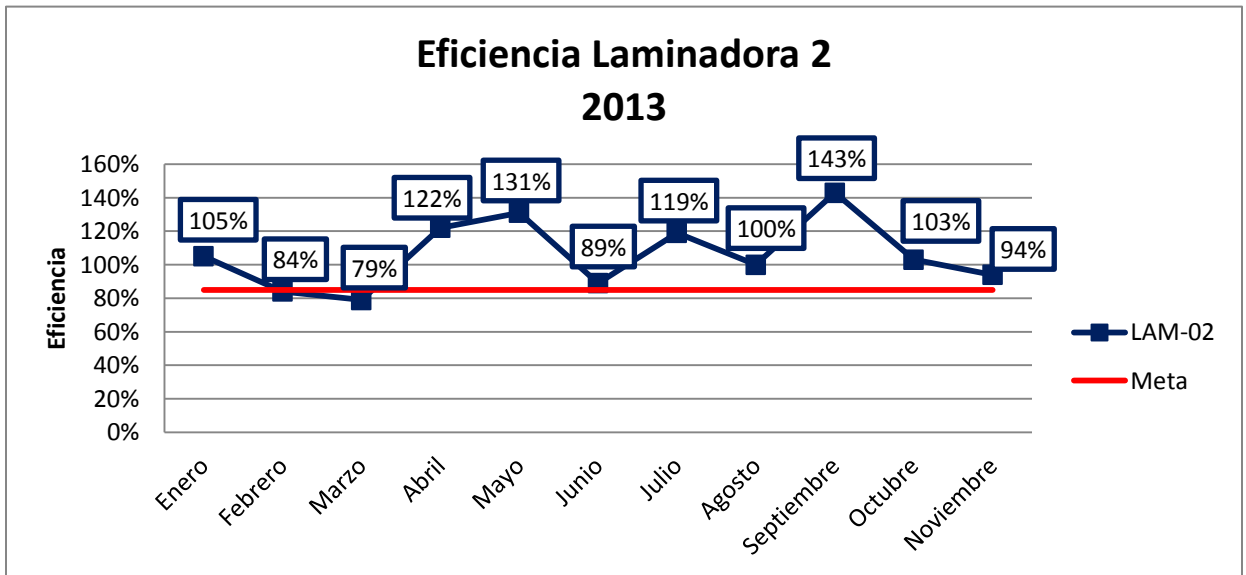


Gráfico 2: Porcentaje de eficiencia Laminadora 2



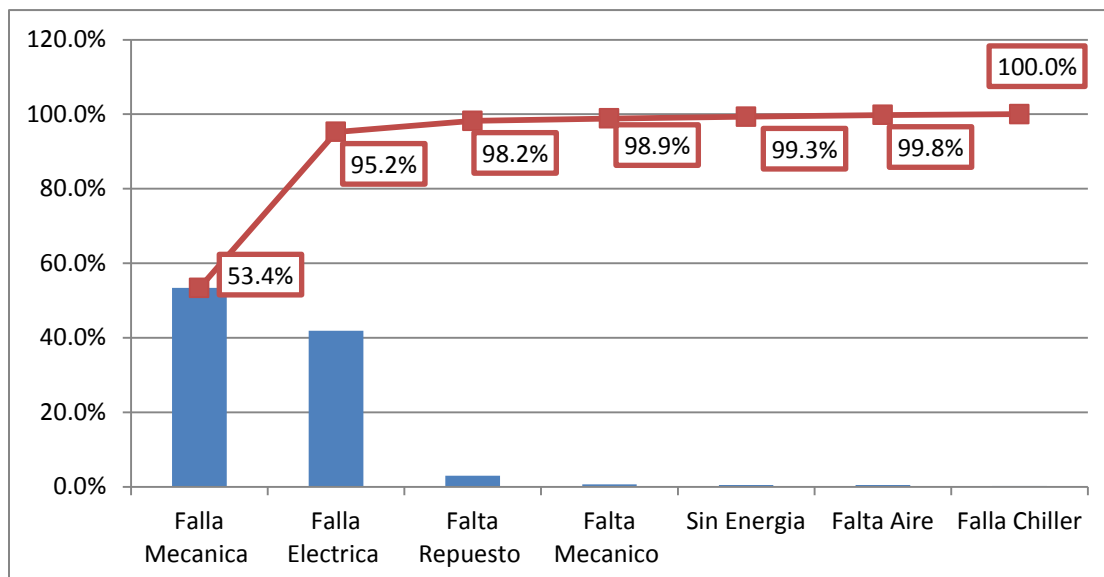
2. Gestión del mantenimiento. Como se mencionó anteriormente, el departamento de laminación es el encargado de gestionar su propio mantenimiento. En este sentido, se cuenta con dos encargados de mantenimiento, quienes se dedican a realizar mantenimientos correctivos. Uno de los encargados es especialista en temas eléctricos, y el otro encargado es especialista en temas mecánicos.

Cada uno de ellos cubre un turno, por lo que existen ocasiones en las que el conocimiento técnico diferenciado de ellos limita la puesta en marcha de la operación. En estos casos, o también dependiendo de la severidad y complejidad del mantenimiento a realizar, se solicita el apoyo del departamento de Mantenimiento General, quien se encarga de proporcionar los recursos necesarios (materiales y humanos).

Es importante destacar que en términos de mantenimiento preventivo, no se cuenta con un programa ya establecido. Además durante la operación, únicamente en ocasiones se realiza algún tipo de limpieza efectuada por el operador de turno en la máquina, enfocado principalmente en algunos rodillos de la laminadora. Pero existen deficiencias grandes en términos de inspección y lubricación; y a pesar de realizar cierto tipo de limpieza, existen componentes críticos, que se están pasando por alto.

A continuación se presenta una gráfica de Pareto que muestra las principales causas de tiempos perdido durante el proceso de laminación. En esta gráfica se puede apreciar que son las fallas, tanto mecánicas como eléctricas, las que representan el mayor porcentaje de tiempo muerto en la operación. En esta gráfica se excluye el tiempo de paro de máquina por falta de pedidos.

Gráfico 3: Tiempos perdidos por rubro en Laminación



Esta gráfica dio la pauta para generar una propuesta enfocada en modificar la forma de gestión de mantenimiento en el departamento. Se tomó como referencia dos puntos: El primero, la mejora en uno los indicadores del departamento en términos de mantenimiento, el MTBF. Y el segundo punto, la reducción en los tiempos muertos debido a fallas en el equipo. Es importante destacar, que ambos puntos están íntimamente relacionados, pero no son necesariamente lo mismo, ya que el MTBF mide la frecuencia de las fallas, mientras que el tiempo muerto nos indica el tiempo total que ha estado parada la maquinaria debido a dichas fallas. A continuación se presentan las gráficas tanto del MTBF del departamento, como la gráfica que muestra por mes, el tiempo muerto debido a fallas en la maquinaria.

Gráfico 4: MTBF en máquinas laminadoras durante 2013

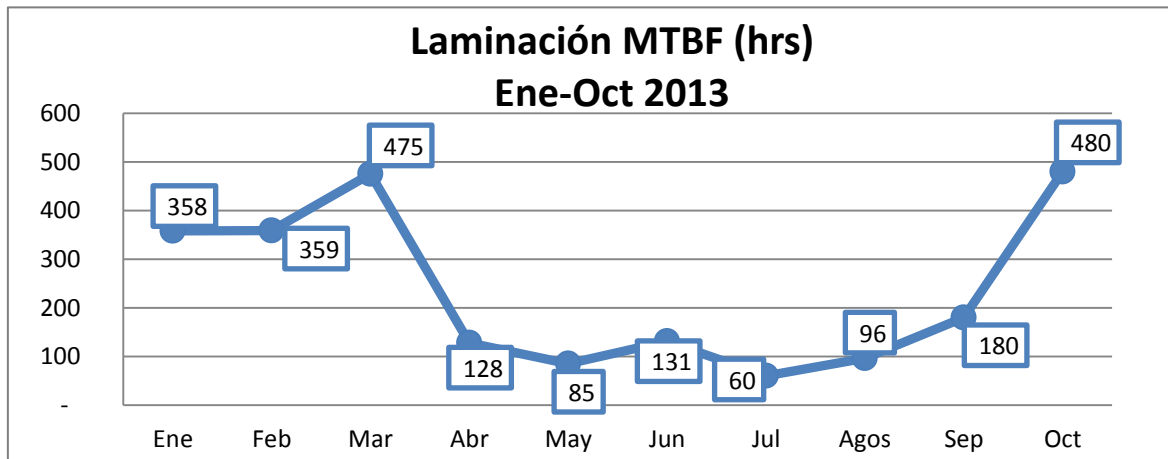
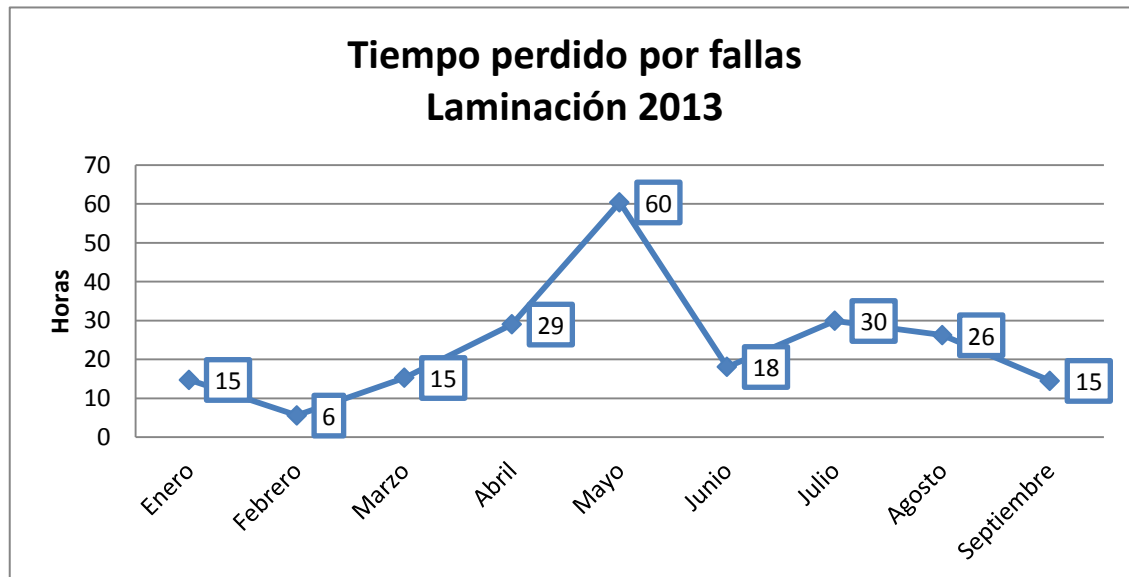


Gráfico 5: Tiempo perdido por fallas en la maquinaria en 2013



Utilizando la gráfica anterior y la información total de tiempo muerto, el resultado obtenido, sobre el porcentaje que representaban las fallas en la maquinaria para el tiempo muerto fueron los siguientes:

Cuadro 6: Porcentaje de tiempo muerto por fallas en maquinaria

Mes	Tiempo Muerto Total (hrs)	% de Tiempo Muerto por Fallas en Maquinaria
Enero	15.8	94%
Febrero	13.1	43%
Marzo	22.6	68%
Abril	46.0	63%
Mayo	65.4	92%
Junio	19.6	92%
Julio	34.4	87%
Agosto	26.3	100%
Septiembre	24.5	59%

De la tabla anterior, se puede apreciar que una correcta gestión del mantenimiento, podría tener un impacto significativo en los resultados del departamento, en términos de la reducción del tiempo perdido.

3. Surtido de adhesivo. El proceso de laminación utiliza como principal insumo para la producción el adhesivo con el cual se unen las dos o más películas de plástico. Como se mencionó con anterioridad, debido a los tipos de trabajos realizados en las laminadoras, se utiliza un tipo de adhesivo diferente para cada una. La diferencia primordial entre estos dos tipos de adhesivo radica en su desempeño o fuerza bond; así, dependiendo de la estructura a laminar, se utiliza uno u otro tipo de adhesivo. La fuerza bond, se refiere a la fuerza de adhesión que proporciona el adhesivo entre las dos películas a laminar.

Estos adhesivos son “fabricados” directamente en el mezclador-dosificador que poseen cada una de las laminadoras. La forma de compra de estos adhesivos es en dos partes. Se compra el reactante, y se compra el endurecedor; y es la mezcla de estos, la que produce el adhesivo. En base al conocimiento técnico y recomendaciones

del proveedor, se maneja una proporción reactante/endurecedor para que la calidad del adhesivo generado sea la óptima. Es también de acuerdo a recomendaciones del proveedor, experiencia técnica, y diversas pruebas realizadas por el departamento de Investigación y Desarrollo, que según la estructura que se esté laminando, se define la proporción de adhesivo que se utilizará.

A continuación se presentan dos gráficos, uno por cada tipo de adhesivo, que muestran el consumo del mismo, dividido en cada uno de sus componentes (Reactante y Endurecedor).

Gráfico 6: Consumo histórico adhesivo NV

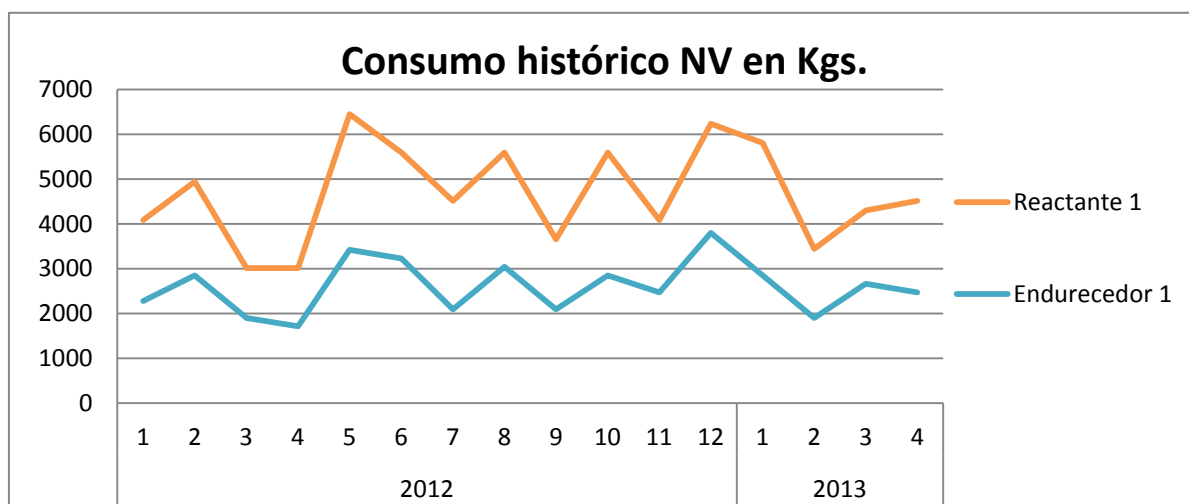
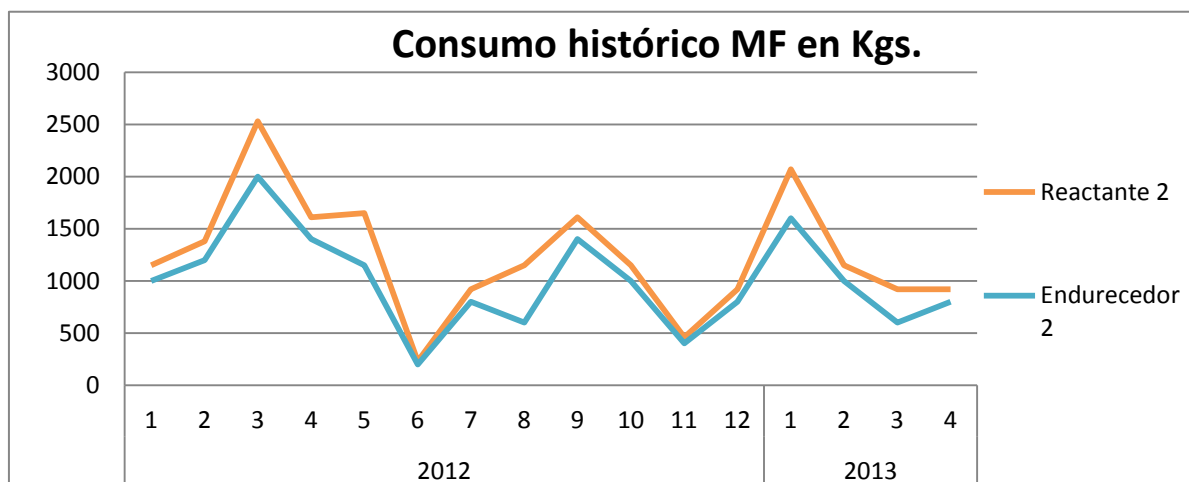


Gráfico 7: Consumo histórico adhesivo MF



Es importante destacar, que actualmente la compra de adhesivo se realiza en base a la experiencia del encargado de compras, quién trata de tomar como referencia el consumo promedio mensual de adhesivo pero en ocasiones de forma tardía, y por ello en ocasiones se ha incurrido en paros de producción por falta de adhesivo. También se compra en exceso y existe un sobreabastecimiento del insumo. Es también importante mencionar que el espacio disponible en el área de bodega para el almacenaje de los tanques de adhesivo es limitado, como se puede observar a continuación en la imagen presentada:

Ilustración 7: Bodega de materia prima: Almacenaje de adhesivo



Fuente: Elaboración propia

De adhesivo en bodega fines del mes de abril, se contaba con la siguiente cantidad:

Cuadro 7: Inventario de adhesivo por componente

Componente	Cantidad en inventario (kg.)
Resina NV	7,310
Endurecedor NV	4,370
Resina MF	6,670
Endurecedor MF	4,800

B. Propuesta para la medición de eficiencia del proceso

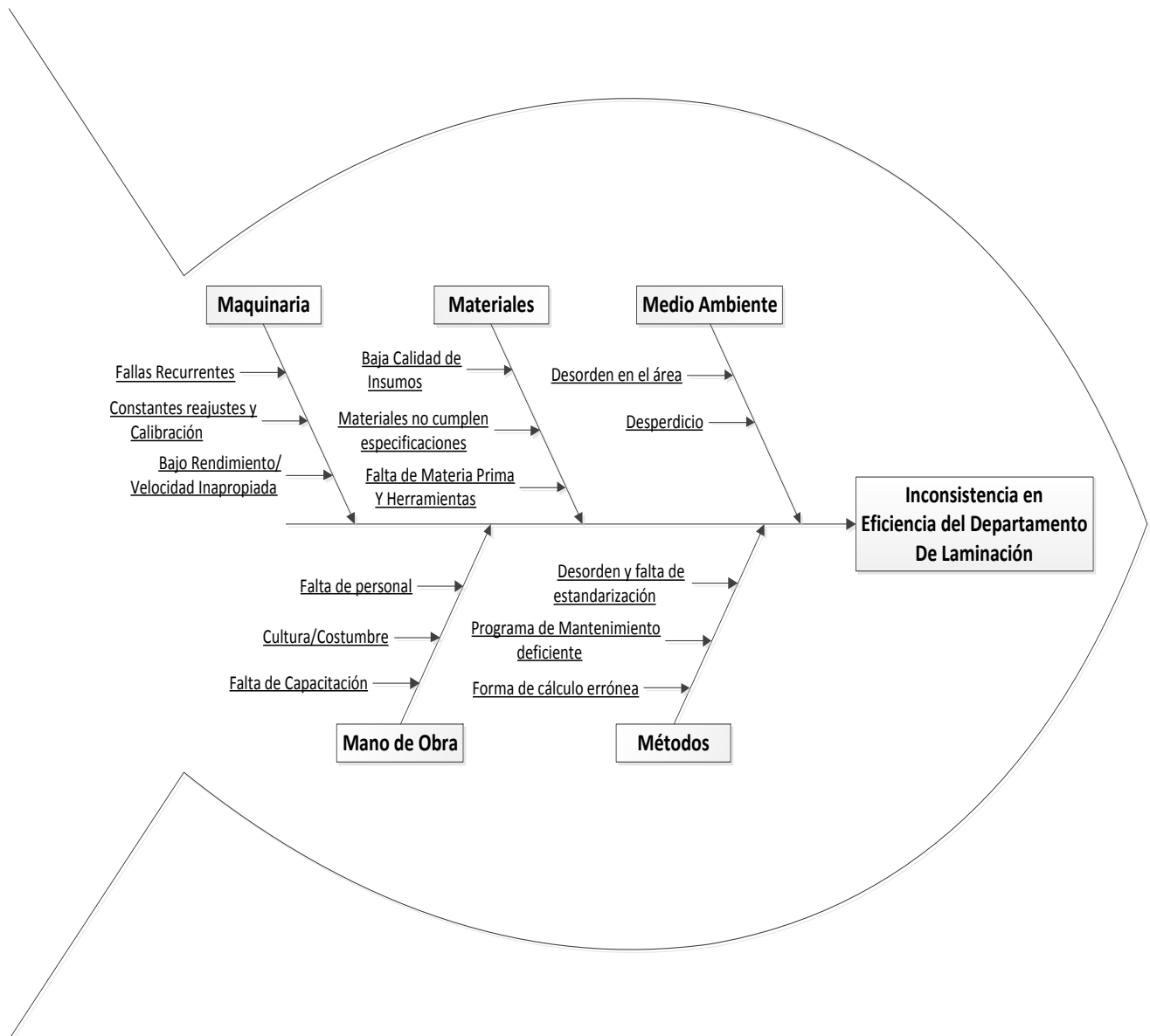
En las gráficas de eficiencia del departamento de laminación se observó que la eficiencia variaba de forma constante y entre un rango de valores sumamente amplio. Otro detalle interesante era que en ambas gráficas, la eficiencia superaba el 100%; y mientras que la laminadora 2 mantenía una eficiencia alta, las caídas en la eficiencia de la laminadora 1 eran drásticas.

El departamento de laminación se enfocó en reducir los tiempos perdidos en la Laminadora 1, pero como se puede observar en la gráfica, la eficiencia continuó su oscilación, a pesar de los esfuerzos del departamento. Es importante destacar que en algunos casos, tras la implementación de una acción la eficiencia subía, pero la mejora no era constante y al mes siguiente volvía a caer.

Debido a esto, surgió la inquietud acerca de si el método de medición de eficiencia era el más apropiado, ya que como se mencionó con anterioridad el proceso de laminación es afectado por una amplia gama de variables. Variables como la tensión, la presión, y el ancho de las bobinas, además de la estructura de laminación. Un análisis realizado por el departamento de Ingeniería y Optimización de la empresa, dio como resultado, que la variable que impactaba de forma significativa la velocidad en el proceso de laminación, era precisamente la estructura de laminación con la cual se estuviese trabajando. Fue por ello que se decidió crear un sistema de medición de eficiencia que tomara en consideración la estructura que se estuviese laminando para asignar la velocidad teórica correcta la cual esta debía estar siendo procesada. Es también importante mencionar, que los operadores de las máquinas laminadoras expresaron su opinión en este tema haciendo alusión a que las segundas laminaciones (Laminaciones entre una película de dos sustratos y una película adicional) se trabajaban a una velocidad mayor que las primeras laminaciones (Laminaciones entre una película de un sustrato y otra película de otro sustrato).

Con el fin de determinar porqué existían inconsistencias en la eficiencia del departamento de laminación, y establecer en qué áreas se podía enfocar para solucionar este tema, se optó por realizar un diagrama Ishikawa o de Espina de Pescado. A continuación se presenta el diagrama:

Ilustración 8: Diagrama de causa-efecto



Según el diagrama, se estableció, que se enfocaría en la forma de cálculo de eficiencia, ya que aunque las demás causas fuesen atacadas, si el sistema de cálculo era incorrecto, toda la información recabada y los análisis obtenidos serían

incorrectos. A pesar de que el diagrama ha sido creado para determinar en cuáles causas se enfocaría para el sistema de eficiencia, la información que este proporciona es valiosa para un análisis a profundidad del funcionamiento del departamento en general. Por ejemplo aparece en el tema de maquinaria, las fallas recurrentes, y en el tema de método, el programa de mantenimiento deficiente. Estos son temas que serán abordados dentro de la sección de propuesta de mantenimiento.

Con el fin de modificar, y mejorar la forma en la que se realizaba el cálculo de la eficiencia del proceso de laminación, se procedió a definir una serie de pasos para lograr el objetivo.

1. FODA del método de cálculo actual

Gráfico 8: Análisis FODA. Método de Cálculo Actual de la Eficiencia



2. Identificación de puntos de oportunidad de mejora. Una vez realizado el análisis FODA del método de cálculo actual de la eficiencia, se identificaron los puntos que se deseaba conservar o imitar (Fortalezas), los puntos que se deseaba cambiar (Debilidades), y los puntos que permitirían la implementación de un cálculo más acertado de la eficiencia. Era importante conservar las fortalezas del método del cálculo actual, y por lo tanto se estableció que el método nuevo, y su forma de cálculo, mantuviesen estas propiedades y para ello, se tomó como base el anterior.

Como primer punto, se determinó que se deseaba mantener la capacidad de análisis por turno, por operador y por máquina para poder realizar análisis comparativos, pero además se estableció que se deseaba tener un análisis más profundo, así que se deseaba alcanzar el detalle de eficiencia por pedido. Como segundo punto se estableció que el formato de ingreso de la información podría mantenerse, y únicamente se agregarían los campos que hicieran falta; esto con el fin de no complicar el ingreso de la información, y que se continuara haciendo en un ambiente conocido. Y por último, se estableció que el cálculo debía mantenerse de forma automática, para no generar una mayor carga de trabajo al implementar la nueva forma de cálculo.

Posterior a esto, se estableció, que existía información valiosa que no estaba siendo utilizada, por ejemplo:

- Estructura de laminación
- Tiempo por pedido
- Detalle de paros (Causas)

Por lo cual se optó por generar un método que permitiera utilizar esta información, por el nivel de detalle y control que permitiría llevar. Habiendo establecido que se deseaba utilizar la estructura de laminación, como insumo para el cálculo de la eficiencia, era importante tomar en cuenta que la velocidad de

operación de las máquinas laminadoras, varía según dicha estructura. El departamento de Ingeniería y Optimización realizó un estudio de las velocidades de operación por estructura, por lo cual era importante ubicar esta información para evaluar su forma y complejidad de implementación en el método de cálculo.

Este análisis devolvió los siguientes puntos que se deseaba tener en el cálculo de la eficiencia:

- Mantener capacidad de análisis por turno, operador, por máquina.
- Incluir información por pedido y estructura de laminación.
- Mantener, dentro de lo posible, el formato de ingreso de información.
- Cálculo de forma automática al ingresar la información requerida.

3. Recopilación de información clave. A partir del punto anterior, se estableció que se debía conseguir la información generada por el departamento de Ingeniería y Optimización acerca de las velocidades de laminación para cada una de las estructuras. Al recibir esta información, y debido a que esta fue obtenida en base a datos ingresados directamente por los operadores de las máquinas laminadoras, se procedió a realizar una validación de las velocidades con los operadores.

Los resultados obtenidos por máquina laminadora para cada una de las estructuras trabajadas, son presentados en las siguientes tablas:

Cuadro 8: Velocidad de laminación por estructura en LAM-01

Estructura	Velocidad promedio (mts/min)	Velocidad mínima (mts/min)	Velocidad mínima (mts/min)
CPP + CPP	250	220	270
PE + PE	250	220	270
PET + PPM	110	90	130
(PET + PPM) + PE	250	220	270
(PET + PPMAB) + PE	110	90	130
PETm + PE	200	170	220
PETt + PE	150	120	170
PETt + PETm	110	90	130
(PETt + PETm) + PE	250	220	270
PPmAB + PE	150	120	170
PPt + CPP	250	220	270
PPt + PE	200	170	220
(PPt + PE) + PPM	250	220	270
PPt + PETm	110	90	130
(PPt + PETm) + PE	250	220	270
PPt + PPM	230	200	250
PPt + PPt	275	245	295

Cuadro 9: Velocidad de laminación por estructura en LAM-02

Estructura	Velocidad promedio (mts/min)	Velocidad mínima (mts/min)	Velocidad máxima (mts/min)
CPP + CPP	300	270	320
PE + PE	275	245	295
PET + PPM	110	90	130
(PET + PPM) + PE	275	245	295
(PET + PPMAB) + PE	110	90	130
PETm + PE	200	170	220
PETt + PE	200	170	220
PETt + PETm	110	90	130
(PETt + PETm) + PE	250	220	270
PPmAB + PE	150	120	170
PPt + CPP	300	270	320
PPt + PE	250	220	270
(PPt + PE) + PPM	250	220	270
PPt + PETm	125	95	145
(PPt + PETm) + PE	275	245	295
PPt + PPM	250	220	270
PPt + PPt	350	320	350

Estas tablas serían de vital importancia para la generación de una nueva forma del cálculo de eficiencia. Esto debido a dos razones principales: la primera, que se incluirá la estructura de laminación en el cálculo de eficiencia. Y la segunda razón, que se eliminará el uso de una sola velocidad para cada laminadora para el cálculo de la eficiencia. Esta única velocidad alteraba el dato de eficiencia de forma significativa, ya que incluso si se obtiene el promedio de las velocidades de las tablas presentadas con anterioridad, el valor obtenido es mayor al utilizado.

Esto generaba que los valores de eficiencia fuesen muy altos, como se pudo observar en la gráfica de eficiencia de la LAM-02.

4. Estructuración de cálculo. Se estableció, como se mencionó anteriormente, utilizar el esquema de ingreso de información que ya se venía utilizando, agregando únicamente los campos que se consideraran pertinentes. Los campos agregados tenían como objetivo aprovechar al máximo la información disponible, así como de proveer un control más detallado de la forma de operación dentro del departamento. A continuación se presenta los rubros que serían ingresados para el nuevo cálculo de la eficiencia, y posteriormente se narra la forma en la que este nuevo cálculo es realizado.

El ingreso de la información se dividió en tres grandes rubros:

- Información general del pedido
- Información de producción del pedido
- Información de Tiempo de Paros del pedido

En el caso de la información que debía ingresarse para el tiempo de paros del pedido se tomó de referencia la clasificación que establece el OEE (Overall Equipment Efficiency). A continuación se muestra la clasificación del OEE con la homologación de los rubros establecidos para el nuevo cálculo de la eficiencia:

- Tiempo Disponible = Hora de Inicio – Hora de Fin
- Tiempo de Parada Planificada = Mantenimiento Preventivo, Sin Pedido
- Tiempo de Preparación de Equipo = Cambios
- Tiempo de Parada No Planificada Por Equipos = Fallas
- Tiempo Perdido por Operación = Sin Material, Velocidad por Estructura (No es un rubro del cuadro, pero se considera al momento de realizar el cálculo)

A continuación se presentan los cuadros que compondrían el nuevo registro de operación de laminación para el cálculo de eficiencia. Se resalta en amarillo, los nuevos rubros, que serán contemplados en el registro para la mejora en el control, y que tiene como enfoque presentar un resultado de eficiencia más apegado a la realidad:

**Cuadro 10: Nuevo registro de operación de laminación para cálculo de eficiencia
(Información general)**

# de orden	Fecha	Turno	Máquina	Operador	Estructura

**Cuadro 11: Nuevo registro de operación de laminación para cálculo de eficiencia
(Información de producción)**

Hora de inicio de pedido	Hora de final de pedido	Cambios	Mts. laminados	Kgs. laminados	Mts. laminados teóricos

**Cuadro 12: Nuevo registro de operación de laminación para cálculo de eficiencia
(Información de tiempo perdido)**

Sin energía	Sin pedido	Sin material	Fallas	Sin operador	Mantenimiento preventivo

Como se mencionó con anterioridad, cada uno de los campos del nuevo registro para el cálculo de eficiencia, busca mejorar el control dentro del departamento. El motivo o aporte que brindará cada uno de los nuevos campos agregado sería el siguiente:

- # de orden: La información podrá ser analizada por pedido y comparar entre pedidos de similar peso, metraje, estructura, etc.
- Estructura: Esta variable establece la velocidad teórica a la cual debería operar la máquina, y bajo la cual se rige el nuevo cálculo de eficiencia.
- Hora de Inicio y Final de Pedido: Una vez con la velocidad teórica establecida para el pedido, es importante conocer el tiempo invertido en la producción del mismo, con el fin de conocer finalmente los metros teóricos que deberían haberse producido.
- Sin Energía, Sin Material y Sin Operador: Anteriormente en el tiempo de paros, no se registraban estas causas, por lo que se consideró conveniente incluirlos.
- Cambios: Es importante hacer una mención especial para los cambios ya que en este nuevo formato, se colocará 1, en todos aquellos pedidos a los que al final se haya efectuado un cambio de pedido.

Con los campos ya establecidos, se estructuró el cálculo de la siguiente forma, aunque manteniendo características del cálculo tradicional utilizado:

$$Eficiencia\ Modificada = \frac{Metros\ Laminados\ (Reales)}{Metros\ Teóricos\ Laminados\ Modificados} * 100\%$$

La diferencia en el cálculo se enfocó en el rubro de metros teóricos laminados; y en ligeras modificaciones a la información anteriormente utilizada:

- Duración del turno: 12 horas
- Tiempo promedio por cambio:

- Laminadora 1: 60 minutos
- Laminadora 2: 60 minutos. Este punto se modificó debido a que originalmente se buscó utilizar 45 minutos pero al ingresarlo al sistema como 0.45 no se tomó en cuenta la dimensional de horas. Lo correcto era 0.75. De igual forma, al investigar con los operadores del departamento y el supervisor, se determinó que para ambas máquinas el tiempo promedio de cambio era de una hora.
- Velocidad promedio:
 - Para la laminadora 1 y 2, la velocidad que se utilizaría, como ya se mencionó, variaría en base a la estructura, según las tablas presentadas previamente.

La fórmula mantendría una estructura muy similar, pero al ser programada en Excel, se podría asignar el tiempo promedio por cambio, y en base a la estructura establecer la velocidad teórica promedio para cada una de las laminadoras. A continuación se presenta la fórmula para Metros Teóricos Laminados Modificados, con el detalle de cada uno de los rubros utilizados:

$$MTLM = \left(\left((TF - TI) - (SE + SP + SM + F + SO + MP + (CM * TDC)) \right) * (VPPE) \right) * 60$$

MTLM: Metros Teóricos Laminados Modificado

TF: Hora de Finalización del Pedido

TI: Hora de Inicialización del Pedido

SE: Tiempo Perdido Sin Energía

SP: Tiempo Perdido Sin Pedido

SM: Tiempo Perdido Sin Material

F: Tiempo Perdido por Fallas

SO: Tiempo Perdido Sin Operador

MP: Mantenimiento Preventivo

CM: Cambio

TDC: Tiempo de Cambio de Pedido

VPPE: Velocidad Promedio por Estructura del Pedido

5. Prueba piloto de implementación de cálculo y resultados obtenidos. Con el fin de comparar el nuevo método de cálculo de eficiencia, con el cálculo utilizado, se recopiló la información de los pedidos laminados del mes de enero de 2013 al mes de abril de 2013. A continuación se presentan dos gráficas comparativas, una por máquina laminadora, en el que se comparan los porcentajes de eficiencia obtenidos por los métodos de cálculo, para los meses mencionados. Asimismo, se muestran gráficas de información que se tendría disponible, al utilizar la nueva forma de cálculo.

Gráfico 9: Comparativo de eficiencia por método de cálculo para LAM-01

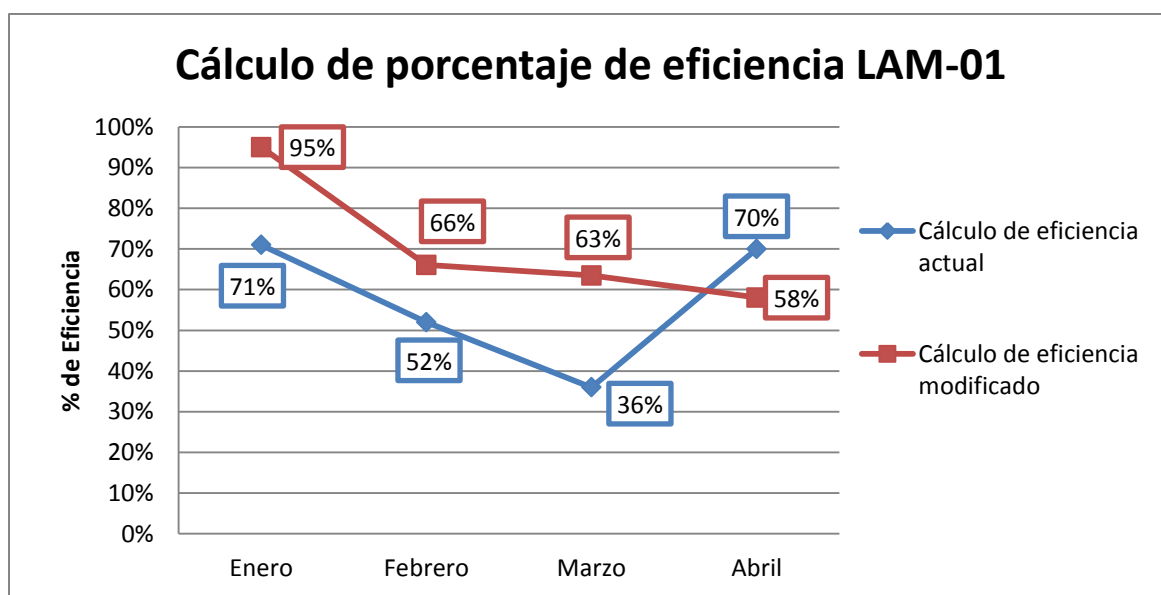
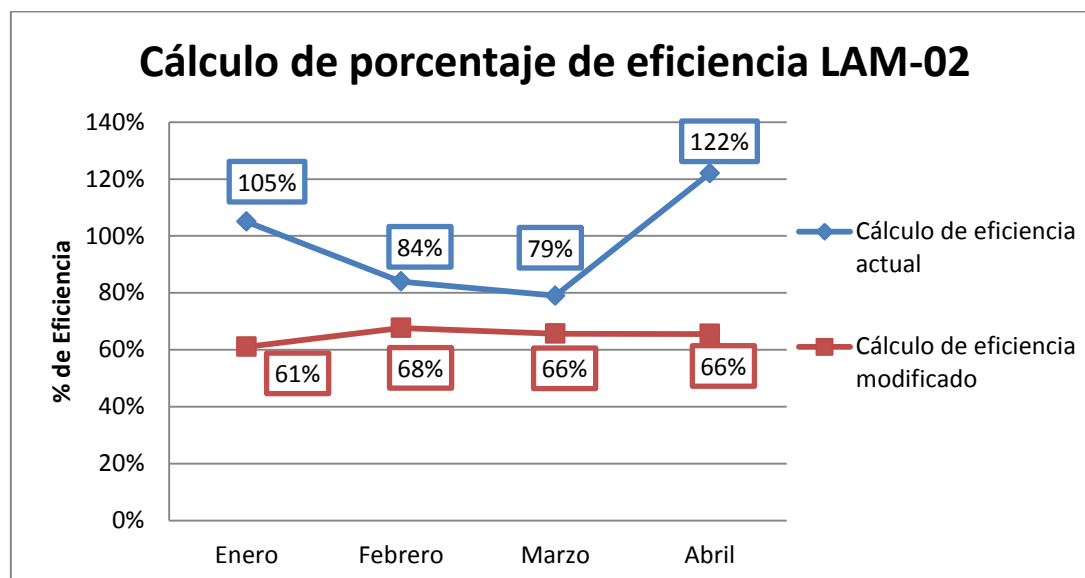


Gráfico 10: Comparativo de eficiencia por método de cálculo para LAM-02



Al comparar la eficiencia obtenida mediante el nuevo cálculo, contra el cálculo actual se puede apreciar que ambas máquinas se equilibran en términos de los valores de eficiencia. Es decir, que la oscilación que existía con el cálculo utilizado ya no se ve. Otro punto a destacar, es que bajo esta nueva forma de cálculo, ambas laminadoras presentan una eficiencia similar entre ellas. Es importante destacar, que a partir de los nuevos valores presentados, se podrían generar planes de acción enfocados en incrementar la eficiencia del departamento, y el seguimiento e impacto de estos planes, sería claramente verificable debido a que la oscilación en las gráficas con este nuevo método de cálculo ya no se está dando.

Como se mencionó anteriormente, a continuación se presentan dos gráficos, a modo de ejemplo, acerca de la información que ahora estaría disponible para el departamento; como lo es la eficiencia por estructura y la eficiencia de un pedido en específico o una serie de pedidos.

Gráfico 11: Eficiencia por estructura en LAM-01

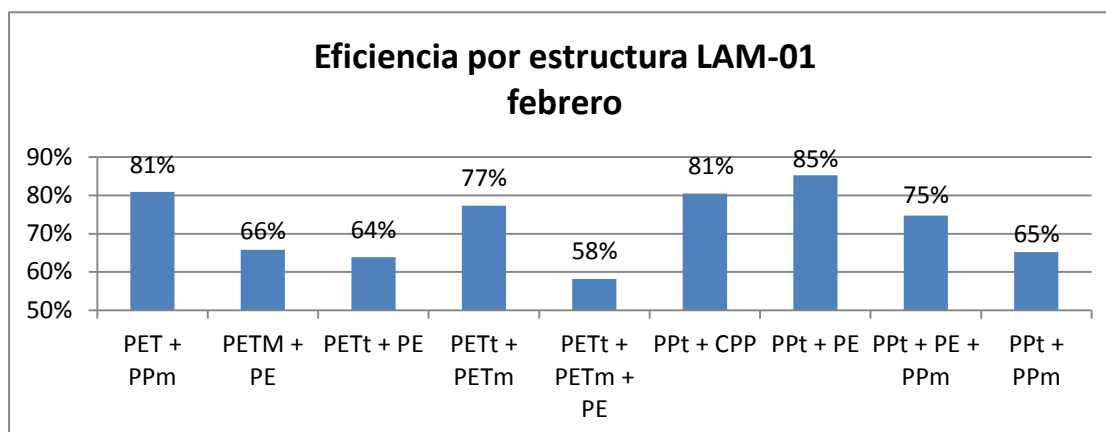
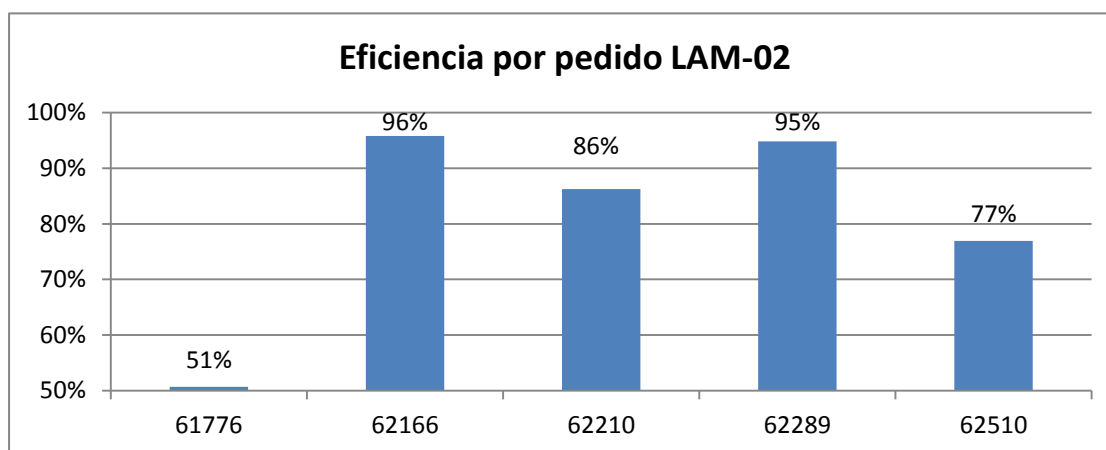


Gráfico 12: Eficiencia por pedido en LAM-02



En las gráficas presentadas, se puede apreciar, que de querer enfocar algún plan de acción para mejorar la eficiencia del departamento, se podrían tomar por ejemplo, las siguientes estructuras:

- PETt + PETm + PE
- PETm + PE
- PETt + PE
- PPt + Ppm

O también, se podría analizar, que impactó al momento de estar fabricando el pedido 61776, el cual presenta un 51% de eficiencia. Esta nueva información que estaría ahora disponible para la administración del departamento, permitiría tener un mayor control de la operación, además de regir el cálculo de eficiencia bajo parámetros objetivos, y un sistema de cálculo basado en el OEE.

C. Propuesta para la ejecución del mantenimiento del área

Una vez analizados los beneficios del mantenimiento preventivo, tras la investigación del tema, se tomó la decisión que la implementación de esta forma de mantenimiento podría realizarse en dos grandes pasos. La primer parte del proceso estaría enfocado en la puesta a punto de los equipos; lo que supondría una inversión inicial de los repuestos necesarios. La segunda parte del proceso estaría enfocada en la creación del plan de mantenimiento preventivo, y este a su vez estaría centrado en tres actividades básicas: la inspección, la limpieza y la lubricación.

La razón por la cual es importante la puesta a punto de las máquinas laminadoras es debido a que las prácticas incorrectas de operación y mantenimiento han dañado componentes importantes de las mismas, y teniendo en mente que el programa de mantenimiento preventivo presente los mayores beneficios, es importante que las máquinas se encuentren en el mejor estado inicial posible. Con el fin de poder determinar que componentes debían ser reemplazados, se realizaron diversas entrevistas con el personal encargado del mantenimiento, así como con los operadores de cada una de las laminadoras. También se incluyó a las mezcladoras de adhesivo, que son independientes de la laminadora pero un equipo periférico crítico para el funcionamiento de estas. El resultado de los componentes que era necesario reemplazar y por lo tanto adquirir, fueron los siguientes:

Cuadro 13: Componentes de laminadora y mezcladora a adquirir

Laminadora	Componente	Componente por laminadora	Inventario propuesto
Laminadora 1 y 2	Pared de teflón	10	10
	Manguera para mezcladora	1	1
	Sensor de nivel	1	1
	Tapa de protección de cabezal	1	1
	Cabezal de proporción de la mezcla	1	1
	Filtro	10	10
	Grupo tobera mezclador estático	12	12
	Cartucho portatobera	1	1
	Cuerpo cabezal	1	1

Es importante destacar que debido a la experiencia, y sugerencias obtenidas por los entrevistados, se optó por tener en inventario, algunos de los componentes y es por ello que la cantidad a adquirir en algunos casos es mayor a 1. Estos repuestos serían considerados parte de la inversión inicial, y estarían disponibles para su uso en el momento en que la inspección realizada durante el mantenimiento, revelara dicha necesidad. La compra de los mismos, se realiza directamente con el fabricante de las máquinas. A continuación se presentan dos cuadros, uno por laminadora, en el que se presenta el costo tanto unitario, como total de los componentes presentados con anterioridad. Estos, como se mencionó, representarían la inversión inicial del programa de mantenimiento preventivo.

Cuadro 14: Cotización de repuestos para Laminadora 1

Componente	Cantidad por laminadora	Costo unitario (€)	Costo total (€)
Pared de teflón	10	69.70	697.00
Manguera para mezcladora	1	1,150.00	1,150.00
Sensor de Nivel	1	390.00	390.00
Tapa de protección de cabezal	2	33.00	66.00
Cabezal de proporción de la mezcla	2	20.00	40.00
Filtro	10	10.50	105.00
Tobera mezclador estático	12	5.00	60.00
Cartucho portatobera	2	40.00	80.00
Cuerpo cabezal	1	213.00	213.00
TOTAL (€)			2,801.00

Cuadro 15: Cotización de repuestos para Laminadora 2

Componente	Cantidad por laminadora	Costo unitario (€)	Costo total (€)
Pared de teflón	10	69.70	697.00
Manguera para mezcladora	1	1,150.00	1,150.00
Sensor de nivel	1	390.00	390.00
Tapa de protección de cabezal	2	33.00	66.00
Cabezal de proporción de la mezcla	2	70.00	140.00
Filtro	10	10.50	105.00
Tobera mezclador estático	12	5.00	60.00
Cartucho portatobera	2	40.00	80.00
Cuerpo Cabezal	1	213.00	213.00
TOTAL (€)			2,901.00

La cotización de los componentes enviada por el fabricante puede ser consultada en el Anexo I y II del presente trabajo, respectivamente.

El siguiente paso se enfocó en determinar las áreas y partes del equipo en las que se debían realizar las siguientes actividades las cuales comprenderían el plan de mantenimiento preventivo:

- Inspección
- Limpieza
- Lubricación

Esto se logró mediante la revisión del manual de las máquinas y consultas a supervisores y operadores.

Para la frecuencia de ejecución de actividades se determinó los siguientes rubros:

- Turno
- Semanal
- Mensual

Dicha frecuencia, depende del componente y de las especificaciones técnicas recomendadas por el fabricante y los encargados de mantenimiento.

A continuación se establece el cuadro resumen en el que se incluyen las áreas y partes en las cuales fue segmentada la laminadora, y las actividades que debían ejecutarse, así como su frecuencia, en base diaria, semanal y mensual:

Cuadro 16: Actividades a ejecutar en las máquinas laminadoras

Área	Parte del equipo	Actividad	Frecuencia
Desbobinador y rebobinador	Guías de las placas portabobinas	Limpieza / Lubricación	Semanal
	Tornillo de traslación placa	Limpieza/ Lubricación	Semanal
	Correa de transmisión motor rebobinador	Inspección	Mensual
	Tuerca recirculación de esferas	Limpieza / Lubricación	Semanal
Columna de aplicación	Soportes corredera del transportador	Limpieza / Lubricación	Semanal
	Rodillos / Adhesivos	Limpieza	Diaria
	Correa de transmisión motor aplicación	Inspección	Mensual
	Junta articulada rodillo transportador	Limpieza / Lubricación	Semanal
	Cojinetes rodillo dosificador giratorio	Limpieza / Lubricación	Mensual

Continuación Cuadro 16: Actividades a ejecutar en las máquinas laminadoras

Área	Parte del equipo	Actividad	Frecuencia
Columna de aplicación	Casquillos de los brazos del presor engomado	Limpieza / Lubricación	Mensual
	Manga engomada	Inspección	Mensual
	Campana de aspiración / filtro	Inspección / Limpieza	Semanal
	Cojinetes rodillo aplicador	Limpieza / Lubricación	Mensual
Columna de laminación	Cojinetes rodillo laminador	Limpieza / Lubricación	Mensual
	Correa de transmisión del rodillo laminador	Limpieza / Inspección	Mensual
	Casquillos de los brazos del presor de laminación		Limpieza / Lubricación
	Presor engomado	Inspección	Mensual
	Cojinetes calandria de enfriamiento	Inspección	Mensual
	Toda la máquina	Rodillos libres	Inspección
Articulaciones esféricas de los pistones		Limpieza / Lubricación	Semanal
Pantalla		Limpieza	Diaria
Armario eléctrico	Conexiones	Inspección	Mensual
	Tableros de bornes	Inspección	Mensual
	Filtros de ventilación	Limpieza	Mensual
Área periférica	Área de laminación	Limpieza	Diaria

Debido a la importancia de la máquina mezcladora-dosificadora de adhesivo, se optó por generar un cuadro similar al anterior, en el que se incluyeran las actividades de inspección, limpieza y lubricación que debiesen ejecutarse en dicho sistema:

Cuadro 17: Actividades a ejecutar en los mezcladores-dosificadores

Máquina	Área	Actividad	Frecuencia
Mezclador-dosificador	Motores de las bombas	Inspección / Limpieza	Semanal
	Ollas	Inspección / Limpieza	Semanal
	Cabezal mezclador	Inspección / Limpieza	Semanal
	Mezclador ecodial	Inspección / Limpieza	Diaria

Una vez establecidas las partes del equipo, las actividades y la frecuencia, se procedió a diseñar tres tarjetas de ejecución, una por cada frecuencia. Esto con el fin de permitir un mayor control en términos de la ejecución del programa de mantenimiento preventivo. El formato de estas tarjetas es de checklist, con el fin de facilitar el seguimiento de las actividades ejecutadas. Asimismo, dentro de estas tarjetas se incluyó los insumos y herramientas que serían necesarias, con el fin de reducir el tiempo de ejecución de estas actividades, al evitar tiempo muerto en la búsqueda de los implementos.

A continuación se presenta el formato de las tarjetas mencionadas:

Ilustración 9: Tarjeta de control para actividades de mantenimiento por turno

Actividades por Turno						
¿Tengo los siguientes insumos y herramientas ubicados y a la mano?						
Solvente	<input type="checkbox"/>	Wipe	<input type="checkbox"/>	Escobas	<input type="checkbox"/>	
Trapos	<input type="checkbox"/>	Acetato	<input type="checkbox"/>	Punzón	<input type="checkbox"/>	
¿Ya ejecuté estas actividades?						
Máquina	Área	Parte del equipo	Actividad	Ejecución	Insumos y Herramientas	Hora
Laminadora 1	Columna de aplicación	Rodillos / Adhesivos	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Solvente, wipe	
	Toda la máquina	Pantalla de Controles	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Wipe	
	Área Periférica	Área de Laminación	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Escobas, Trapos	
Laminadora 2	Columna de aplicación	Rodillos / Adhesivos	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Solvente, wipe	
	Toda la máquina	Pantalla de Controles	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Wipe	
	Área Periférica	Área de Laminación	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Escobas, Trapos	
Mezclador-Dosificador	Mezclador Ecodial		Inspección y Limpieza	<input type="checkbox"/>	Wipe, Acetato, Punzón	
_____			_____			
Fecha			Firma de Supervisor			

Las tarjetas de control para las actividades de frecuencia semanal, y frecuencia mensual pueden ser observadas en el Anexo IV y V del presente trabajo, respectivamente.

Finalmente, la forma de validar, los resultados obtenidos mediante la implementación de este nuevo sistema, estaría basado en la comparación de los indicadores presentados por el departamento de mantenimiento. Mediante este nuevo sistema, se esperaría tener un incremento en el MTBF, cuya meta está establecida en 250 horas, y un decremento en los tiempos muertos generados por fallas en el equipo, los cuales actualmente, están en promedio de 29.7 horas/mes.

D. Propuesta para el abastecimiento de adhesivo en el proceso

Las gráficas de consumo de adhesivo presentadas en la sección de situación actual del proceso, mostraban características interesantes, como lo es que el consumo de los adhesivos es muy variable. Pero, un factor que llamó la atención fue que los pedidos de adhesivo se efectuaban de forma constante cada tres meses. A continuación se presentan dos gráficas en las cuales se muestran las compras de adhesivo realizadas:

Gráfico 13: Compras de adhesivo NV realizadas por el departamento de Laminación

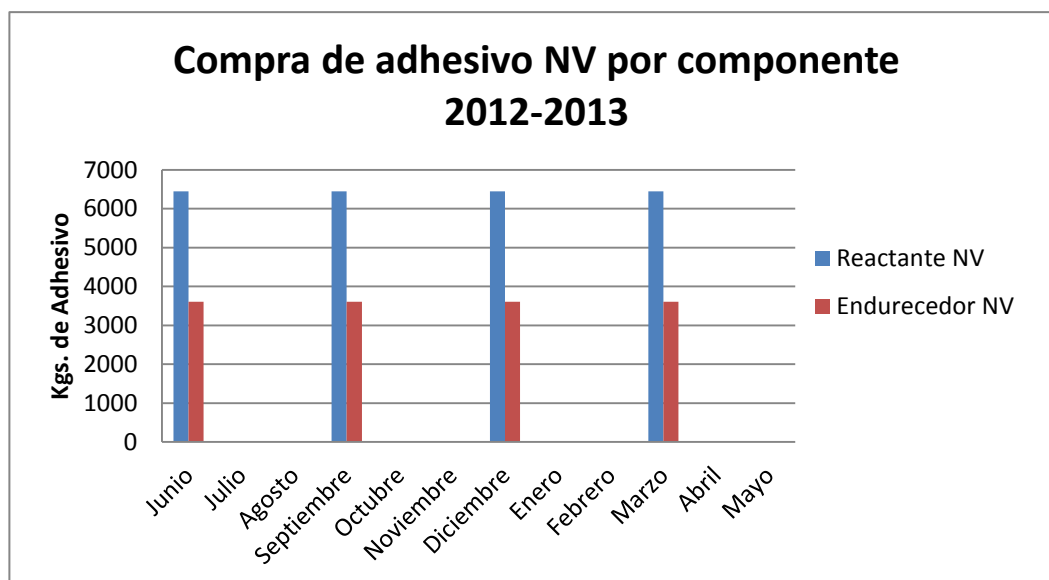
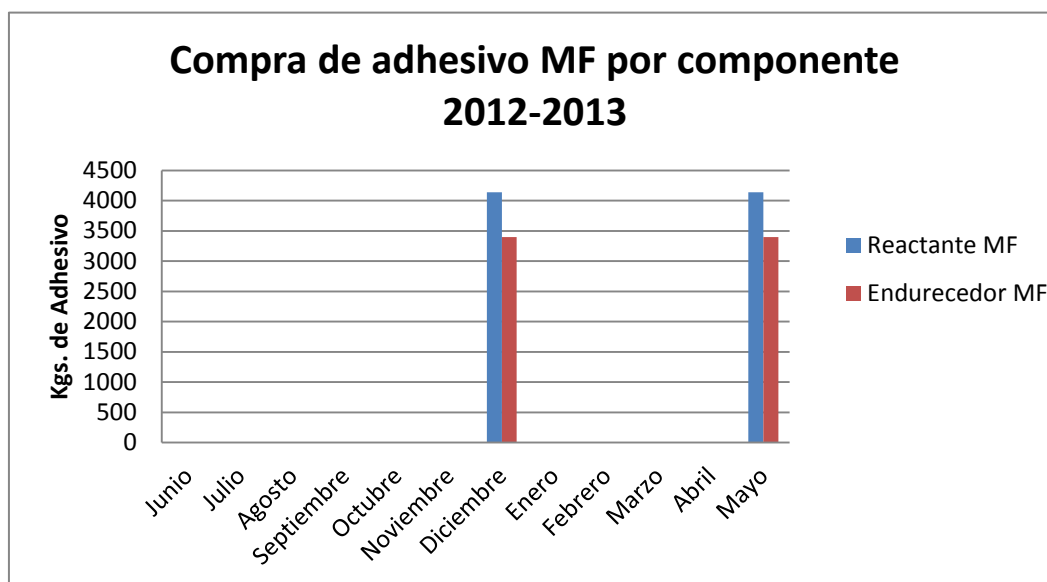


Gráfico 14: Compras de adhesivo MF realizadas por el departamento de Laminación



Esto demostraba, que no se tenía un análisis detallado de la demanda de adhesivo. Fue por ello que se decidió generar un plan de control para el abastecimiento de adhesivo, pero para ello era importante conocer cierta información, y en base a esta determinar la forma en que estaría estructurado el sistema. Dentro de la información que se deseaba conocer estaba la siguiente:

1. Promedio mensual de consumo de adhesivo (Por tipo de adhesivo)
2. Existencia de Adhesivo
3. Forma de registro de altas y bajas en bodega de adhesivo
4. Tiempo de entrega del adhesivo por parte del proveedor
5. Costo Unitario de cada tipo de adhesivo por sus componentes
6. Consumo estimado de adhesivo por pedido

Tras haber establecido la información requerida, se procedió a recopilar la misma. A continuación se detallan los hallazgos, y las nuevas inquietudes que surgieron, para posteriormente, presentar el método propuesto para el manejo del sistema de inventario de adhesivo.

Para el cálculo del promedio mensual de consumo, se utilizó las gráficas de consumo presentadas anteriormente, y se realizó un promedio aritmético.

Cuadro 18: Consumo promedio de adhesivo por componente

Adhesivo por componente	Consumo promedio mensual (kgs.)
Resina NV	4,680
Endurecedor NV	2,600
Resina MF	1,240
Endurecedor MF	1,000

Posteriormente, se realizó un acercamiento con el área de bodega, con el fin de recopilar la información de los puntos 2 y 3. El inventario de adhesivo a la fecha de 1 de mayo de 2013, era el presentado en la Tabla No.7: Inventario de adhesivo por componente.

En el departamento de bodega de materia prima, cada vez que ingresaba un lote de adhesivo a la bodega, la cantidad era registrada inmediatamente en una hoja de cálculo de Excel, en la cual se documenta, para todos los materiales de bodega su existencia. Las salidas de inventario se registraron al momento de entregar los tanques de adhesivo al departamento de laminación. El departamento realizaba una solicitud de materiales y estos eran entregados directamente en el área de producción. Una vez allí, era firmada una hoja de recepción del material en la cantidad solicitada, y con esta forma se realizaban los respectivos descuentos en la hoja de Excel de registros. Esta información se encontraba disponible para cualquier persona que deseara consultarla; y por lo tanto se tenía información acerca de los ingresos, de las salidas y de las existencias del material.

Para los puntos 4 y 5, era necesario contactar directamente con el departamento de compras, con el fin de obtener la información más exacta posible

acerca del tiempo de entrega de los proveedores de adhesivo, y el costo unitario del producto. Como respuesta, se obtuvo que, a partir de la fecha en que se colocaba la orden de compra, le tomaba al proveedor un mes aproximadamente en entregar el producto directamente en la empresa. En cuanto a los costos unitarios de los componentes, estos son presentados a continuación:

Cuadro 19: Costos unitarios por componente de adhesivo

Adhesivo por componente	Costo (\$/kg)
Resina NV	4.60
Endurecedor NV	4.05
Resina MF	6.08
Endurecedor MF	4.98

En los anexos V y VI del presente trabajo, se encuentran las cotizaciones, de las cuales fue obtenida la información presentada con anterioridad. Se hace la aclaración que alguna de la información fue removida de las cotizaciones, con el fin de guardar la privacidad de la empresa y los insumos que utiliza.

Para el punto 6, se deseaba obtener el consumo promedio de adhesivo por pedido. El primer acercamiento para obtener esta información fue tomar el consumo de adhesivo por mes, y para cada uno de esos meses determinar la cantidad de pedidos laminados. Pero al realizar una investigación más a fondo, se encontró que para cada estructura de laminación, existía un aporte de adhesivo en gramos por metro cuadrado. Esta información, junto con características particulares de cada pedido como por ejemplo, los metros totales a laminar y el ancho de laminación, permitiría calcular el consumo teórico que se tendría por pedido. Entonces, partiendo de esta premisa, y con el conocimiento que la programación de pedidos se realizaba con aproximadamente tres meses de anticipación, se podría proyectar el consumo teórico de adhesivo, y con esto mejorar la administración de este insumo, y controlar la forma de abastecimiento.

A continuación se presenta el cuadro que contiene el aporte de adhesivo por estructura utilizado²:

Cuadro 20: Aporte de adhesivo por estructura de laminación

Estructura	Aporte de adhesivo promedio $\left(\frac{g}{m^2}\right)$	Aporte de adhesivo mínimo $\left(\frac{g}{m^2}\right)$	Aporte de adhesivo máximo $\left(\frac{g}{m^2}\right)$
CPP + CPP	3.00	2.90	3.10
PE + PE	2.70	2.60	2.80
PET + PPm	3.60	3.50	3.70
(PET + PPm) + PE	3.60	3.50	3.70
(PET + PPmAB) + PE	3.60	3.50	3.70
PETm + PE	3.60	3.50	3.70
PETt + PE	4.50	4.40	4.60
PETt + PETm	4.50	4.40	4.60
(PETt + PETm) + PE	4.50	4.40	4.60
PPmAB + PE	3.60	3.50	3.70
PPt + CPP	3.00	2.90	3.10
PPt + PE	3.00	2.90	3.10
(PPt + PE) + PPm	3.00	2.90	3.10
PPt + PETm	3.75	3.65	3.85
(PPt + PETm) + PE	3.00	2.90	3.10
PPt + PPm	3.75	3.65	3.85
PPt + PPt	3.00	2.90	3.10

Como paso siguiente se procedió a crear un programa que como resultado devolviera el consumo proyectado teórico de adhesivo, pero en base a la producción real del departamento. En este punto, es importante destacar que la

² El aporte de adhesivo ha sido alterado por un factor por motivos de confidencialidad de la empresa.

proporción utilizada de resina y endurecedor varía según el tipo de adhesivo. Para el adhesivo NV, la relación es 0.62 de endurecedor por 1 de resina; mientras que para el adhesivo MF, la relación es 0.94 de endurecedor por 1 de resina.

Para poder calcular el consumo de adhesivo según el tipo, se generó la siguiente fórmula:

$$CA = \left(\left(\frac{AP}{1000} \right) * MP * AA \right) / 1000$$

CA: Consumo de adhesivo en kilogramos

AP: Ancho del Pedido en milímetros

MP: Metros del Pedido

AA: Aporte de Adhesivo en gramos por metro cuadrado (Varía según tipo de adhesivo)

Y debido a que la relación de los componentes por tipo de adhesivo era conocida, se podría calcular, en base al consumo de adhesivo, el consumo por componente. Esta fórmula fue ingresada en un archivo de Excel, el cual se actualizaba de forma automática al momento en que el departamento de planificación ingresaba un nuevo pedido. A continuación se presenta el esquema de la tabla creada en Excel para el cálculo, y la información que alimentaba al archivo.

Cuadro 21: Programa de consumo de adhesivo por pedido

Fecha	# de orden	Estructura	Ancho del pedido (mm)	Metros a laminar	Tipo de adhesivo	Relación de adhesivo		Cantidad teórica de consumo de adhesivo (kgs.)	Consumo de resina teórico (kgs.)	Consumo de endurecedor teórico (kgs.)
						R	E			

Este archivo en Excel, genera de forma automática la relación de adhesivo, en base al tipo de adhesivo que hubiese sido ingresado. Para realizar el cálculo de Resina Teórico, se ingresó la siguiente fórmula:

$$CR = CA/(R + E)$$

CR: Consumo de Resina Teórico

CA: Consumo de adhesivo en kilogramos

R: Relación de adhesivo de Resina

E: Relación de adhesivo de Endurecedor

Y finalmente, para el cálculo del consumo de endurecedor teórico, únicamente se tomaba el valor encontrado con la fórmula anterior y se multiplicaba por la relación de adhesivo de endurecedor.

Con el fin de realizar pruebas con el sistema diseñado, se tomó la información que se encontraba en el sistema de la empresa, la cual contenía los pedidos programados hasta el mes de agosto de 2013. Es importante mencionar, que en este programa ingresaban todos los pedidos que debían ser producidos y si existían pedidos atrasados, seguirían apareciendo. Los datos presentados fueron obtenidos durante el mes de abril de 2013. Mediante, el uso de una tabla dinámica se administró la información generada por la tabla creada en Excel. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Cuadro 22: Consumo proyectado de adhesivo

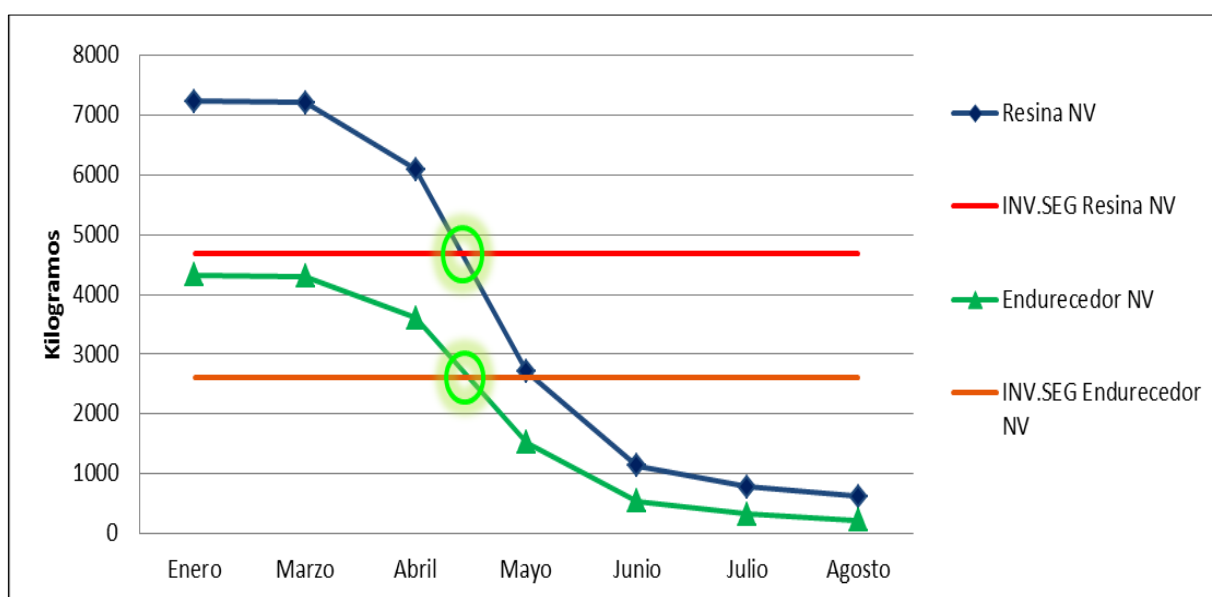
Mes	Cantidad teórica de consumo de adhesivo (Kgs.)	Consumo resina teórica (Kgs.)	Consumo endurecedor teórico (Kgs.)
Enero	120.5	74.4	46.1
NV	120.5	74.4	46.1
Marzo	55.8	33.2	22.6
MF	12.2	6.3	5.9
NV	43.5	26.9	16.7
Abril	2185.4	1311.2	874.2
MF	371.3	191.4	179.9
NV	1814.1	1119.8	694.3
Mayo	7554.4	4451.9	3102.5
MF	2075.4	1069.8	1005.6
NV	5479.0	3382.1	2096.9
Junio	2671.2	1636.7	1034.5
MF	119.7	61.7	58.0
NV	2551.5	1575.0	976.5
Julio	567.2	350.1	217.1
NV	567.2	350.1	217.1
Agosto	255.8	157.9	97.9
NV	255.8	157.9	97.9

Debido a que la información presentada fue en base a proyecciones, el sistema está sujeto a pruebas en base al consumo real y la diferencia entre la proyección y dicho consumo. Al momento de la presentación de la propuesta no se contaba con la información de consumo de adhesivo real para los meses presentados.

Se puede apreciar que para el mes de julio y agosto, el consumo de adhesivo no será tan elevado como en los meses anteriores, esto se debe a que la programación de la producción del departamento se realiza con tres meses de anticipación, por la cual los pedidos para esos meses serían ingresados en su totalidad, más adelante. Una vez conocida la proyección de consumo de adhesivo, además de la existencia en inventario, se podría proceder a calcular la forma en la que se iría agotando el inventario, y en base a esta información, establecer el momento en el cual realizar la compra de adhesivo.

Se estableció entonces, dentro de la propuesta para la compra de adhesivo, que para evaluar las mejoras del sistema propuesto se podría comparar la que en teoría es la forma de compra actual (en base a consumo promedio) y la propuesta (en base a plan de producción). En la gráfica que se presenta a continuación se resalta en círculos verdes el momento en que el jefe de compras efectuaría la compra debido a que su inventario de seguridad sería el consumo promedio, pero al observar la gráfica del consumo de adhesivo proyectado, se puede observar que la existencia actual del mismo podría cubrir pedidos hasta el mes de agosto, y por lo tanto en este caso en específico, se incurriría en un sobreabastecimiento.

Gráfico 15: Tendencia de existencia en inventario proyectado de NV por Componente en 2013



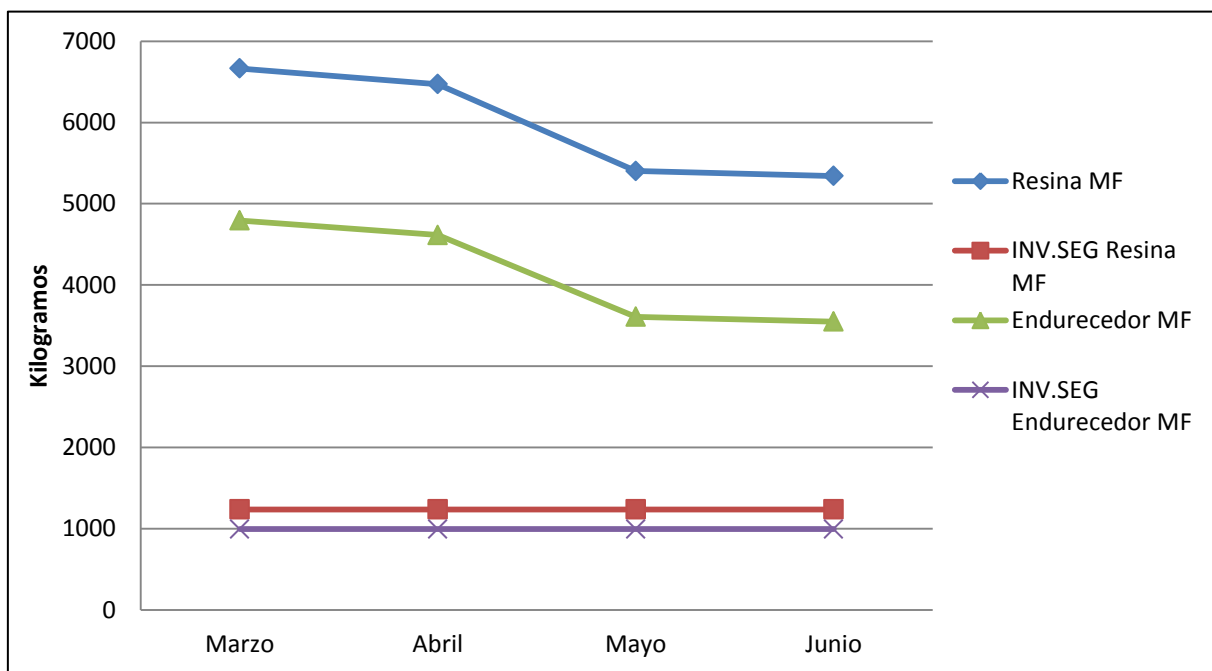
Con el fin de facilitar a la administración la decisión de compra de adhesivo, se crearía un indicador tipo semáforo que marcará, en base al consumo proyectado y la existencia en bodega de adhesivo, si se debía realizar la compra. La cantidad a ordenar, estaría basada en la proyección de producción de los siguientes meses tomando en cuenta que el “lead time” era de un mes.

Debido a que toda la información era descargada de forma automática del sistema, el tiempo invertido en la toma de decisión de compra sería mínimo; y debido a que los datos generados provendrían directamente de las fuentes de origen, la confiabilidad y exactitud de los datos sería alta.

El método de cálculo está basado en la cantidad proyectada de consumo y por lo tanto el máximo, mínimo y recompra de adhesivo está determinada en términos de producción del mes inmediato anterior y los siguientes. Es decir, el inventario máximo debiese ser la cantidad de adhesivo a utilizar en base a la producción del mes actual más la cantidad de adhesivo a utilizar en base a la producción de los dos meses siguientes. La cantidad mínima debiese ser la cantidad a utilizar de adhesivo en el mes actual más la cantidad a utilizar en el mes inmediato siguiente. Finalmente la cantidad de recompra debiese ser la cantidad de adhesivo a utilizar en el mes inmediato siguiente. Como se mencionó con anterioridad, no se define un valor específico de adhesivo a adquirir y mantener en inventario ya que cada mes la producción, y por tanto la cantidad de adhesivo a utilizar varía.

A continuación se presenta la gráfica, estructurada de la misma forma que la anterior, únicamente que para el otro tipo de adhesivo que se utiliza, para tener de referencia su utilidad. Se resalta, que en esta gráfica aún no se alcanzaría el criterio establecido por el jefe de compras para efectuar la compra de adhesivo.

Gráfico 16: Tendencia de existencia en inventario proyectado de MF por componente en 2013



A continuación se muestra el cuadro que sería implementado en el tablero de control del departamento, con el fin de dar visibilidad a la administración de forma completa acerca del comportamiento del adhesivo:

Cuadro 23: Cuadro control de adhesivo

Fecha de actualización	Adhesivo por componente	Cantidad de adhesivo en Inventario (Kgs.)	Consumo - inventario (Inventario al final del último mes) (Kgs.)	Decisión
01/04/2013	NV Resina	7310	624	PEDIR
01/04/2013	NV Endurecedor	4370	225	PEDIR
01/04/2013	MF Resina	6670	5,341	NO PEDIR
01/04/2013	MF Endurecedor	4800	3,551	NO PEDIR

El cuadro anterior, descarga la información de forma automática, y a su vez marca de color rojo, verde o amarillo, dependiendo el mensaje que esté desplegado. El color verde indica que la cantidad en inventario es la correcta, el amarillo indica que la cantidad en inventario se está aproximando a la cantidad mínima recomendable, y el rojo indica que se debe realizar el pedido de adhesivo inmediatamente.

De igual forma el mensaje es desplegado de forma automática en base a la comparación entre el rubro “Consumo-Inventario”, y el valor ingresado como inventario de seguridad. El consumo proviene de las proyecciones en base a la producción, mientras que la cantidad de adhesivo en inventario proviene directamente del archivo del área de bodega.

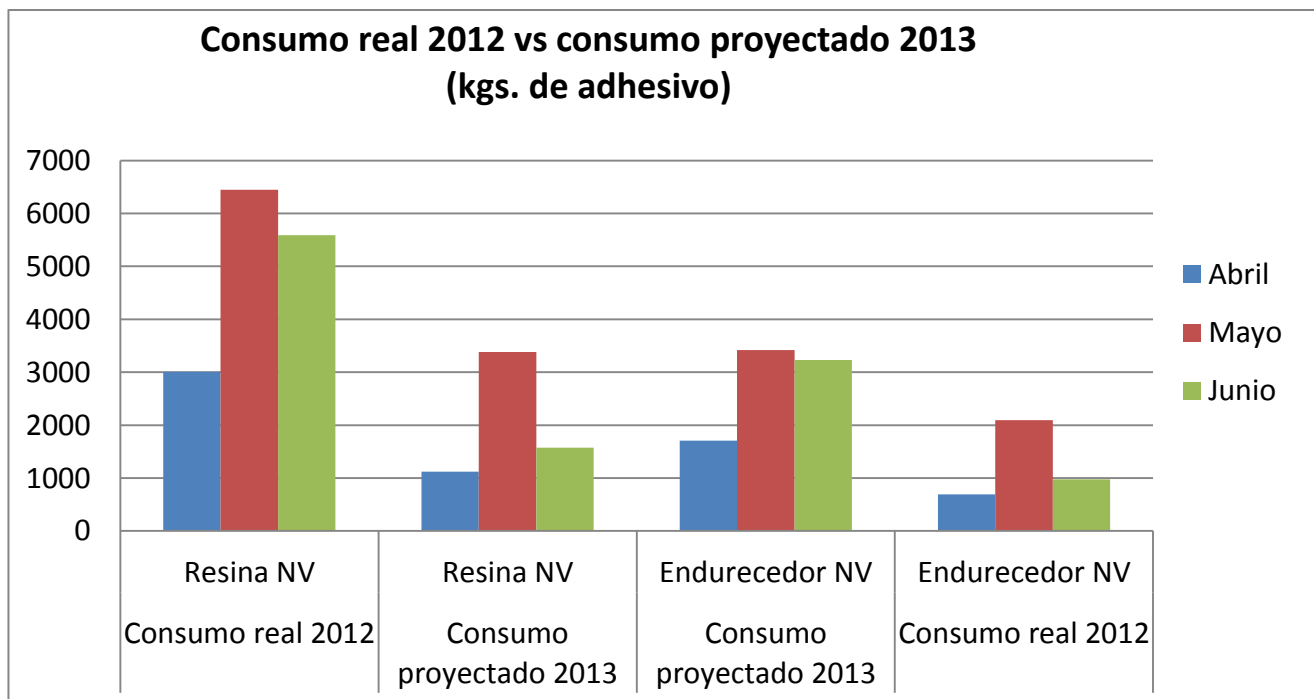
El uso tanto de las gráficas, como del cuadro de control anterior, permitirían realizar la toma de decisión. Por ejemplo, en base al cuadro se puede determinar la necesidad que existe de comprar adhesivo del tipo NV, y en base a las gráficas se establece que el pedido podría ser colocado entre los meses de abril y mayo, al ingresar al inventario de seguridad, o realizar la orden de compra en junio, tomando en consideración que con la existencia actual se podrían cubrir los pedidos hasta inicios del mes de julio. Para los meses de julio y agosto aún no están programados la totalidad de los pedidos, por lo que es importante considerar que su valor será mayor que el establecido hasta el momento. Se definió el consumo promedio mensual como inventario de seguridad, con el fin de tener un valor de referencia ya que según el gestor de compras, este era su punto de referencia para efectuar las adquisiciones de adhesivo. Pero gracias a la forma de cálculo, la decisión de cuánto y cuándo realizar la compra, puede variar en base a la cantidad de adhesivo en inventario y el consumo proyectado.

Por ejemplo, con la cantidad actual de adhesivo se podría cubrir los pedidos de producción hasta el mes de agosto, entonces se podría optar por

realizar la compra durante el mes de junio. En ese mes, ya se tendría la proyección de consumo completa para los meses de julio, agosto, septiembre, y por lo tanto en base a esto se podría tomar la decisión de la cantidad a solicitar, tomando en cuenta el mes que toma la recepción del producto a partir de la emisión de la orden de compra.

Un punto de gran importancia radica en la comparación del consumo real de adhesivo contra el consumo proyectado de adhesivo. Se tomó como referencia la resina y el endurecedor del adhesivo NV y se observó que el consumo real de adhesivo es mucho mayor para el año anterior, que para los mismos meses del año siguiente en los que se proyectó el consumo. A continuación se presenta una gráfica que muestra este comportamiento.

Gráfico 17: Consumo real de adhesivo 2012 vs. consumo proyectado de adhesivo 2013



No tener un buen manejo de inventario, y realizar las compras de los insumos sin criterios bien fundamentados, puede derivar en un mal manejo de los mismos. Por ejemplo, se podría estar consumiendo más adhesivo por pedido de lo que se debería debido a fallas en el sistema de dosificación, pero ya que no se lleva un control adecuado del consumo por pedido, esta información no se conoce. Un buen manejo de inventario arroja luz sobre muchos problemas, que al mantener gran cantidad de inventario están ocultos. Es por ello que, se considera realizar un pedido de adhesivo mensualmente, con el fin de lograr reducir al máximo el inventario de adhesivo en bodega. En un mediano plazo, se espera hacer una negociación con el proveedor para lograr un sistema de inventarios “Just in Time”, lo cual utilizando el programa diseñado, se podrá realizar el cálculo exacto del consumo por pedido, día, máquina, entre otros; y compartiendo este cuadro con el proveedor, el podrá organizar sus despachos y conocer la forma en la que se comportará la demanda. Un mal manejo de inventarios en este sentido puede derivar en consecuencias financieras negativas para la empresa, como lo es la falta de liquidez, activos obsoletos y activos en inventario cuyo valor de mercado sea menor al original.

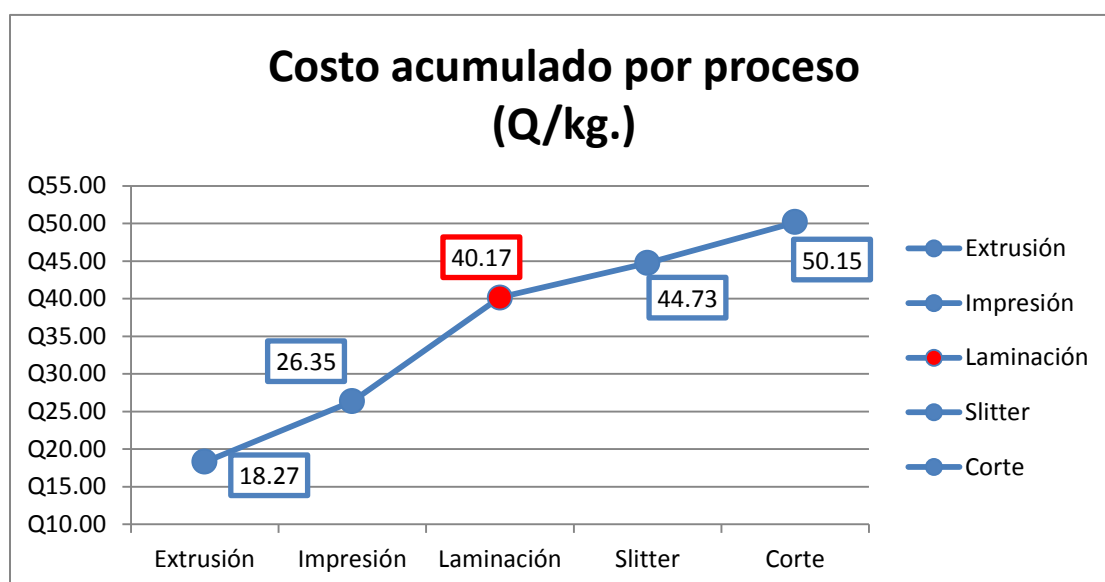
Este método de cálculo permite utilizar la información disponible y por lo tanto, la forma de abastecimiento de adhesivo estaría basada directamente en el programa de producción del departamento, logrando de esta forma minimizar los costos por un exceso de inventario en bodega, o la falta de adhesivo para la producción. Este es un modelo, que empieza a utilizar los principios del “Justo a Tiempo”; aunque si bien es cierto, aun no se logra eliminar del todo los inventarios de seguridad en el departamento, mediante el uso de este programa se daría un paso concreto en esa dirección.

E. Análisis financiero

Dentro del proceso de fabricación de un empaque flexible, el proceso después de la extrusión que agrega mayor costo al producto final es la laminación. Esto se debe a que en este proceso se unen las dos películas las cuales pueden ser, dos películas provenientes

de los procesos anteriores (extrusión e impresión) o con una película comprada. Además está costo en el que se incurre por el adhesivo utilizado. El costo por kilogramo de producto laminado es en promedio de Q40.17; este valor equivaldría entonces a un kilogramo de desperdicio de material laminado. A continuación se presenta una gráfica en la que se muestra el costo acumulado por proceso en la fabricación de un empaque flexible.

Gráfico 18: Costo acumulado por proceso de fabricación del empaque flexible



El análisis financiero del presente trabajo fue dividido en tres partes: la primer parte del análisis se enfocó en el cálculo de la TMAR, utilizando el CAPM (Capital Asset Pricing Model). La segunda y tercer partes del análisis estuvieron enfocadas en la evaluación financiera de las propuestas de mantenimiento y de surtido de adhesivo, respectivamente.

En el caso de la primera propuesta de mejora, el cambio en la forma de medición de eficiencia, no se realizó un análisis financiero. Esto se debió principalmente a que la propuesta no representaría en sí un beneficio económico. Los planes de acción derivados

de la información obtenida del nuevo sistema de eficiencia, sí podrían generar beneficios económicos, pero no la implementación del nuevo sistema en sí.

El motivo por el cual las propuestas de mejora para la ejecución del mantenimiento y el surtido de adhesivo fueron analizadas de forma independiente, fue debido a que se deseaba conocer su impacto de manera individual. Ya que al mezclar las propuestas podría darse que en general no fuese rentable la decisión, pero no se sabría si una de las dos sí era rentable. Caso contrario, al analizarlas por separado, se podría determinar la rentabilidad de cada una, e implementar la que fuese rentable, o de ser ambas rentables, proceder a la implementación de ambas.

Los análisis financieros de las propuestas utilizarán los criterios de la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN) y la razón Costo/Beneficio Modificada (B/C). Los criterios de evaluación entonces serán los siguientes:

- $VPN > 0$
- $TIR > TMAR$
- $B/C \geq 1$

El costo presentado varía en base a la estructura laminada pudiendo llegar a alcanzar el valor de Q48.00 por kilogramo; pero el valor presentado con anterioridad, es el monto utilizado para el costeo que realiza la empresa.

Como período de vida de las propuestas se establecieron 12 meses; esto debido a que es tiempo suficiente para evaluar su impacto en las operaciones de la empresa, además de permitir tomar decisiones a corto plazo.

1. Cálculo de la TMAR. Utilizando la fórmula presentada en el marco teórico del presente trabajo, para el cálculo de la TMAR, el resultado obtenido fue el siguiente:

TMAR = 26.75% anual

TMAR = 2.23% mensual

Los valores para cada uno de los factores del cálculo de la TMAR fueron los siguientes:

- 5.00% = Bonos del Tesoro del Banco de Guatemala (Ministerio de Finanzas Públicas, 2013)
- 15.61% = Tasa de retorno esperada
- 2.05 = Sensibilidad del rendimiento de los activos

Se utilizó los bonos del tesoro del Banco de Guatemala, como tasa libre de riesgo con el objetivo de adaptar la TMAR, al país en el cual se encuentra la empresa bajo estudio. En el caso de la tasa de retorno esperada, y la sensibilidad del rendimiento de los activos, se tomó la información para el sector industrial de empaques y contenedores; esto tomando en cuenta el giro principal del negocio bajo estudio.

La TMAR obtenida, sería utilizada para realizar las evaluaciones individuales de las dos propuestas, mediante la comparación de este valor con la TIR de las propuestas. Debido a que la TMAR es capitalizable anual, y el período de capitalización del proyecto es mensual, la TMAR fue convertida a tasa mensual, y su valor por lo tanto fue de 2.23%.

2. Análisis financiero de propuesta de mantenimiento. De acuerdo a la investigación realizada para el presente trabajo, se observó que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, podría mejorar la productividad hasta en un 25%.

Se determinó que debido a ser el primer año de implementación, y las distintas dificultades que se encontrarían, el beneficio sería únicamente una cuarta parte de dicho valor (6.25%). Tomando este valor como base, y las horas/mes

promedio de paro de máquina, además del costo de un kilogramo de producto laminado y la velocidad promedio de operación, se calculó el ahorro promedio mensual estimado que la propuesta generaría.

Se destaca que se utilizó la nueva velocidad promedio, según el estudio presentado en este trabajo, ya que esta velocidad se ajusta a la velocidad de operación real del departamento. Además de estar alineada a la capacidad de la maquinaria. Asimismo, y debido a que el valor de mejora de la productividad (25%) podría variar, tanto a valores mayores como menores, se realizó un análisis de sensibilidad para determinar el impacto que tendría sobre la propuesta esta variación.

A continuación se presenta una tabla que resume los valores utilizados para el análisis financiero de la presente propuesta:

Cuadro 24: Información para propuesta de mantenimiento

Rubro	Valor
Reducción de tiempos muertos por fallos de máquina	6.25% equivale a 1.86 horas/mes
Costo por kilogramo laminado	Q40.17/kg
Velocidad promedio de operación	211 m/min equivale a 7.59 kg/min
Reducción del desperdicio	847 kg/mes
Ahorro proyectado mensual	Q34,025.76
Inversión Inicial	Q61,724.18
Gastos de operación mensuales	Variables

Para la inversión inicial presentada con anterioridad, en la sección de propuesta de mantenimiento, se utilizó la tasa de cambio de Euros a Quetzales de €1.00 por Q10.59. Para el rubro de inversión inicial, se incluyó la primera compra de los insumos/herramientas que serían utilizados. El listado que incluyó esta

compra se encuentra en el cuadro que presenta el desglose de los gastos de operación de la propuesta de mantenimiento.

En el caso de los gastos de operación mensuales se consideran los insumos a utilizar en el proceso, pero se excluyen los costos de mano de obra debido a que independientemente de la implementación del programa o no, este se seguiría pagando. A continuación se presenta un desglose de los insumos a adquirir por el departamento, los cuales son obtenidos de los cuadros de planificación de mantenimiento, junto con su respectivo monto.

Cuadro 25: Desglose de gastos de operación de propuesta de mantenimiento

Rubro	Costo unitario	Consumo	Tiempo de recambio
Solvente	Q60.00/gal	1 galón	1 mes
Wipe	Q2.50/lb	20 libras	1 mes
Acetato	Q200/gal	1 galón	1 mes
Tropos	Q20.00/tonel	2 toneles	1 mes
Escobas	Q25.00/unidad	2 unidades	2 meses
Punzón	Q15.00/unidad	4 unidades	6 meses
Aceite	Q50.00/litro	6 litros	1 mes
Espátula	Q45.00/unidad	4 unidades	6 meses
Cinta	Q30.00/rollo	2 rollos	1 mes
Juego de Desarmadores	Q150.00/juego	2 juegos	6 meses
Aire Comprimido	Q20.00/libra	2 libras	1 mes
Grasa 1	Q925.00/cubeta	1 cubeta	1 mes

Debido a que el tiempo de recambio de los insumos presentados variaba dependiendo de cuál fuese, los gastos de operación variaban mes con mes.

Para el análisis puntual de la propuesta, se obtuvo el estado de resultados y el flujo de efectivo. Ambos estados financieros son presentados a continuación, y posteriormente se presentan un cuadro resumen con los resultados de las evaluaciones efectuadas (TIR, VPN, y B/C).

Cuadro 26: Estado de resultados para propuesta de mantenimiento

MES	1	2	3	4	5	6
Ingresos	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76
Gastos de operación	Q0.00	-Q1,725.00	-Q1,675.00	-Q1,725.00	-Q1,675.00	-Q2,265.00
Depreciación	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Utilidad bruta -ingreso gravable	Q34,025.76	Q32,300.76	Q32,350.76	Q32,300.76	Q32,350.76	Q31,760.76
Impuestos	-Q10,547.98	-Q10,013.23	-Q10,028.73	-Q10,013.23	-Q10,028.73	-Q9,845.83
Utilidad neta	Q23,477.77	Q22,287.52	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q21,914.92

MES	7	8	9	10	11	12
Ingresos	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76	Q34,025.76
Gastos de operación	-Q1,675.00	-Q1,725.00	-Q1,675.00	-Q1,725.00	-Q1,675.00	-Q2,265.00
Depreciación	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Utilidad bruta -ingreso gravable	Q32,350.76	Q32,300.76	Q32,350.76	Q32,300.76	Q32,350.76	Q31,760.76
Impuestos	-Q10,028.73	-Q10,013.23	-Q10,028.73	-Q10,013.23	-Q10,028.73	-Q9,845.83
Utilidad neta	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q21,914.92

Cuadro 27: Flujo de efectivo acumulado para propuesta de mantenimiento

MES	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad (pérdida) neta		Q23,477.77	Q22,287.52	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q21,914.92
Inversión inicial	-Q62,649.18						
FEDI	-Q62,649.18	Q23,477.77	Q22,287.52	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q21,914.92

MES	7	8	9	10	11	12
Utilidad (pérdida) neta	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q21,914.92
Inversión inicial						
FEDI	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q22,287.52	Q22,322.02	Q21,914.92

Cuadro 28: Resumen de resultados para propuesta de mantenimiento

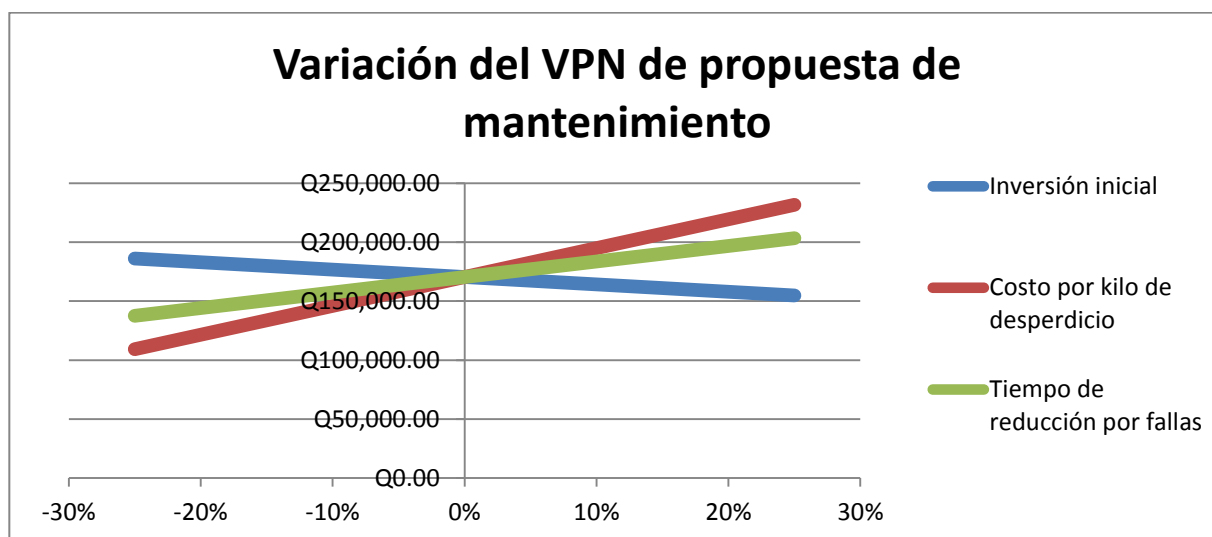
Indicador	Resultado	Criterio
TIR	35%	TIR > TMAR (2.23% mensual)
VPN	Q170,465	VPN > 0
Razón B/C	5.39	B/C ≥ 1

En base a los criterios de evaluación financiera establecidos, la propuesta de mantenimiento es económicamente factible, y por lo tanto se considera que su implementación sería de gran beneficio para el área, y para la empresa. Dicho beneficio será económico, pero a su vez fortalecerá el control del área e impactará de forma positiva la gestión del departamento.

Sobre los resultados proyectados del primer año se espera una mejora en el segundo año de implementación del programa, lo que redundaría en un mayor ahorro generado por la propuesta. Es importante destacar que este es un primer paso básico en la mejora de la gestión de mantenimiento del departamento, ya que en la medida en que esta propuesta se acople a la información generada en la propuesta de eficiencia, las acciones resultantes pueden ser muy beneficiosas para la operación.

De forma complementaria, y debido a que los resultados de la propuesta son proyectados, era importante conocer el impacto que tendrían determinados cambios sobre las variables críticas de la propuesta. Por ello, se elaboró un análisis de sensibilidad, presentado a continuación, teniendo como objetivo conocer las variaciones sobre los resultados, derivadas de alteraciones a las variables.

Gráfico 19: Análisis de sensibilidad: Variación del VPN de propuesta de mantenimiento



En la gráfica presentada con anterioridad, se incluyen las tres variables de mayor interés para la implementación de la propuesta de mantenimiento. Estas son: la inversión inicial, el costo por kilo de desperdicio y el tiempo de reducción por fallas generado por la propuesta. Se estableció un rango de variación de 25% tanto al alza como a la baja, y en base a estas alteraciones evaluar el impacto que se tendría sobre la factibilidad económica del proyecto. Se observa que las variables de mayor impacto sobre los resultados son el costo por kilo de desperdicio, y la inversión inicial. Se destaca que a pesar de dicho impacto, la propuesta seguiría siendo factible, presentando un VPN para todos los casos siempre mayor a 0.

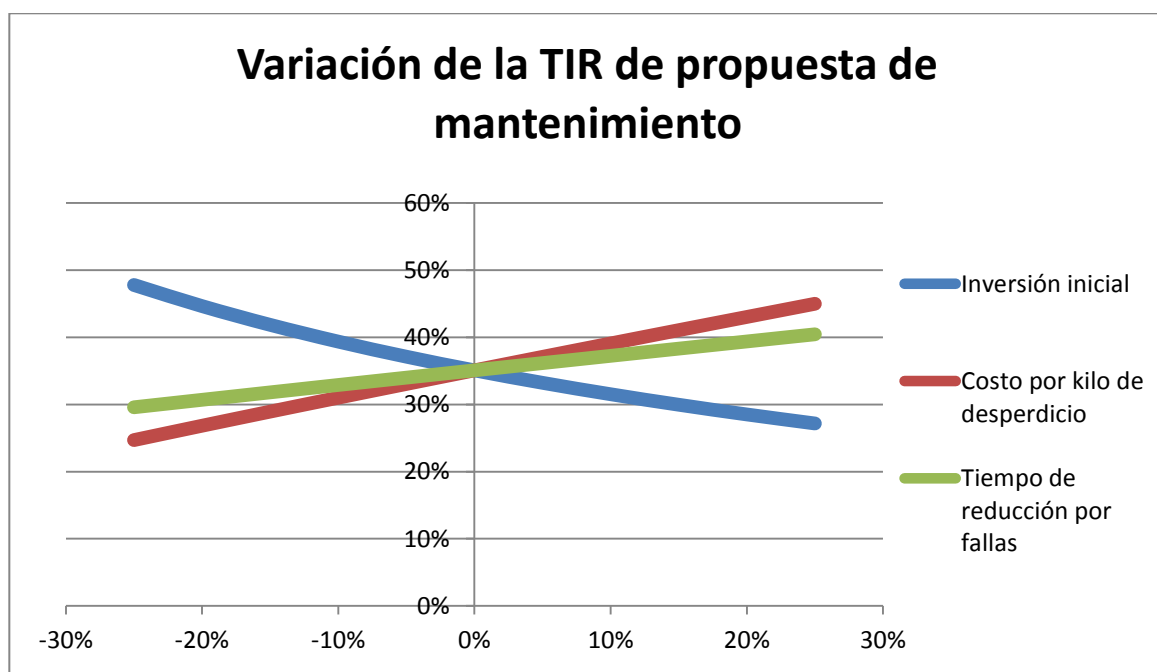
A continuación se presenta un cuadro con los datos generados para la creación de la gráfica anterior.

Cuadro 29: Análisis de sensibilidad. Variación del VPN de propuesta de mantenimiento

Variable	Variación										
Inversión inicial	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (Q)	186,128	182,995	179,863	176,730	173,598	170,466	167,333	164,201	161,068	157,936	154,803
Variable	Variación										
Costo por kilo de desperdicio	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (Q)	109,258	121,500	133,741	145,982	158,224	170,466	182,706	194,948	207,189	219,430	231,672
Variable	Variación										
Tiempo de reducción por fallas	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (Q)	137,558	144,140	150,721	157,302	163,884	170,466	177,046	183,628	190,209	196,791	203,372

De forma complementaria, se realizó el mismo análisis, utilizando las mismas variaciones, pero para la tasa interna de retorno de la propuesta.

Gráfico 20: Análisis de sensibilidad: Variación de la TIR en propuesta de mantenimiento



Cuadro 30: Análisis de sensibilidad. Variación de la TIR de propuesta de mantenimiento

Variable	Variación										
Inversión inicial	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (%)	48	45	42	39	37	35	33	32	30	29	27
Variable	Variación										
Costo por kilo de desperdicio	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (%)	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
Variable	Variación										
Tiempo de reducción por fallas	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (%)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Se observa que la TIR, se ve impacta de forma significativa por las variaciones tanto en la inversión inicial, como en el costo por kilo de desperdicio. Mientras el monto de inversión inicial se incrementa la TIR disminuye, y por el contrario a medida que el monto de costo por kilo de desperdicio se incrementa la TIR de la propuesta se incrementa.

3. Análisis financiero de abastecimiento de adhesivo. Para el análisis financiero era necesario conocer el monto de la inversión inicial, los gastos de operación y los ingresos (ahorros) generados por la propuesta. Debido a la naturaleza de dicha propuesta, cada uno de estos puntos fue abordado con especial cuidado.

Se determinó que por la naturaleza de la propuesta, esta no representaba la necesidad de realizar alguna inversión; y por tanto el valor de la inversión inicial fue igual a cero. Se podría creer que una modificación en la bodega sería requerida al cambiar el método de abastecimiento. Pero, es importante destacar que con base a la propuesta

establecida, se buscaba mantener la cantidad mínima necesaria en inventario para cubrir los pedidos a producir. Debido a esto, el área de bodega no necesitaba ser ampliada, ya que no se requeriría más espacio.

En el caso de los gastos de operación se estableció que estos equivaldrían al costo de realizar un pedido de adhesivo y la administración del mismo cada vez que llegase a la planta. Asumiendo, en base al Lead Time, que los pedidos se realizarían de forma mensual, este costo sería el único gasto de operación por mes. Para la estructuración de este, se realizaron una serie de entrevistas con el personal de bodega, y el área de compras, para determinar los gastos en los que se incurría al momento de realizar y administrar un pedido de adhesivo.

Tras esto se concluyó que los gastos se concentraban en gastos de administración, los cuales estaban compuestos por la puesta del pedido, y una serie de cargos asociados al envío, y estos ascendían a Q1,500 aproximadamente por pedido. Luego, se tenían los gastos de operación del montacargas que ascendían a 25 libras de gas propano utilizado en la descarga y colocación de los toneles de adhesivo por cada pedido. El costo del gas propano se estableció en Q66.00 por tanque de 25 libras. De esta forma se estableció que el costo mensual por manejo de adhesivo equivaldría a Q1, 566.00.

Con el fin de determinar los ingresos generados por la propuesta, en este caso ahorros, se debería determinar dos costos importantes: el costo de subestimar la demanda de adhesivo, y el costo de sobreestimar la demanda de adhesivo. El primer valor, la sobreestimación de la demanda, equivaldría, en términos monetarios al costo de no utilizar el adhesivo; determinado por la cantidad de adhesivo que no se utilizará multiplicado por su precio, en base a cada uno de sus componentes. El precio mencionado se encuentra en la Tabla No.20 presentada en la sección de propuesta para el abastecimiento de adhesivo.

El segundo valor hace referencia al costo en el que se incurriría en caso no se pudiese laminar un pedido debido a la falta de adhesivo; en términos monetarios

equivaldría al costo de tener la producción parada durante un determinado período tiempo. Para el presente trabajo, se estableció que este costo equivaldría al costo del kilogramo de producto laminado, Q40.17. Además, del costo adicional derivado de solicitar una orden, cuya entrega sea inmediata.

En base a la forma de abastecimiento actual del adhesivo, la cual dependía en su totalidad del criterio del gestor de compras, y en base al estado actual del inventario y al registro histórico de falta de adhesivo, se estableció el comportamiento general del inventario.

Durante el año anterior, se tuvo un paro de dos días por falta de adhesivo, por lo que para el presente año la estrategia del departamento de compras estaba enfocada a evitar este evento, siendo la sobreestimación de la demanda es un riesgo latente.

El personal de compras informó acerca de los pedidos que se tenían planificados efectuar, basado en el consumo teórico mensual, y en la existencia actual de inventario consideraban necesitar realizar las siguientes compras:

- 3 pedidos de resina y endurecedor NV para los meses de junio, septiembre y diciembre. La cantidad a adquirir adhesivo es de 15,000 kgs. para la resina y 9,300 kgs. para el endurecedor para el primer pedido. Y para el segundo y tercer pedido: 10,000 kgs. de resina y 6,200 kgs. para el endurecedor.
- 1 pedido de resina y endurecedor MF para el mes de junio por 12,000 kgs. de resina y 11,280 kgs. de endurecedor.

Con el fin de calcular el consumo de adhesivo durante el año bajo estudio, y así evaluar la propuesta contra el plan de compra diseñado por el departamento de compras, se realizaron los siguientes cálculos:

Cuadro 31: Estrategia de compra de adhesivo vs. Consumo de adhesivo proyectado

Tipo de adhesivo	Total de adhesivo planeado a comprar (kgs.)	Total de adhesivo real a adquirir	Consumo de adhesivo proyectado	Sobrante (faltante) de adhesivo
Resina NV	35,000	27,690	24,307	3,382
Endurecedor NV	21,700	17,330	15,070	2,259
Resina MF	12,000	5,330	5,291	38.4
Endurecedor MF	11,280	6,480	4,974	1,506

- El total de adhesivo requerido se estableció en base a los criterios del departamento de compras.
- El total de adhesivo a adquirir es la resta entre el adhesivo requerido y el adhesivo con el que se cuenta en inventario.
- El consumo proyectado de adhesivo del año, se basó en la proyección de consumo de adhesivo, de los meses de abril, mayo y junio; proveniente del programa generado dentro de la propuesta.
- El sobrante (faltante) de adhesivo es la resta entre el adhesivo a adquirir y el consumo proyectado. Es la cantidad estimada de adhesivo con la que se contará a final de año, contado a partir del mes de abril 2013 a marzo 2014.

Basado en los cálculos presentados anteriormente, a final de año se podría esperar una existencia en inventario de:

- 3,382 kgs de resina NV equivalente a Q120,116
- 2,259 kgs. de endurecedor NV equivalente a Q70,636
- 38 kgs. de resina MF equivalente a Q1,802
- 1,506 kgs. de resina MF equivalente a Q57,899

El costo total en inventario que implicarían estos números a final de año serían de: Q250, 453. Este valor podría representar dinero ahorrado de la empresa, si se utiliza la propuesta de abastecimiento de adhesivo, en la cual únicamente se realiza la compra de la cantidad de adhesivo que se va a consumir en base a los pedidos a producir.

Debido a que la comparación y evaluación de la propuesta, únicamente tomó en consideración los siguientes 12 meses, y en base a las estimaciones se incurrió solo sobreabastecimiento y no en desabastecimiento, es importante tener presente el costo en el que se incurriría derivado de ese segundo concepto. Para el segundo año, de no implementarse la propuesta, realizar una proyección similar a la presentada para establecer si existirá desabastecimiento de adhesivo, e incluir su impacto económico en el análisis financiero, con el fin de fortalecer el método de abastecimiento sugerido en la propuesta.

A continuación se presenta el estado de resultados de la propuesta, del cual se obtiene la utilidad neta del mismo. Posteriormente se presenta el flujo de efectivo generado por la propuesta, y finalmente el cuadro resumen de los resultados obtenidos mediante el análisis financiero. La propuesta de abastecimiento de adhesivo, toma como mes 1 el mes de abril, finalizando en marzo del año siguiente para una duración total de 12 meses o 1 año.

Cuadro 32: Estado de resultados para propuesta de abastecimiento de adhesivo

MES	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Ingresos	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Gastos de operación	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00
Depreciación	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Utilidad bruta -ingreso gravable	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00
Impuestos	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Utilidad neta	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00

Continuación Cuadro 32: Estado de resultados para propuesta de abastecimiento de adhesivo

MES	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Ingresos	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q250,453.41
Gastos de operación	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00	-Q1,566.00	-Q1,566.00	-Q1,566.00
Depreciación	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Utilidad bruta -ingreso gravable	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q248,887.41
Impuestos	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	-Q77,155.10
Utilidad neta	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q0.00	-Q1,566.00	-Q1,566.00	Q171,732.32

Cuadro 33: Flujo de efectivo acumulado para propuesta de abastecimiento de adhesivo

MES	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Utilidad (pérdida) neta	(Q1,566.00)	(Q1,566.00)	Q0.00	(Q1,566.00)	(Q1,566.00)	Q0.00
Inversión inicial						
FEDI	(Q1,566.00)	(Q3,132.00)	(Q3,132.00)	(Q4,698.00)	(Q6,264.00)	(Q6,264.00)

MES	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Utilidad (pérdida) neta	(Q1,566.00)	(Q1,566.00)	Q0.00	(Q1,566.00)	(Q1,566.00)	Q171,732.03
Inversión inicial						
FEDI	(Q7,830.00)	(Q9,396.00)	(Q9,396.00)	(Q10,962.00)	(Q12,528.00)	Q159,204.03

Cuadro 34: Resumen de resultados para propuesta de abastecimiento de adhesivo

Indicador	Resultado	Criterio
TIR	40%	TIR > TMAR (2.23% mensual)
VPN	Q120,805.14	VPN > 0

Debido a los criterios utilizados, basados en estimaciones, es importante tras el análisis financiero, realizar un análisis de sensibilidad de esta propuesta, en la cual realizando modificaciones a las variables críticas, se pueden analizar distintos escenarios de la propuesta, y poder tomar una decisión estando conscientes de las variaciones que se pueden dar sobre los resultados esperados.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de VPN y TIR para la propuesta, tras las alteraciones a los valores de las variables críticas.

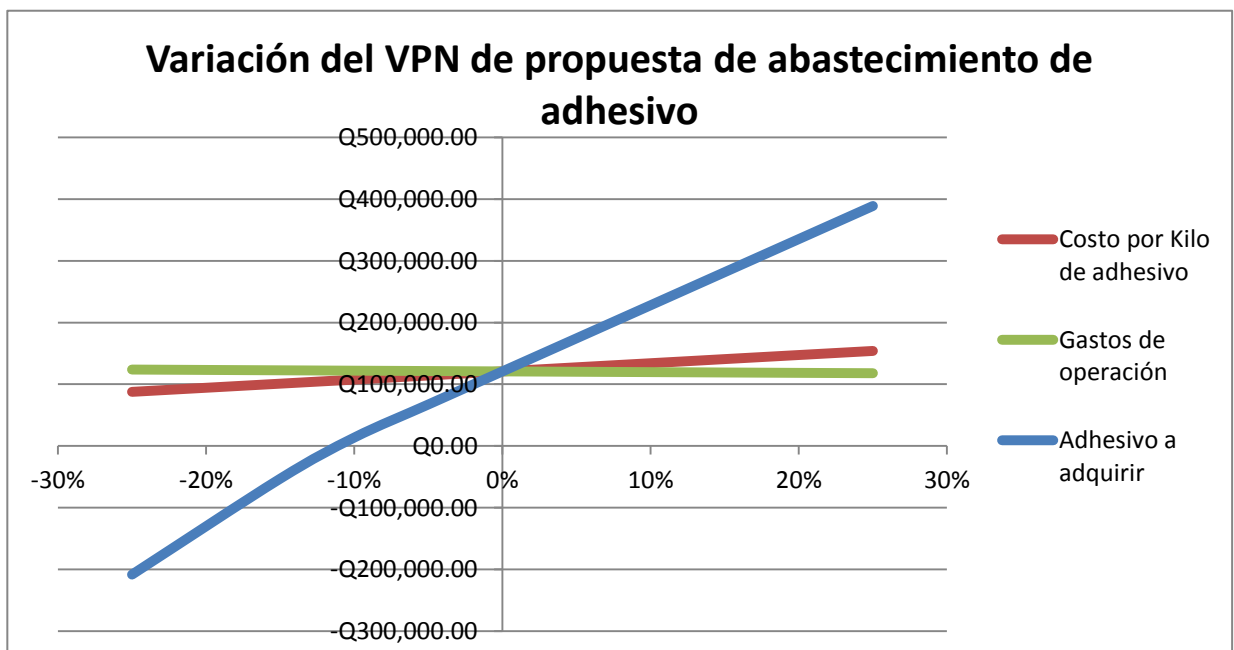
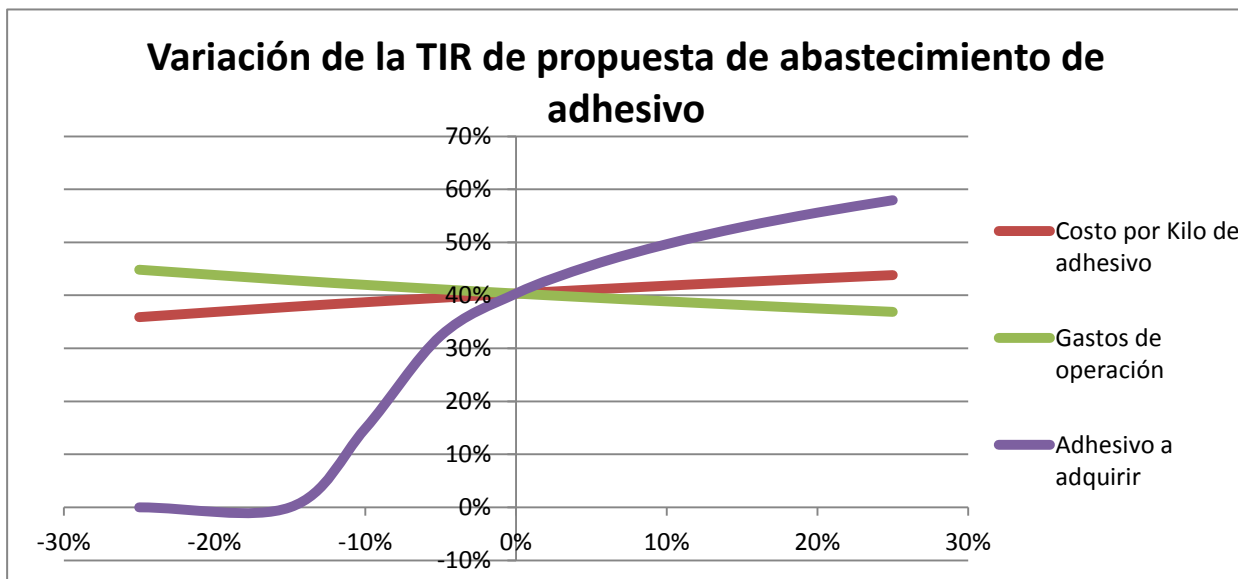
Gráfico 21: Análisis de sensibilidad: Variación del VPN en propuesta de abastecimiento de adhesivo

Gráfico 22: Análisis de sensibilidad: Variación de la TIR en propuesta de abastecimiento de adhesivo



En ambas gráficas, se pudo apreciar que la variable que mayor impacto tiene sobre los resultados obtenidos es la cantidad de adhesivo a adquirir. Se observó que en la medida que la cantidad de adhesivo a adquirir disminuye, la propuesta se vuelve menos rentable; hasta el punto en que ya no es económicamente factible. Sin embargo, se debe tomar en consideración que el análisis financiero de la propuesta está basado en el programa de compras planificado para el año siguiente. En base a esto, si el programa llegase a cambiar, se corre el riesgo de tener un desabastecimiento de adhesivo, lo que generaría otro tipo de pérdidas; en este caso por falta de adhesivo y no poder entregar los pedidos pactados. Nuevamente, en este caso, la propuesta presentada cubre este escenario, ya que el surtido de adhesivo depende directamente del programa de producción, es decir, de los pedidos a laminar.

A continuación se muestran los cuadros de información generados para la fabricación de las gráficas presentadas con anterioridad. En estos cuadros se observa nuevamente el impacto financiero que generan las variaciones sobre las propuestas.

Cuadro 35: Análisis de sensibilidad. Variación del VPN de propuesta de abastecimiento de adhesivo

Variable	Variación										
Costo por kilo de adhesivo	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (Q)	87,645	94,277	100,909	107,541	114,173		127,437	134,069	140,701	147,333	153,965
Variable	Variación										
Gastos de operación	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (Q)	123,764	123,172	122,580	121,988	121,397		120,213	119,621	119,029	118,438	117,846
Variable	Variación										
Adhesivo a adquirir	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (Q)	-208,441	-130,748	-53,054	13,588	67,196		174,413	228,022	281,630	335,239	388,847

Cuadro 36: Análisis de sensibilidad. Variación de la TIR de propuesta de mantenimiento

Variable	Variación										
Costo por kilo de adhesivo	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (%)	36%	37%	38%	39%	40%		41%	42%	43%	43%	44%
Variable	Variación										
Gastos de operación	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (%)	45%	44%	43%	42%	41%		40%	39%	38%	38%	37%
Variable	Variación										
Adhesivo a adquirir	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Impacto (%)				15%	32%		46%	50%	53%	56%	58%

Las variaciones observadas tanto para el VPN como para la TIR, al variar la cantidad de adhesivo a adquirir son significativas. Por ejemplo, para el VPN el rango de variación oscila entre -Q208, 441 hasta Q388, 847 con variaciones de $\pm 25\%$. Al observar este resultado, se fortalece la opinión sobre el impacto que tiene un correcto manejo de inventario de adhesivo.

V. CONCLUSIONES

1. El uso de toda la información disponible permite llevar un control más detallado de las actividades realizadas; lo que a su vez deriva en una administración enfocada en la mejora continua conociendo los puntos débiles de la operación.
2. El sistema de medición de eficiencia creado utiliza información específica de cada uno de los pedidos producidos, incluyendo la estructura de laminación, lo que permite determinar el impacto de esta variable sobre la producción generada, y clasificar las actividades que han impactado la producción.
3. El plan de mantenimiento preventivo diseñado está enfocado en tres actividades básicas: inspección, limpieza y lubricación de piezas; y se encuentra estructurado de forma que sus actividades sean ejecutadas diaria, semanal y mensualmente.
4. El cálculo para la proyección de consumo de adhesivo está basado en el programa de producción del departamento, utilizando la información disponible en el mismo pretende utilizar un modelo de inventarios de “justo a tiempo” adquiriendo únicamente la cantidad de adhesivo que se va a utilizar en el mes inmediato siguiente.
5. La evaluación financiera de la propuesta de implementación del mantenimiento preventivo reveló que esta es económicamente factible. Esta conclusión está respaldada por un VPN de Q170,465, y una TIR de 35% la cual fue comparada con una TMAR de 2.23%.
6. La propuesta de abastecimiento de adhesivo presentó un VPN de Q120, 805; y una TIR de 40%, lo que implica que la propuesta es económicamente factible.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de tiempos para determinar, por máquina laminadora, el tiempo promedio de cambio de pedido, y utilizar el nuevo valor como estándar en el cálculo de la eficiencia como estándar.
2. Considerar para el cálculo de la eficiencia, en base al OEE, el tiempo perdido por defectos. Esto implica el tiempo de producción utilizado, que derivó en reproceso o rechazos.
3. En base a los planes de acción derivados del uso de la información del nuevo sistema de eficiencia, realizar un análisis financiero del impacto de los mismos con el fin de generar un estimado, en términos monetarios, de los beneficios de su implementación.
4. Crear una rutina de inspección que considere las variables críticas de las máquinas laminadoras para monitorear el desempeño de las mismas durante su operación.
5. Crear un sistema de reconocimiento para los colaboradores en las distintas áreas operativas de la empresa, enfocado en la ejecución completa y en tiempo del programa de mantenimiento preventivo.
6. Diseñar un sistema de registro de información por fallas en las máquinas laminadoras para crear una base de datos que permita implementar un programa de mantenimiento predictivo.

7. Generar un programa de capacitación a nivel de operador para fortalecer la cultura de mantenimiento preventivo, además de enseñar la forma adecuada de llenado y control de sus registros.
8. Establecer un convenio con los proveedores de adhesivo con el fin de implementar un sistema de inventarios “Justo a Tiempo” en el que el surtido de adhesivo sea únicamente en el momento en que se necesita y de esta forma eliminar los inventarios de este insumo.
9. Instalar medidores de nivel en las ollas de adhesivo para validar el consumo de adhesivo por pedido, y así comparar el cálculo de consumo teórico por pedido basado en los gramos/metro a utilizar según la estructura de laminación.
10. Los programas en Excel para cada una de las propuestas presentadas, implementarlos en el sistema de control de la empresa con el objetivo de que los reportes puedan ser generados de forma automática y esta sea la nueva estrategia de control.
11. Implementar la práctica de tableros de control para presentar las variables críticas de los procesos a nivel de planta, y generar una cultura de mejora continua basado en los resultados obtenidos y presentados en dichos tableros.
12. Para cada una de las propuestas de mejora, realizar una prueba piloto de tres meses para evaluar los resultados reales de las mismas, y en base a estos resultados realizar un nuevo análisis financiero haciendo los ajustes pertinentes, y evaluar nuevamente su factibilidad económica.

13. Evaluar el control y la administración, así como el uso de toda la información disponible en las demás áreas productivas de la empresa, con el fin de detectar puntos de mejora y realizar los ajustes y modificaciones pertinentes.
14. Crear un escenario de análisis financiero para la propuesta de abastecimiento de adhesivo, en el que se mida el impacto sobre las operaciones ocasionado por la falta de adhesivo para laminar.
15. Realizar un análisis financiero enfocado en cada componente de los adhesivos con el fin de determinar el impacto que generan las variaciones en su precio, consumo, y existencia a nivel individual para determinar el o los componentes de mayor criticidad para la operación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Anónimo. *Ingeniería de Producción. La problemática, los indicadores de rendimiento real y OEE.* Produktika en: <http://www.produktika.com/es/cas/problem01.php> Página visitada el 18 de enero de 2014.
2. Anónimo. 2011. *Mantenimiento preventivo.* Fernández editores en: <http://www.tareasya.com.mx/index.php/padres/aprende-algo-util-hoy/educacion-para-el-trabajo/5428-mantenimiento-preventivo.html> Página visitada el 19 de enero de 2014.
3. Anónimo. *Proceso de Fabricación.* Plásticos Alhambra en: <http://www.plasticosalhambra.es/procesos-fabricacion-plastico.php> Página visitada el 9 de enero de 2014.
4. Anónimo. 2014. *OEE.* Edinn en: <http://edinn.com/es/oe.html> Página visitada el 18 de enero de 2014
5. Anónimo. 2008. *Definición de Eficiencia.* Definición en: <http://definicion.de/eficiencia/> Página visitada el 16 de enero de 2014.
6. Anónimo. 2001. *Diccionario de la Real Academia Española.* Edición 22. España. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/?val=eficiencia>
7. Arias, J. 2008. *Aprovechamiento agroindustrial de la uvilla (Physalis peruviana L.) para la obtención de productos cristalizados y chips.* Tesis de Ingeniería Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 135 pp.

8. Blank, L. 2006. *Ingeniería Económica*. India. 6 ed. McGraw-Hill. 815 páginas.
9. Camacho, Hernando. 2004. *Introducción a la Ingeniería Económica*. Universidad Nacional de Colombia. 140 páginas.
10. Castillo, A. 2012. *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de plástico en una planta de fabricación de bolsas plásticas, en Villa Nueva, Guatemala*. Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 113 pp.
11. Chase, R., Jacobs, R., y Alquilano, N. 2009. *Administración de operaciones- producción y cadena de suministros*. Duodécima edición. McGraw Hill. 776 pp.
12. Collantes, J. 2005. *Efectividad Global de los Equipos-OEE-*. IV Foro Datastream de Mantenimiento e Industria. C&C Ingenieros Asociados S.R.L. Chile.
13. García, S. *Tipos y modelos de mantenimiento*. Página visitada el 19 de enero de 2014. Renovetec en:
<http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/Tipos+de+mantenimiento>
14. León, Mauricio. 2009. *El análisis financiero. Administración Empresarial*. Página consultada el 9 de febrero de 2014. Disponible en:
<http://www.slideshare.net/Sunz42/el-analisis-financiero-1874576>

15. Martínez, C., Martínez, D., y Pulgarin, K. 2011. *Tipos de Mantenimiento*. Slide Share en: <http://www.slideshare.net/dora-relax/tipos-de-mantenimiento-8839499> . Página visitada el 19 de enero de 2014
16. Martínez, J. 2006. *Clases de empaque y su papel determinante en la comercialización de productos*. GestioPolis, en: <http://www.gestiopolis.com/canales6/mkt/clases-de-empaque-y-su-comercializacion.htm>
17. Ministerio de Finanzas Públicas. *Bonos del Tesoro de la República de Guatemala Colocados en el Mercado Internacional*. 2013. Dirección de Crédito Público. www.minfin.gob.gt
18. Pérez, C. 2012. *Empaques y Embalajes*. Primera Edición. Red Tercer Milenio, México. 106 pp.
19. Winston, W. 2010. *Investigación de Operaciones, aplicaciones y algoritmos*. Cuarta edición. Cengage Learning. México. 1418 pp.

VIII. ANEXOS

- **ANEXO I:** COTIZACIÓN DE REPUESTOS PARA LAMINADORA 1
- **ANEXO II:** COTIZACIÓN DE REPUESTOS PARA LAMINADORA 2
- **ANEXO III:** TARJETA DE CONTROL PARA ACTIVIDADES DE FRECUENCIA SEMANAL
- **ANEXO IV:** TARJETA DE CONTROL PARA ACTIVIDADES DE FRECUENCIA MENSUAL
- **ANEXO V:** COTIZACIÓN DE ADHESIVO MF
- **ANEXO VI:** COTIZACIÓN DE ADHESIVO NV

ANEXO I
COTIZACIÓN DE REPUESTOS PARA LAMINADORA 1



nordmeccanica s.p.a.

Strada del Drago, 15/A
21020 Robecchetto (PS)
Tel. 0323.90641 S.p.A. Fax 0323.612961
Piazz. INA e Cass. Post. 11 20032390229
Cogn. Servizio Clienti 0323.90640

Offerta ricambi/Offer			Pag 1
Numero/number	PR/ 2187		
Documento/Doc.	OFFERTA RICAMBI	Codice/Code (001112)	

Alle condizioni di vendita di Nordmeccanica S.p.a./To the terms of sale of Nordmeccanica S.p.a.

Pagamento/Payment DIRECT REMITTANCE	Valuta/Currency EUR	Trasporto/Transport	Resa/Delivery
Spedizione/shipment		Luogo di consegna/final user	
Note CARICRO			

Riga /Item	Codice/Code	Descrizione/Description	UM	Qta/Qty	Pr.Unitario/Unit price	Importo/Total	
5	32800	PARTICOLARE CONTENIM.ADESSIVO SL D.200 PARED DE TEFLON	10PR00104	N	10,0	69,7000	697,00
10	EK1169A	TUBO RISCALDATO RACO 3,5MT CON PNEUMATIC TUBO CALIENTE ENTERO LUNGHEZZA 3,5mt, 2 TUBI PTFE 2C+2FF 1/2" -1/2" PRESSIONE MAX 100 bar, SENSORE T/C J, POTENZA ELTTRICA 550W PER TEMPERATUR A MAX 100 C, 4 TUBI PNEUMATICI IN TEFLON PER COMANDO ATTUATORI VALVOLE DA 6/4mm	10PR00104	N	1,0	1.150,0000	1.150,00
15	SMB3RG63433JK01	sonar comp 1.6mcaV 20-100cm 0-10V Rif.Costruttore : 3RG6343-3JK01	10PR00104	PZ	1,0	390,0000	390,00
20	39061	TAPPO TESTINA MISCELATRICE TAPA DE PROTECCION CABEZA	10PR00104	N	2,0	33,0000	66,00
25	EK1311	POWER-COPPIA RACCORDI PRELIEVO-RATIO 1:1 PARTEJA DE JUNTAS PARA RATIO	10PR00104	N	2,0	20,0000	40,00
30	ED1227	FILTRO FINE LARIUS 2ET	10PR00104	N	10,0	10,5000	105,00
35	EK1094	TUBO MISCELAZIONE ME10-24 KELLER MEZCLADOR ESTATICO	10PR00104	N	12,0	5,0000	60,00
40	EK1089	TUBO PROTEZIONE SH 10-24-05 KELLER CARTUCHO PORTA TOBERA	10PR00104	N	2,0	40,0000	80,00
45	39050	TESTINA MISCELATRICE RAPP:1:1	10PR00104	N	1,0	213,0000	213,00

Conferma cliente/Customer confirmation	Importo totale netto/Total amount	Sigla	Nordmeccanica S.p.A,
--	-----------------------------------	-------	-----------------------------

ANEXO II
COTIZACIÓN DE REPUESTOS PARA LAMINADORA 2



nordmeccanica s.p.a

Strada dell'Orto, 16/A
39101 Piacenza - Italy
Tel. (0521) 509111/12 - Fax (0521) 611201
Telex 3204 e Coda Fax. F# 03320341019
Cap. Sociale € 1.000.000,00

Offerta ricambi/Offer			Pag
Numero/number	PR/ 2185		
Documento/Doc.	OFFERTA RICAMBI	Codice/Code	(001780) 1

Alle condizioni di vendita di Nordmeccanica S.p.A./To the terms of sale of Nordmeccanica S.p.A.

Pagamento/Payment DIRECT REMITTANCE	Valuta/Currency EUR	Trasporto/Transport	Resa/Delivery
Spedizione/Shipment		Luogo di consegna/Final user	
Note			

Riga/Item	Codice/Code	Descrizione/Description	UM	Qta/Qty	Pr.Unitario/Unit price	Importo/Total	
5	32023	PARTICOLARE CONTENIM.ADESIVO SL D.190,98 Teflon Dam for Simplex	03PR00026	N	10,0	69,7000	697,00
10	EK1169	POWER TUBO RISCALDATO MV/MM/99510-X/0 Heated Hose for Mixing Unit (10 Feet)	03PR00026	N	1,0	1.150,0000	1.150,00
15	SMSE3RG63433JK01	sonar comp 1.6mcav 20-100cm 0-10V Level Sensor Automatic Filler..EK 1229 (03PR00026	PZ	1,0	390,0000	390,00
20	39061	Rif.Costruttore : 3RG6343-3JK01 TAPPO TESTINA MISCELATRICE Head Save Cap for Mixing Unit - (Old cod	03PR00026	N	2,0	33,0000	66,00
25	EK1228	POWER TESTINA RAPPORTO MISCEL. MM/99013 Mixing Head Ratio (old style)	03PR00026	N	2,0	70,0000	140,00
30	ED1227	Rif.Costruttore : 99013 FILTRO FINE LARIUS 2ET	03PR00026	N	10,0	10,5000	105,00
35	EK1094	TUBO MISCHIAZIONE ME10-24 KELLER Static Mixer - ME10-24	03PR00026	N	12,0	5,0000	60,00
40	EK1089	TUBO PROTEZIONE SH 10-24-09 KELLER Nozzle Holder (10-24)	03PR00026	N	2,0	40,0000	80,00
45	39060	TESTINA MISCELATRICE RAPP:1:1 Mixing Head (New Style)..EK 1284	03PR00026	N	1,0	213,0000	213,00
		Rif.Costruttore : EK1284 *-----					
Conferma cliente/Customer confirmation		Importo totale netto/Total amount	Sigla		Nordmeccanica S.p.A,		

nordmeccanica group

ANEXO III
TARJETA DE CONTROL PARA ACTIVIDADES DE
FRECUENCIA SEMANAL

Actividades Semanales					
¿Tengo los siguientes insumos y herramientas ubicados y a la mano?					
Wipe	<input type="checkbox"/>	Filtro	<input type="checkbox"/>	Acetato	<input type="checkbox"/>
Aceite	<input type="checkbox"/>	Espátula	<input type="checkbox"/>	Grasa 1*	<input type="checkbox"/>
¿Ya ejecuté estas actividades?					
Máquina	Área	Parte del equipo	Actividad	Ejecución	Insumos y Herramientas
Laminadora 1	Desbobinador y Rebobinador	Guías de las placas portabobinas	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Aceite
		Tornillo de traslación placa	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Wipe, Aceite
		Tuerca recirculación de esferas	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
	Columna de aplicación	Soportes deslizantes del transportador	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
		Junta articulada rodillo transportador	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
		Campana de aspiración / filtro	Inspección y Limpieza	<input type="checkbox"/>	Filtro
	Toda la máquina	Articulaciones esféricas de los pistones	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
Laminadora 2	Desbobinador y Rebobinador	Guías de las placas portabobinas	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Aceite
		Tornillo de traslación placa	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Wipe, Aceite
		Tuerca recirculación de esferas	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
	Columna de aplicación	Soportes deslizantes del transportador	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
		Junta articulada rodillo transportador	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
		Campana de aspiración / filtro	Inspección y Limpieza	<input type="checkbox"/>	Filtro
	Toda la máquina	Articulaciones esféricas de los pistones	Limpieza y Lubricación	<input type="checkbox"/>	Grasa 1
Mezclador-Dosificador (De LAM-01 y LAM-02)	Motores de la bomba		Inspección y Limpieza	<input type="checkbox"/>	Wipe, Acetato
	Ollas		Inspección y Limpieza	<input type="checkbox"/>	Wipe, Acetato, Espátula
	Cabezal mezclador		Inspección y Limpieza	<input type="checkbox"/>	Wipe, Acetato
*Grasa 1: Mobil LUX EP _____					
Sintética		Fecha		Firma del Supervisor	

ANEXO IV
TARJETA DE CONTROL PARA ACTIVIDADES DE
FRECUENCIA MENSUAL

Actividades Mensuales					
¿Tengo los siguientes insumos y herramientas ubicados y a la mano?					
Cinta	<input type="checkbox"/>	Desarmadores	<input type="checkbox"/>		
Grasa 1*	<input type="checkbox"/>	Aire Comprimido	<input type="checkbox"/>		
¿Ya ejecuté estas actividades?					
Máquina	Área	Parte del equipo	Actividad	¿Ejecutada?	Insumos y Herramientas
Laminadora 1	Desbobinador y Rebobinador	Correa de Transmisión Motor Rebobinador	Inspección		
		Correa de Transmisión Motor Aplicador	Inspección		
	Columna de aplicación	Cojinetes rodillo dosificador giratorio	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Casquillos de los brazos del presor engomado	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Manga engomada	Inspección		
		Cojinetes rodillo aplicador	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
	Columna de laminación	Cojinetes rodillo laminador	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Correa de transmisión del rodillo laminador	Inspección		Grasa 1
		Casquillos de los brazos del presor de laminación	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Presor engomado	Inspección		
		Cojinetes calandria de enfriamiento	Inspección		Grasa 1
	Resto de la Máquina	Rodillos libres	Inspección		
		Conexiones	Inspección		Desarmadores, Cinta
		Tableros de bornes	Inspección		Desarmadores
		Filtros de ventilación	Limpieza		Aire Comprimido
Laminadora 2	Desbobinador y Rebobinador	Correa de Transmisión Motor Rebobinador	Inspección		
		Correa de Transmisión Motor Aplicador	Inspección		
	Columna de aplicación	Cojinetes rodillo dosificador giratorio	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Casquillos de los brazos del presor engomado	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Cojinetes rodillo celda de carga	Limpieza y Lubricación		Grasa 2
		Manga engomada	Inspección		
		Cojinetes rodillo aplicador	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
	Columna de laminación	Cojinetes rodillo laminador	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Correa de transmisión del rodillo laminador	Inspección		Grasa 1
		Casquillos de los brazos del presor de laminación	Limpieza y Lubricación		Grasa 1
		Presor engomado	Inspección		
		Cojinetes calandria de enfriamiento	Inspección		Grasa 1
	Resto de la Máquina	Rodillos libres	Inspección		
		Conexiones	Inspección		Desarmadores, Cinta
		Tableros de bornes	Inspección		Desarmadores
Filtros de ventilación		Limpieza		Aire Comprimido	
*Grasa 1: Mobil LUX EP Sintética					
			Fecha	Firma del Supervisor	

ANEXO V
COTIZACIÓN DE ADHESIVO MF

COTIZACION # MPA586-

Línea:	Materias Primas
--------	-----------------

Por medio de la presente reciba un cordial saludo y a la vez aprovecho para hacerle llegar la cotización de:

Producto	Cantidad Kilos	Precio Kilo Q	Total Q.
Adhesivo	4830	47.38	Q 228,845.40
Correactante	3800	38.83	Q 147,554.00
TOTAL.....			Q 376,399.40

CONDICIONES DE VENTA:

- Precios YA incluyen IVA. Tasa de cambio a Q.7.79/US\$
- Forma de pago: 90 días de crédito

ANEXO V
COTIZACIÓN DE ADHESIVO NV

ORDEN DE COMPRA No. 4517

Usuario que Requiere : wvarela

Moneda : Dolares

Termino de Pago: 90 Dias

Negociacion de Compra: CIF Ciudad Guat

Datos Proveedor

Fax: 0

Mail: 0

NIT:

Origen: Importaciones

Telefono: 0

Transporte: Entrega en Planta

Cantidad	U. Medida	Producto	P. Unitario	Total
6,450.00	UNIDAD	ADHESIVO	\$ 4.6000	\$ 29,670.00
3,610.00	UNIDAD	CATALIZADOR	\$ 4.0500	\$ 14,620.50
			Total a Pagar:	\$ 44,290.50