

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA LÍNEA DE LAMINADO EN LA
PRODUCCIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES MEDIANTE EL SEGUIMIENTO
DEL OEE**

**ALEJANDRO HERNÁNDEZ ZAPATA
NATALIA PEÑA PINEDA**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2019**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA LÍNEA DE LAMINADO EN LA
PRODUCCIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES MEDIANTE EL SEGUIMIENTO
DEL OEE**

**ALEJANDRO HERNÁNDEZ ZAPATA
NATAÑIA PEÑA PINEDA**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Director proyecto
JUAN JOSÉ CARDONA MELO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2019**

Contenido

	pág.
GLOSARIO	8
RESUMEN	9
1 Introducción	10
1.1 Contexto	10
2 Objetivos	12
2.1 Objetivo del Proyecto.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3 Marco de Referencia	13
3.1 Antecedentes o Estudios Previos	13
3.2 Marco Teórico.....	15
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto.....	19
4 Metodología	20
5 Resultados	22
5.1.1 Resultados Objetivo 1	22
5.1.2 Resultados objetivo 2	26
5.1.3 Resultados objetivo 3.....	33
5.2 Discusión de resultados.....	35
5.2.1 Discusión objetivo 1	35
5.2.2 Discusión objetivo 2	36
5.2.3 Discusión objetivo 3	36
5.3 Conclusiones	37
5.3.1 Recomendaciones para el sector	38
6 BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	41

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1 - laminado 16

Lista de ecuaciones	Pág.
Ecuación 1 - OEE	17
Ecuación 2 - Disponibilidad.....	17
Ecuación 3 - Rendimiento.....	17
Ecuación 4 - Calidad.....	17

Lista de Tablas	Pág.
Tabla 1 - Clasificación OEE	18
Tabla 2 - OEE actual de las máquinas.....	22
Tabla 3 - Comparación de datos del OEE	23
Tabla 4 - Causales de pérdida de disponibilidad	24
Tabla 5 - Composición de arreglos iniciales	25
Tabla 6 - Formato de toma de tiempos	25
Tabla 7 - Causales de pérdida de disponibilidad Triplex.....	27
Tabla 8 - Causales de inactividad operacional Triplex.....	27
Tabla 9 -Causales de materiales e insumos	29
Tabla 10 - Causales de pérdida de disponibilidad Dúplex	30
Tabla 11 - Causales de inactividad operacional Dúplex	31
Tabla 12 - Propuestas inviables.....	32
Tabla 13 - Propuestas en proceso	33
Tabla 14 - Propuestas viables.....	33
Tabla 15 - 5W+2H.....	34

Lista de Anexos	Pág.
Anexo 3 - Lluvia de ideas.....	41
Anexo 4 - Tabla de recolección de datos.....	42
Anexo 5 – Plantilla de actividades	43
Anexo 6 - Preguntas a operarios	44

GLOSARIO

5S: Es una metodología de Lean manufacturing basada en el sentido común y el orden del área de trabajo, orientada a desarrollar lugares de trabajo donde "se respire" la calidad.

SMED: "Es una teoría y conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de cambio de herramientas y preparación de máquinas en menos de diez minutos" (IMC, 2016)

TPM: "Es una filosofía originaria de Japón que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial" (JOISA mantenimiento industrial, 2014)

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como propósito crear una propuesta de mejora para el área de laminación en una empresa de empaques flexibles mediante el indicador OEE (Overall Equipment Effectivness), que permita mejorar la disponibilidad, calidad y eficiencia de los equipos en el proceso productivo. Para ello, se desarrollaron tres objetivos específicos que en primer lugar buscaban validar el cálculo del OEE para el proceso escogido, en segundo lugar, plantear acciones de mejora que permitan incrementar el valor del indicador de los equipos que influyen en el proceso, finalmente, proponer plan de acción de mejora en el proceso de laminado.

Siguiendo este plan de acción se realizaron una serie de actividades y análisis que mostraron que el problema a evaluar en el proceso de laminación era para la parte de Disponibilidad de ambas máquinas, ya que, los factores correspondientes a Calidad y Eficiencia no representaban un mayor problema dentro del proceso productivo. Ahora bien, se pudo identificar que las horas de paro no programadas que afectan la disponibilidad eran ocasionadas principalmente por fallas de mantenimiento, inactividad operacional y arreglos iniciales. De estas tres causales, se entró a evaluar lo que significaba inactividad operacional, y se identificaron las actividades que generaban estas horas muertas: limpieza en proceso, reventón en proceso, y casino. Finalmente, se realizaron una serie de propuestas que atacaban cada uno de estos factores y por medio de un análisis de viabilidad en conjunto con el comité de calidad de la empresa, se escogió la propuesta de solución para el área de Casino, y se logrará aumentar la disponibilidad en dos puntos porcentuales llegando a un valor de 59,3% y dando como resultado un OEE del 50%.

Palabras claves: OEE, SMED, Disponibilidad, Proceso laminación, Empaques flexibles, mejoramiento continuo

1 Introducción

1.1 Contexto

Dentro de la industria colombiana, uno de los sectores más importantes es el de empaques, ya que este está presente en prácticamente la mayoría de las demás industrias del país, las manufactureras de alimentos, medicinas, productos de aseo, automotrices entre muchos otros dependen del empaque para el correcto manejo y presentación de su producto. Esto hace que sea una industria sumamente competitiva debido a las utilidades que se pueden explotar.

En nuestro caso, la empresa de estudio es una empresa líder en empaques duros en todo el mundo, siendo proveedor de grandes marcas alrededor del globo y llegando a producir una suma de 9 Billones de dólares en 2018. Sin embargo, en Colombia, después de haberse posicionado, optó por ingresar al mercado de los empaques flexibles llegando a ser terceros a nivel nacional en ventas, contando con tecnologías de punta que los demás competidores no tienen.

Dentro de su envergadura global, la empresa de estudio es una empresa que se rige por altos estándares de calidad en los procesos y teniendo en cuenta que son prácticamente nuevos en la industria de empaques flexibles en Colombia, quieren implementar una mejora en los procesos productivos de impresión y laminado que los lleven a tener una mejor calidad y a su vez ser más competitivos en el mercado.

Los procesos de impresión y laminado cuentan con máquinas ya automatizadas que son capaces de recolectar la información para poder medir su desempeño, aprovechando esto, se ha implementado hace poco el indicador OEE el cual mide la disponibilidad, la eficiencia y la calidad con el cual la empresa aspira a mejorar su cumplimiento a clientes a través del seguimiento del mismo.

Formulación de la pregunta de investigación u objeto de estudio

¿Cómo se podría mejorar el proceso productivo de laminado de empaques flexibles en una empresa grande de empaques mediante el seguimiento del OEE?

1.2 Justificación o Importancia de la situación objeto de estudio

La empresa objeto de estudio es una empresa multinacional que debe cumplir con los estándares de producción a nivel mundial para poder mantenerse como una de las más grandes empresas productoras de empaques. A lo largo del año pasado

lograron suplir la demanda que tuvieron, sin embargo, al comienzo de este 2019 la demanda cambió totalmente, volviéndose una demanda con picos muy extraños que los llevaron a tener un problema en el cumplimiento de pedidos de acuerdo a las grandes demandas y que se generaran grandes colas de pedidos por producir.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, la empresa requiere de poder analizar por qué se generan este tipo de colas y poder a su vez poder realizar una mejora en la disponibilidad de las máquinas de laminación para así poder cumplir con la demanda, es por ello, que se piensa que el seguimiento del OEE puede ser muy útil para tanto diagnosticar, medir y mejorar dicho proceso, ya que mediante esta podemos medir el nivel de calidad, rendimiento y disponibilidad de las máquinas y con base en esto poder realizar una mejora en los procesos que los lleven a manejar mayores niveles de producción para suplir la demanda de los picos más altos.

2 Objetivos

2.1 Objetivo del Proyecto

Evaluar la implementación del OEE de la empresa “grande de empaques” y realizar una propuesta de mejora continua que permita mejorar la disponibilidad, calidad y eficiencia de los equipos en el proceso de laminado de empaques flexibles.

2.2 Objetivos Específicos

- Validar el cálculo del OEE para el proceso de laminado.
- Plantear acciones de mejora que permitan incrementar el valor del indicador de los equipos que influyen en el proceso.
- Proponer plan de acción de mejora en el proceso de laminado.

Entregables

- Informe de validación del sistema de recolección de datos y el cálculo del OEE en la empresa “grande de empaques” para el área de laminado.
- Evaluación de las propuestas de acción de mejora sugeridas y selección de la más óptima.
- Plan de acción para realizar la implementación de la propuesta de mejora seleccionada.

3 Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

Este estudio se ha fundamentado en acciones y medidas previas que ha realizado la empresa para mejorar sus procesos de producción, así como en una investigación bibliográfica de diferentes estudios previos similares que se pueden extender al nuestro y servir de base.

En un estudio realizado por (Torrez Díaz, 2017) que se titula “IMPLEMENTACIÓN DE OEE PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES KOMATSU 730E EN LA MINERA VOLCÁN SHUNGAR S.A.” se muestra cómo cambia la productividad de los camiones por medio del análisis del OEE de un año a otro; mediante la implementación de la herramienta de Lean manufacturing [5's](#), donde como primera instancia se encuestaron todos los operarios de camiones dentro de la empresa en lo que se determinó como un “pre-test” para determinar a qué grado se aplicaban los principios de las 5's; posteriormente, se capacitó a los empleados por medio de un taller sobre las 5's del mantenimiento; Luego, se realizó un “post-test” para medir de qué forma habían cambiado las prácticas de mantenimiento y cómo se estaban aplicando los principios del método previamente nombrado y se logró concluir que efectivamente las prácticas del proceso mejoraron considerablemente después de la capacitación.

Por otro lado, se comprobó que los paros por averías se redujeron de un año a otro mediante mantenimientos preventivos y la implementación del OEE. De esta forma, se concluyó que la productividad después de haber implementado las medidas previamente vistas pasó de ser de un 50% a un 75%, a su vez que la velocidad de producción pasó de ser del 81% a un 92%, logrando así cumplir con los objetivos propuestos en el estudio.

(Alarcón, 2014) realizó un estudio titulado “Implementación De OEE Y SMED Como Herramientas De Lean Manufacturing En Una Empresa Del Sector Plástico” donde como primer reto se creó una matriz para registrar todos los datos necesarios para calcular el OEE y poder determinar dónde se estaban generando las mayores pérdidas de tiempo productivo, después de obtener una cantidad representativa de datos, aislaron las causas que les generaban mayores pérdidas de tiempo e hicieron un Pareto para encontrar las que más influían.

Luego de ello, se dedicó a crear un check list para poder diferenciar las actividades internas de las externas y poder encontrar oportunidades de mejoras aplicando el [SMED](#) para el proceso de extrusión, seguido de esto al proponer ciertos cambios

en el procedimiento y logrando convertir algunas actividades de internas a externas se concluyó por medio de otro check list que hubo una mejora del 52% en el ahorro de tiempo, lo que representa unos 76 minutos solo haciendo cambios como dejar un carro con las herramientas necesarias al lado de la máquina, comprando boquillas con abrazaderas y teniendo listos materiales de la próxima producción al lado de la máquina; esto le representó a la empresa de un ahorro de 6400 dólares al año solo en esa máquina, lo que para la totalidad de máquinas representaría un monto de 115200 dólares al año.

Según (Casilimas Macías and Poveda Quintero, 2012) en su estudio titulado “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO OEE (OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT) EN LA LÍNEA TUBERÍA EN CORPACERO S.A.” realizan el cálculo del indicador para cada máquina que interviene en la línea de producción de tuberías, a su vez, con los resultados utilizan el gráfico de Pareto para determinar las causas de pérdidas más relevantes en cada máquina; como resultado de este análisis encuentran que hay una gran diferencia entre el OEE de todas las máquinas ya que los valores van desde 19,3% hasta 78,4% que evidencia los procesos y la tecnificación de cada máquina son muy distintos entre sí; por otro lado, notan una correlación importante entre el resultado final del OEE con la disponibilidad de los equipos donde según ellos “los factores que más influyen son las esperas y las restricciones de línea”.

Finalmente, llegan a la conclusión de que era una necesidad imperante reducir los tiempos de espera, por lo que como propuesta de mejora plantean la implementación de la herramienta de lean manufacturing SMED, junto al principio de cero averías que estaría acompañado de una serie de indicadores como lo son, el tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparar, disponibilidad y tasa de fallas; con ello hicieron una simulación con todos los nuevos cambios y como resultado obtuvieron una mejora del 8,4% en el OEE de la línea.

En un estudio del OEE implementado para una célula de trabajo realizado por (Gavrilu, 2017), dio como resultado ciertas conclusiones que fueron tenidas en cuenta para realizar el análisis de resultados del indicador OEE en la empresa objeto de estudio para la maquinaria utilizada en la laminación de empaques flexibles, entre ellas están que no se puede utilizar el OEE para medir el desempeño total del departamento de producción, sino que se limita solo a medir el desempeño de una sola máquina en específico y solo se puede comparar contra ella misma, también, que no se puede utilizar para valorar el desempeño de mantenimiento en las máquinas ya que generalmente las pérdidas de productividad se dan por causas que están fuera de su alcance.

Dentro de las acciones previas que ha realizado la empresa según comenta la ingeniera Ángela Ramírez, para el cálculo interno del OEE en el proceso de laminado los operarios tienen que registrar cada paro, avería, alistamiento y demás tiempo no productivo en el sistema integrado de la planta de producción que ellos manejan, esto activando unos códigos con los cuales se registran la causal, el

encargado y el tiempo de cada paro, además, han intentado implementar pequeñas bases de la metodología SMED sin profundizar mucho en el tema, lo que tiene como resultado que no se puedan aprovechar al máximo todas las mejoras que esa herramienta ofrece. Para solucionar el problema de disponibilidad, optaron por aumentar los turnos en ciertas jornadas para poder aumentar la producción.

Cabe mencionar que todos los estudios previamente mencionados sirvieron para crear una base y fundamentación de nuestro estudio, ya que incluyen la implementación y análisis del OEE como factor principal en la identificación de desperdicios de tiempo productivo en empresas con distintos procedimientos, pero que al final el proceso de implementarlo, medirlo y analizarlo siempre resulta ser el mismo; a su vez también incluyen propuestas e implementaciones de herramientas de lean manufacturing importantes en nuestra propuesta de mejora como lo son las 5's y la metodología SMED para la reducción de tiempos de alistamiento, donde se pudo obtener una orientación en cuanto a cómo implementarlas y analizarlas.

3.2 Marco Teórico

Proceso de laminación de Envases flexibles

Los sistemas de laminación pueden ser clasificados de dos maneras: laminación base solvente y laminación sin solventes. El proceso productivo a analizar es de Laminación sin solventes, y cuenta con una laminadora dúplex y una Triplex.

Laminación sin solventes

Según (“ABC de la laminación de envases flexibles”, n.d.), el proceso de laminación de empaques flexibles consiste principalmente de dos películas plásticas a las que por tecnicismo les llaman sustrato y una capa de adhesivo que es la que une ambos sustratos. En un principio en uno de los rodillos se encuentra el primer sustrato que va a ser al cual se le aplica el adhesivo posteriormente mediante un dosificador.

Luego de pasar por el dosificador ese primer sustrato pasa por otro rodillo que se encuentra a una temperatura más alta y es ahí donde se une con el otro sustrato que sería la otra cara del empaque, mediante un dispositivo que genera presión llamado presor se unen ambas caras y luego pasan a otro rodillo para ser enrolladas nuevamente. El proceso se puede apreciar de mejor manera en la Figura 1 - laminado.

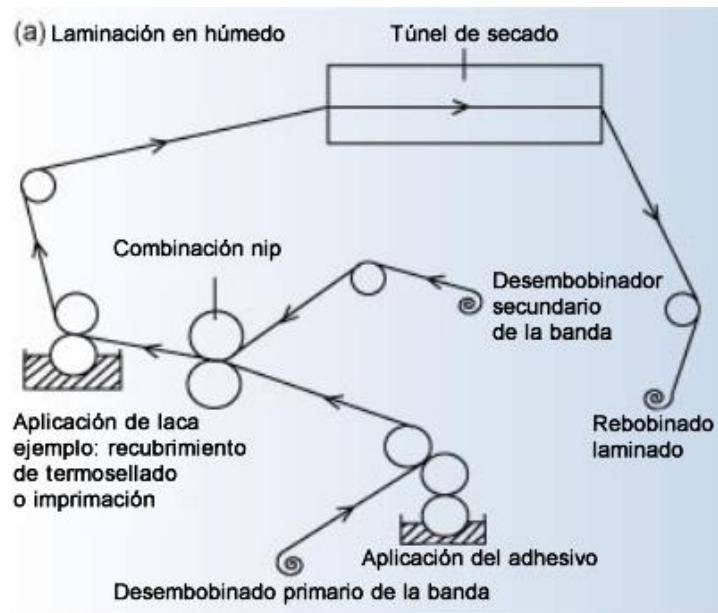


Figura 1 - laminado

Imagen tomada de (elempaquete.com; n.d.)

Lean manufacturing (Manufactura Esbelta)

Lean manufacturing es un conjunto de varias metodologías de ingeniería que tienen como objetivo principal la disminución de desperdicios dentro de un proceso productivo. Este término surgió en los sistemas de producción de Toyota (TPS) en Japón. “Lean es una filosofía de gestión, compuesta por un conjunto de conceptos, principios y herramientas, usadas para maximizar el valor al cliente. Utilizando el mínimo de recursos (eliminando desperdicios) y aprovechando al máximo el conocimiento y capacidad de las personas.” (Lean institute Colombia, 2019).

Esta filosofía busca garantizar que todos los procesos productivos de una empresa sean de la mejor calidad, al menor costo y en el menor tiempo posible. Por lo tanto, para poder conseguir esto, Lean se ha construido mediante una base fundamental que contiene tres factores: estabilidad en la producción (Heijunka), estandarización del trabajo, y mejoramiento continuo (Kaizen). Sin embargo, la filosofía Lean no solo está conformada por los factores ya mencionados, sino también por otros dos pilares que la complementan. El primer pilar es, *Just in time*, cuyo objetivo es producir exactamente lo que pide el cliente, en la cantidad y en el momento necesario (takt time); aquí se pueden utilizar diferentes herramientas de ingeniería como SMED, Value stream map, kanban, entre otras. Por otro lado, el segundo pilar es, Jidoka, que busca principalmente la automatización de procesos, es decir, parar y notificar anomalías y errores que se tengan y no dejarlos seguir en la siguiente operación.

Ahora bien, para poder implementar la filosofía Lean Manufacturing dentro de una empresa, es fundamental que todos los elementos ya mencionados, tanto las bases como los pilares de esta metodología, sean entendidos como un mismo sistema que se enfoca en reducir desperdicios, mejorar la calidad y reducir costos.

OEE (Overall Equipamiento Effectiveness)

OEE (Overall Equipment Effectiveness) es un indicador que muestra o describe el comportamiento de una máquina dentro de su proceso productivo, es decir, indica que tan eficiente es el equipo y permite identificar cuáles son las pérdidas principales del sistema. Además, el análisis periódico de este indicador permite tener un control y verificación de los procesos para así generar e implementar posibles acciones de mejora dentro de la cadena productiva. La primera implementación del OEE fue en 1960 por Seiichi Nakajima en Nippon Denso y se utilizó como un indicador clave en el [TPM](#).

El OEE engloba tres componentes principales, la *disponibilidad*, que muestra el tiempo que estuvo parada la máquina; el *rendimiento*, que indica si el equipo estuvo funcionando a una menor capacidad de la esperada; y finalmente la *calidad*, la cual indica si se han producido unidades defectuosas.

Cálculo del OEE

Ecuación 1 - OEE

$$OEE = Rendimiento * Disponibilidad * Calidad$$

Ecuación 2 - Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ productivo}{Tiempo\ total\ de\ trabajo} * 100$$

Ecuación 3 - Rendimiento

$$Rendimiento = \frac{Produccion\ real}{Capacidad\ productiva} * 100$$

Ecuación 4 - Calidad

$$Calidad = \frac{Produccion\ buena}{Produccion\ real} * 100$$

Ahora bien, para el cálculo de cada uno de estos factores, se deben de tener en cuenta las siguientes pérdidas: paradas inesperadas, paradas por averías,

configuración y ajuste de la máquina, reducción de velocidad, reprocesos y rechazos de producción.

En la siguiente tabla abordada por (Macías and Quintero, 2012) se encuentran los rangos comparativos del indicador OEE general junto con su calificación y las características que dichas mediciones pueden representar para una empresa.

Clasificación del OEE:

OEE	CALIFICACION	CARACTERISTCIAS
< 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad
≥ 65% < 75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad
≥ 75% < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
≥ 85% < 95%	Buena	Entra en Valores World Class. Buena competitividad
≥ 95%	Excelencia	Valores World Class. Excelente competitividad

Tabla 1 - Clasificación OEE

Tabla tomada de (Macías and Quintero, 2012)

SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambios rápidos)

El SMED (Single Minute Exchange of Die) es una herramienta de la filosofía Lean Manufacturing la cual busca que las empresas tengan un plazo de fabricación muy corto en sus diferentes procesos productivos. Esto con el fin de crear un factor diferenciador en las compañías, debido a que es muy importante que estas se puedan adaptar fácilmente a la demanda, es decir, que inmediatamente se recibe el pedido del cliente puedan comenzar la fabricación del producto sin ningún atraso.

“El propósito que busca esta herramienta es muy simple: Incrementar flexibilidad y estar disponible para reaccionar rápidamente a las necesidades de nuestros clientes y reducir los inventarios”.(Correa and Esbelta, 2007)

Para lograr esto, se analiza el tiempo de fabricación que comprende lo siguiente: Tiempo de elaboración, Tiempo de espera entre procesos sucesivos y Tiempo de transporte.

3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto

El alcance principal de este proyecto es que el proceso productivo de laminación de la empresa productora de empaques flexibles aumente su rendimiento y capacidad, para así poder llegar a tener un mayor nivel productivo. Sin embargo, antes de alcanzar este objetivo, se lograrán otras contribuciones dentro de la compañía. Por ejemplo, aumentar la competitividad de la mano de obra en el proceso de laminación, ya que, es importante que el personal esté capacitado para desarrollar su labor de la manera más competente y así evitar desperdicios y demoras innecesarias. De igual forma, se busca que la parte gerencial de este proceso esté capacitada para que puedan tomar decisiones asertivas y se logren reducir los costos de producción, en cuanto a las paradas no programadas, producto terminado dañado y re procesos.

Por otro lado, una de las contribuciones más importantes será la estandarización de procesos dentro de la empresa en el sector de laminado, ya que, cuando la variabilidad disminuye, es más fácil calcular los datos significativos del proceso, medirlos, analizarlos y finalmente proponer una acción de mejora, para así llegar a nuestro objetivo principal.

Nuestro aporte a la ingeniería industrial, es poder servir de guía para otros estudios y proyectos tanto en la industria de empaques flexibles como en otras industrias que quieran implementar acciones de mejora en los procesos mediante la seguimiento y cálculo del OEE, para que puedan usar nuestro estudio como referencia y conozcan que situaciones y consideraciones tuvimos que tener para un escenario de la industria real.

4 Metodología

Para lograr llevar a cabo este estudio se hizo necesaria la ayuda de distintos recursos humanos, herramientas de análisis

Participantes: En este estudio hicieron parte 12 personas del proceso de laminado correspondientes a la totalidad de los 4 equipos que se manejan dentro de la empresa para dicho proceso, a los cuales se les entrevistó personalmente con el fin de conocer cómo realizaban el proceso de laminado dúplex y triplex además de conocer en qué procedimientos las máquinas presentaban las mayores pérdidas de tiempo.

Por otro lado, hicieron parte del proceso el jefe de planta y una ingeniera de procesos los cuales nos suministraron toda la información necesaria para poder realizar el estudio incluyendo accesos a la planta, datos recolectados y descripción de los procesos.

Materiales/Equipos: Para la recolección de datos se utilizó la plantilla incluida en el Anexo 3 , que se componía del nombre de la actividad realizada dentro del proceso de laminado ya fuera dúplex o Triplex, el tiempo que duraba cada actividad de acuerdo a lo observado directamente y medido por medio de un cronómetro con el fin de obtener la información necesaria para contrastar el resultado con los cálculos del OEE que se venían realizando en la empresa por medio del sistema integrado de la planta.

Por otro lado, se hizo uso de las bases de datos del proceso de laminado que contenían los tiempos de producción, tiempos de paros, razón de los paros, los indicadores de disponibilidad, calidad y rendimiento, el cálculo del OEE y distintos gráficos de barras que describían mejor los porcentajes de pérdidas.

Procedimiento: Como primer paso para la recolección de datos se utilizaron las bases de datos que el sistema integrado de la planta maneja, esto con el fin de conocer la manera en que se estaban calculando los indicadores que componen el OEE y de esta forma poder guiarnos en el momento de ir a observar directamente el proceso de laminado; luego de esto, utilizamos la plantilla creada ya estando dentro de la planta, para escribir los pasos del proceso lo más detallado posible de acuerdo con la entrevista que se les hizo a los trabajadores del área de laminado tanto dúplex como Triplex para tener un entendimiento completo del proceso.

Se tomaron tiempos para validar contra el sistema integrado de producción que es ejecutado en un ordenador que utiliza cada máquina. Los días 12 y 17 de abril de 2019, los involucrados estuvieron tomando tiempo en el turno 2 de producción desde las 8:30 hasta las 11:30 en ambas máquinas

Entrando al análisis de los datos recolectados lo primero que se hizo fue comparar los tiempos tanto productivos como los de pérdida con la base de datos suministrada

y así poder corroborar que efectivamente los datos reales concordaban con los arrojados por el sistema, esto con el fin de comprobar que la información que se estaba generando electrónicamente no estuviera corrupta o alejada de la realidad.

Posteriormente y habiendo verificado lo anteriormente dicho, se procedió a aislar las causas más importantes de pérdidas de tiempo productivo en el proceso de acuerdo a los indicadores que componen el OEE que estaban en un porcentaje menor mediante un diagrama de Pareto. Habiendo hecho esto, el paso siguiente fue realizar una lluvia de ideas en conjunto con el grupo integrante de otro proyecto realizado en la misma empresa, este estaba compuesto por dos personas, además, se tuvo la participación del tutor temático del proyecto para proponer herramientas de mejora que pudieran incrementar el valor de la disponibilidad de los equipos del proceso de laminado frente al OEE. Esto se hizo discutiendo el proceso productivo de laminación y los problemas identificados producto del análisis de datos que se llevó a cabo previamente, para esto, cada integrante realizaba cinco propuestas de mejora por causal expuesta y posteriormente se descartaron las que de antemano se sabía no eran factibles y las restantes se agruparon en categorías de relación. Para llevar a cabo, esta actividad se utilizó la herramienta padlet, cuya evidencia la pueden encontrar en el Anexo 1

Para la evaluación y selección de las acciones de mejora propuestas, primero se presentó ante el comité de mejoramiento de procesos que tiene la empresa para conocer la viabilidad de las mismas teniendo en cuenta, dificultad de implementación, coste de la implementación y problema que solucionaba, para de este modo poder filtrar las propuestas generadas en la lluvia de ideas de la que se habló anteriormente y así elegir la mejor.

Como parte final del procedimiento, se creó un plan de acción para hacer la implementación de la propuesta de mejora seleccionada mediante la ayuda de la herramienta 5W+2H guiado por un cronograma, en dónde se establece lo que se va a hacer, cuándo se va a hacer, por cuánto tiempo se va a hacer y la persona encargada de cada acción, que se ajustó a lo expresado por los dueños de la empresa en el paso anterior.

5 Resultados

5.1.1 Resultados Objetivo 1

En la base de datos suministrada por la empresa, sumada a las visitas en planta que se hicieron, se encontró que el indicador OEE actual del periodo de marzo del presente año es de 47,3%, que se divide entre las dos máquinas Duplex y Triplex en las que el indicador para ese mes corresponde a 39% y 48% respectivamente como se puede observar en Tabla 2.

Tabla 2 - OEE actual de las máquinas

	% Calidad	%Disponibilidad	% de rendimiento	OEE
Duplex	99,9%	53,8%	72,6%	39,0%
Triplex	100,7%	57,2%	84,2%	48,5%

Tabla de elaboración propia

En la actualidad como se puede evidenciar en la tabla anterior, el porcentaje de calidad es muy cercano al 100% lo que indica que por el momento esta no está representando un problema para la producción del proceso de laminación. Por otro lado, el porcentaje de rendimiento se mantiene entre el 70% y el 80%, esto se debe a que ciertas referencias no se pueden producir a la velocidad teórica de la máquina, sino que varía de acuerdo a la referencia, sin embargo, no representa un problema actualmente para el cálculo del OEE. No obstante, el porcentaje de disponibilidad sí que representa un bajón en el cálculo del OEE ya que esta ronda el 50%, de acuerdo a esto, el enfoque en las propuestas de mejora se debe centrar en el mejoramiento de dicho porcentaje.

Desde enero del 2018 hasta la actualidad, la empresa para medir la efectividad de su maquinaria en el proceso de laminación de empaques flexibles, que consta de dos máquinas denominadas la Dúplex Nordmeccanica y la Triplex, ha venido calculando el indicador OEE; indicador que calculan mediante la multiplicación de los porcentajes de calidad, rendimiento y disponibilidad de cada máquina. Cada porcentaje lo calculan de la siguiente manera:

$$\text{Calidad: } \frac{\text{Suma de metros buenos}}{\text{Suma de metros buenos} + \text{Suma de metros malos}}$$

$$\text{Rendimiento: } \frac{\text{Promedio de velocidad } \left(\frac{m}{\text{min}}\right)}{\text{Velocidad teórica de la máquina}}$$

Disponibilidad: $\frac{\text{Suma de horas buena copia}}{\text{Horas totales de producción}}$

Al revisar los datos, se encontró que existían algunas inconsistencias entre la información que se utilizaba para calcular el OEE mensual del área de laminación y la que se usaba para calcular el OEE para cada máquina. Siendo que, los valores de las variables necesarias para el cálculo como lo son metros buenos, horas totales, horas buena copia que es como ellos determinan a las horas productivas en que el producto sale con buena calidad, entre otras. No coincidían en sus valores, como se puede evidenciar en la siguiente tabla.

Tabla 3 - Comparación de datos del OEE

	Etiquetas de fila	Suma de Metros Buenos	Promedio de Velocidad (m/min)	Suma de Hrs. Totales	Suma de Hrs. Buena Copia	Suma de Hrs. Set Up	Suma de Hrs. Detenciones	Suma de # Entradas	Suma de Metros Malos
Total	Marzo	6575373	212	883	1901	850	886	289	26261
Duplex	Marzo	3590246	218	511	275	67	170	125	-4735
Triplex	Marzo	3969080	211	550	314	104	132	137	29282
Suma	Marzo	7559326	429	1061	589	170	302	262	24546

Tabla de elaboración propia

Tiempos de paro de la máquina:

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente de que el porcentaje de disponibilidad es el que está impactando en mayor medida al OEE, se entró a analizar las causales de pérdida de disponibilidad en las máquinas. La empresa registra los tiempos de las causales de pérdida de tiempo productivo, es decir pérdida de disponibilidad, en ambas máquinas de acuerdo a los ítems que se muestran en Tabla 4.

Tabla 4 - Causales de pérdida de disponibilidad

Causales
Fallas de Mantenimiento
Inactividad operacional
Materiales e insumos
Paradas mayores a 24 horas
Parada sin registro
Problemas administrativos
Pruebas productos existentes
Reparación general
Reprocesos
Sin energía
Sin trabajo
Arreglo inicial
Pruebas nuevos productos

Tabla de elaboración propia

Estos ítems se encuentran incluidos dentro del sistema integrado de producción que maneja la empresa y son activados mediante un código que digita el operario jefe de cada máquina cada vez que se presenta alguna de esas causales. Cada que un código de estos es digitado, se genera un cronómetro que hace un conteo del tiempo que transcurre desde que se digita hasta que se da como finalizada la causal, de este modo esa pérdida de tiempo productivo se carga al sistema y es utilizada como insumo para calcular el OEE.

Luego de un desglose y teniendo en consideración procesos que son inevitables y necesarios de acuerdo ya sea a las necesidades de la máquina o por políticas de la empresa, se identificó que las causas más relevantes en la actualidad y que contribuyen negativamente al porcentaje de disponibilidad de la máquina son las **fallas de mantenimiento** que representa un 10,8% en Triplex y 9% en Dúplex y se encuentra comprendido por 19 factores; la **inactividad operacional** que representa un 17% en Triplex y un 9,6% en Dúplex, está comprendido por los arreglos menores a 4 minutos, los errores operacionales, limpieza durante el proceso, esperas de aprobación de calidad y la más importante reventones durante el proceso que significan casi un 50% del total de horas de paro por inactividad operacional; por otro lado, los **arreglos iniciales** que significan aproximadamente un 30% de las horas de paro.

Es importante aclarar, que para el análisis de este proyecto no se tuvo en cuenta las paradas mayores a 24H que representan el mayor porcentaje de horas en la pérdida de disponibilidad con un 40% en Dúplex y un 24% en Triplex, debido a que la empresa manifestó que esto sucede debido a los paros que se dan el día domingo en los que la máquina no está operando.

Arreglos iniciales:

En cuanto a los tiempos de alistamiento en la actualidad, se encontró con que se ha cambiado la forma en que se calcula, ya que anteriormente se componía de 22 factores y ahora está conformado por únicamente 4 de ellos, cambio de ancho, cambio de adhesivo, ajustes durante el cuadro y cambio de cuchillas, dicho cambio sucedió durante la ejecución del proyecto, por lo que se consideró que son las actividades en las que se deben enfocar las propuestas de mejora en tiempos de alistamiento.

Tabla 5 - Composición de arreglos iniciales

Causales (Suma hrs parada)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total general
Cambio de ancho			72	39	111
Ajustes durante el cuadro	12	15	5	4	36
Cambio de adhesivo/resina			20	8	28
Cambio de cuchillas		1			1

Tabla de elaboración propia

Haciendo un análisis de los datos, específicamente de las paradas no programadas en las que incurre el proceso tanto en la máquina Triplex como en la Duplex, se pudo identificar ciertas actividades que son las que más generan la pérdida de tiempo productivo.

Como se explicaba en la metodología, de la toma de tiempos el resultado fue que los tiempos tomados coincidían con el tiempo registrado por el sistema en el cronómetro, esto se puede evidenciar en la Tabla 6.

Tabla 6 - Formato de toma de tiempos

	Fecha:		17 abril, 2019
	Supervisor		Alejandro Hernández
	Turno de producción		2
	Máquina		Triplex
	Hora	Velocidad	Causa
1	9:00	180	Solo estaba el operador, los dos ayudantes estaban en horario de desayuno
2	9:10	180	Solo estaba el operador, los dos ayudantes estaban en horario de desayuno
3	9:20	191	Producción
4	9:30	200	
5	9:40	200	
6	9:50	220	
7	10:00	220	
8	10:10	220	
9	10:20	200	
10	10:30	200	
11	10:40	0	Paro por falla operativa
12	10:50	0	
13	11:00	0	
14	11:10	0	
15	11:20	0	
16	11:30	0	
17	11:40	0	
18	11:50	0	

Tabla de elaboración propia

En dicho experimento se verificó el tiempo tomado por los involucrados de cada actividad contra el sistema visual que arrojaba la pantalla y los datos coincidieron en todas las ocasiones. Este proceso se repitió dos veces y la tabla tomada puede ser consultada en el Anexo 2

5.1.2 Resultados objetivo 2

De acuerdo con las causales identificadas por medio del análisis de las bases de datos se generaron las siguientes ideas de mejora:

Triplex

En esta máquina los principales influyentes en estos tiempos perdidos son la inactividad operacional, materiales e insumos, paradas mayor a 24H y reparación general, donde estos representan el **68%** del total, lo que significan alrededor de 1067H de inactividad operacional en el periodo comprendido entre Julio de 2018 a abril de 2019, los tiempos exactos que consumieron se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 - Causales de perdida de disponibilidad Triplex

Causales	Triplex		
	Cant. Horas	% Influencia	Acumulado
Parada mayor a 24 H	379	24,2%	24,2%
Inactividad operacional	270	17,2%	41,4%
Reparación General	227	14,5%	55,8%
Materiales e Insumos	201	12,8%	68,7%
Fallas de Mantenimiento	169	10,8%	79,4%
Parada Sin Registro	95	6,0%	85,5%
Sin Energía	57	3,6%	89,1%
Reprocesos	55	3,5%	92,6%
SIN TRABAJO	54	3,4%	96,0%
Problemas Administrativos	46	2,9%	99,0%
Pruebas Nuevos Productos	13	0,8%	99,8%
Pruebas Productos existentes	3	0,2%	100,0%
Total general	1569		

Tabla de elaboración propia

De este modo, se desglosó cada causal para hallar las actividades que la componen y poder determinar en cuales se invertía más tiempo

Inactividad operacional

Tabla 8 - Causales de inactividad operacional Triplex

Inactividad operacional	17% del total		
Causales	Cant. Horas	% Influencia	Acum.
Limpieza en proceso	91	34%	33,63%
Reventon en proceso	52	19%	52,73%
Casino	32	12%	64,55%
Semiprocado defectuoso	21	8%	72,41%
Esperando calidad	20	7%	79,89%
Espera material entre proc	12	4%	84,28%
Bomba obstruida	12	4%	88,66%
Arreglos menores 4 min	11	4%	92,83%
Error de operación	9	3%	96,12%
Problemas en planeacion	7	3%	98,88%
Plenarias	3	1%	99,80%
Esperando Materia prima	1	0,19%	99,99%
Tomando aplicación de adhesivo	0,03	0,01%	100,00%
TOTAL	270	100%	

Como se puede evidenciar en la Tabla 8 la inactividad operacional equivale al **17%** del total de las paradas no programadas lo que equivale a 270H, las actividades más importantes que la componen son la limpieza en proceso, reventón en proceso y el casino, estas componen el **64,55%** de la inactividad operacional.

Como se contó en la metodología, el resultado de la lluvia de ideas generó esta serie de propuestas: Para ellas se pensó en una serie de propuestas que podrían ayudar a reducir dichos tiempos de modo que se puedan aprovechar como tiempo productivo y que se podrían evaluar.

Limpieza en proceso

Para la limpieza en proceso se encuentran:

- Poner un límite de velocidad en los equipos para evitar derrames y salpicaduras de adhesivo.
- Mayor supervisión en los puntos más críticos y propensos a ensuciarse con adhesivo.
- Diseñar y comprar una herramienta que contenga las salpicaduras alrededor del rodillo de modo que no caiga adhesivo donde no debe.
- Hacer limpiezas preventivas en el proceso habiendo identificado los puntos críticos
- Estandarizar el llenado de canoas de adhesivo y presión ejercida por los presores.

Casino

Para controlar las idas al casino debido a que se ha evidenciado que muchas veces la máquina se encuentra inactiva mientras todos los empleados se van a almorzar (algo que teóricamente no puede pasar) se proponen:

- Implementar un sistema de tarjetas donde solo se pueda ausentar un operario a la vez
- Colocar un registro de mano en el cual se le haga un control de los tiempos en el casino a cada operario
- Implementar bonificaciones para aquellos equipos de trabajo que no dejen las máquinas inactivas
- Generalizar una regla que prohíba parar la máquina en hora de ir al casino.

Reventón en proceso

Para disminuir o evitar los reventones en proceso se planteó lo siguiente:

- Establecer un límite de velocidad a los equipos de modo que un material con características débiles pueda resistir
- Implementación de un sistema de control de tensión que ayude a ajustarla teniendo en cuenta la medición arrojada por otra herramienta que mida el espesor del aluminio
- Estandarizar (capacitar) los equipos de trabajadores, de modo que todos operen de la misma manera.

Materiales e insumos

Esta es una de las causales que también consume una cantidad de tiempo productivo considerable, equivalente a un **13%** de las paradas no programadas que son nada menos que 201H, al desglosar esta causal en los distintos motivos se obtuvo lo siguiente.

Tabla 9 -Causales de materiales e insumos

Material e insumos	13% del total		
Causales	Cant. Horas	% Influencia	Acum.
MATERIA PRIMA DEFECTUOSA	132	66%	66%
ESPERA MATERIAL ENTRE PROCESOS	50	25%	90%
ESPERANDO MATERIA PRIMA	16	8%	98%
ESPERANDO CILINDROS	3	1%	99%
ESPERANDO ETILO	2	1%	100%
TOTAL	201	100%	

Tabla de elaboración propia

En lo cual se puede ver que la materia prima defectuosa conforma el **66%** de todo el tiempo perdido por materiales e insumos equivalente a 132H por lo que prestarle atención es muy importante, para ello se pensó en las siguientes propuestas.

Materia prima defectuosa

- Buscar un proveedor de emergencia que sea nacional, de modo que se puedan cubrir imprevistos.
- Crear una rúbrica para medir los estándares de calidad de los materiales y de este modo usarla de insumo para establecer un control más riguroso en recibo de material, de este modo no llegaría hasta producción para tener que ser rechazado.

- Destinar un espacio para almacenar materia prima de emergencia dentro de la planta teniendo en cuenta que el 75% de la capacidad de la planta se está ocupando.

Dúplex

Se identificó que las causales de pérdida de tiempo productivo para la máquina Dúplex eran las mismas que en la Triplex.

Tabla 10 - Causales de pérdida de disponibilidad Dúplex

Causales	Maquina Duplex		
	Cant. Horas	% Influencia	Acumulado
Parada mayor a 24 H	697	39,9%	39,9%
Reparación General	212	12,1%	52,0%
Inactividad operacional	168	9,6%	61,6%
Fallas de Mantenimiento	157	9,0%	70,6%
Materiales e Insumos	141	8,1%	78,7%
SIN TRABAJO	103	5,9%	84,6%
Parada Sin Registro	94	5,4%	90,0%
Problemas Administrativos	74	4,2%	94,2%
Reprocesos	66	3,8%	98,0%
Sin Energía	25	1,4%	99,4%
Pruebas Nuevos Productos	9	0,5%	99,9%
Pruebas Productos existentes	1	0,1%	100,0%
Total general	1747		

Tabla de elaboración propia

Como se puede ver en la tabla anterior sin tener en cuenta las paradas mayores a 24H y la reparación general, se evidencia que son las mismas que la máquina Triplex, materiales e insumos, inactividad operacional y las fallas de mantenimiento como las causas principales de paradas no programadas.

Inactividad operacional

Tabla 11 - Causales de inactividad operacional Dúplex

<i>Inactividad operacional</i>	10% del total		
Causales	Cant. Horas	% Influencia	Acumulado
Limpieza en proceso	51	30%	30%
Reventon en proceso	47	28%	58%
Casino	18	11%	69%
Problemas en planeacion	14	8%	77%
Arreglos menores 4 min	13	8%	85%
Falta de personal	6	4%	88%
Espera material entre proc	6	3%	92%
Plenarias	4	3%	94%
Esperando calidad	4	2%	96,74%
Bomba obstruida	1	0%	97,20%
Semiprosesado defectuoso	4	2%	99,59%
Error de operación	1	0%	100%
TOTAL	168		

Tabla de elaboración propia

Se pudo encontrar que en la inactividad operacional las tres principales causas son las mismas que en la Triplex, es decir la limpieza en proceso, reventón en proceso y el casino. De este modo, las propuestas establecidas para mejorar en la Triplex se pueden extender a esta máquina.

Selección de propuestas

Como se mencionó en la metodología, se presentó ante el comité de mejoramiento de procesos de la empresa las propuestas previamente descritas, de modo que se pudiera identificar cuáles eran viables y cuáles no. De este modo se clasificaron de la siguiente manera:

Inviabiles:

Tabla 12 - Propuestas inviabiles

LIMPIEZA EN PROCESO	VIABILIDAD
Poner un límite de velocidad en los equipos para evitar derrames y salpicaduras de adhesivo.	Se debe hacer un análisis de cuál sería la velocidad óptima. Para no generar paros y cada referencia se produce en distintas condiciones.
Mayor supervisión en los puntos más críticos y propensos a ensuciarse con adhesivo.	No se puede, debido a que se requiere que los operarios estén pendientes de otros factores más importantes para manipular la máquina
Estandarizar el llenado de canoas de adhesivo y presión ejercida por los presores.	Es complicado, ya que todos los ajustes varían de acuerdo con la referencia que se produce
CASINO	VIABILIDAD
Implementar bonificaciones para aquellos equipos de trabajo que no dejen las máquinas inactivas	No se dijo nada al respecto
Generalizar una regla que prohíba parar la máquina en hora de ir al casino	No se dijo nada al respecto
REVENTON EN PROCESO	VIABILIDAD
Establecer un límite de velocidad a los equipos de modo que un material con características débiles pueda resistir	No es posible, ya que, el problema también está en los rodillos que se desgastan y crean arrugas, por lo cual el operario aumenta la tensión para evitarlas, y es por esto que el foil se revienta. Se están comprando nuevos rodillos para evitar esto. Se están cambiando varias estructuras de foil a poliéster metalizado, y es un material que es más difícil que se reviente. Es mejor para el reciclaje.
Implementación de un sistema de control de tensión que ayude a ajustarla teniendo en cuenta la medición arrojada por otra herramienta que mida el espesor del aluminio	El aluminio no se le mide el espesor, se revienta y ya. Por lo tanto, no es posible medir eso. Limite elástico muy pequeño.
MATERIALES E INSUMOS	VIABILIDAD
Buscar un proveedor de emergencia que sea nacional, de modo que se puedan cubrir imprevistos	No es viable, no hay.
Crear una rúbrica para medir los estándares de calidad de los materiales y de este modo usarla de insumo para establecer un control más riguroso en recibo de material, de este modo no llegaría hasta producción para tener que ser rechazado.	Reciben materia prima con certificado de calidad
Destinar un espacio para almacenar materia prima de emergencia dentro de la planta teniendo en cuenta que el 75% de la capacidad de la planta se está ocupando.	No hay espacio para almacenar materia prima extra. Aparte materiales no les deja pedir más de lo necesario y planeado.

Tabla de elaboración propia

Ya están implementadas o están en proceso:

Tabla 13 - Propuestas en proceso

LIMIEZA EN PROCESO	VIABILIDAD
Diseñar y comprar una herramienta que contenga las salpicaduras alrededor del rodillo de modo que no caiga adhesivo donde no debe.	La máquina tiene un mecanismo parecido.
Hacer limpiezas preventivas en el proceso habiendo identificado los puntos críticos	Ya se está implementando
CASINO	VIABILIDAD
Implementar un sistema de tarjetas donde solo se pueda ausentar un operario a la vez	Este problema no debe de ser muy significativo ya que, cada operario tiene su actividad y puede desarrollarla sin depender del otro. El problema está cuando tienen colaboradores nuevos. No puede quedar este solo sin ninguna supervisión, así este rodando el material.

Tabla de elaboración propia

Viables:

Tabla 14 - Propuestas viables

CASINO	VIABILIDAD
Colocar un registro de mano en el cual se le haga un control de los tiempos en el casino a cada operario.	Mejor control de los tiempos de casino

Tabla de elaboración propia

5.1.3 Resultados objetivo 3

De este modo mediante la herramienta 5W + 2H se obtuvo como resultado lo siguiente para la propuesta ganadora:

Tabla 15 - 5W+2H

Propuesta de mejora	5 W – 2 H	
Implementar un sistema de registro de detección dactilar que permita realizar un control de los tiempos en el casino a cada operario	What - Qué	Las paradas por casino representan un 12% de las paradas no programadas totales. Esto ocurre debido a que cuando ocurren cambios o alistamientos que coinciden con hora de casino, la cuadrilla completa se ausenta de la máquina, en vez de ir uno por uno, o por lo menos dejar un operario encargado de la máquina.
	When - Cuando	En las paradas de cambios de ancho, cambio de adhesivo y alistamientos.
	Where - Donde	Maquina triplex, Maquina Duplex
	Who - Quien	El problema se presenta en lo operarios de las maquinas triplex y duplex.
	Why - Por que	Falta de supervisión y control en las entradas y salidas del casino
	How - Como	Se implementara un sistema de detección dactilar en la entrada del casino para monitorear los tiempos de cada operario
	How much - Cuanto	\$375,900 + 193,228= 569,128

Tabla de elaboración propia

A su vez, teniendo en cuenta que lo que se aplica es un control en los tiempos de los operarios, se pensó que es vital para el correcto desarrollo de la mejora y fomentar la competitividad y cumplimiento de los objetivos el implementar un sistema de incentivos, si bien no monetarios sino de tiempo al equipo que más cumpla con el tiempo de permanencia en el casino, donde a cada miembro del equipo ganador se le garantice un descanso de media jornada remunerado y se haga efectivo un operario a la vez en días diferentes para así garantizar que el equipo pueda seguir trabajando correctamente. Si bien el sistema puede generar costos para la empresa, serían mínimos (alrededor de \$55,208 por los cuatro empleados) comparado con el aumento en productividad y cumplimiento de objetivos a largo plazo.

5.2 Discusión de resultados

5.2.1 Discusión objetivo 1

Dentro de la validación de la recopilación de datos de producción y el cálculo del OEE se encontró una inconsistencia en los datos mediante los cuales se calculaba el indicador para cada máquina y el indicador total del área, siendo que los datos recopilados utilizados para el cálculo del OEE total del área en el mes deberían ser equivalentes a la suma de los datos recopilados de ambas máquinas para el mismo mes. Esto pudo ser causado por una diferencia en la actualización de los datos en el sistema integrado de la empresa que hace que se generen dos informes distintos en cuanto a datos se refiere.

Por otro lado, se observó que a pesar de que las causales de paradas no programadas en el proceso productivo son numerosas, los operarios las identifican de una manera adecuada y conocen los códigos de activación de cada una de estas. De este modo, se evidenció que el registro de estas causales en el sistema es el adecuado, es decir, no registran mal en el momento en que se presente una, tampoco se da lugar a que se les olvide ingresar el código ya que el sistema cuenta con una alerta visual que le exige al operador hacerlo.

De acuerdo al experimento realizado por los involucrados en cuanto a la comparación de los tiempos reales contra el sistema, no se encontró que el sistema presentara alguna falla de medición y toma de datos ya que siempre coincidieron los tiempos.

Ahora bien, en cuanto al análisis de datos que se realizó se encontró que dentro de la pérdida de disponibilidad se hizo un cambio en el ítem de arreglos iniciales en donde pasó de ser conformado por 22 causales a solo 4, lo que mejoró significativamente el análisis de lo que comprende inactividad operacional, y de igual forma el cálculo del OEE.

De la misma manera, se identificó una irregularidad en el cálculo del indicador, ya que, la empresa tiene en cuenta las paradas mayores a 24 horas en las causales de paros no programados y por ende en el cálculo del OEE. De aquí surge la recomendación, de entrar a analizar si es necesario tener en cuenta las paradas mayores a 24 horas dentro del cálculo del indicador, puesto que no se hará una

mejora o intervención a esta causal, ya que está determinado que los domingos no se cuenta con tiempo operativo. Además, esta causal representa el mayor porcentaje de influencia dentro del indicador para ambas maquinas, lo que puede estar generando un resultado equivocado en el OEE.

5.2.2 Discusión objetivo 2

De acuerdo con lo que se propuso y se presentó ante el comité de mejoramiento de procesos, se obtuvo que 10 de las propuestas generadas fueron declaradas como inviables, debido a que algunas como la implementación de un límite de velocidad para las máquinas, estandarizar el llenado de canoas de adhesivo, implementar un sistema que mida el grosor del foil de aluminio, entre otras, eran muy difíciles ya que cada referencia se producía bajo diferentes variables teniendo en cuenta sus características; otras como mayor supervisión de puntos críticos requiere un grado de atención muy grande por parte de los operarios, esto va en contra de la operación de la máquina ya que esta requiere que los operarios la estén supervisando de manera constante.

Por otro lado, se encontró que 3 de las propuestas que se hicieron ya se habían hecho o se estaban implementando en ese momento por lo que se pudo constatar que existe una coherencia entre lo que se había diagnosticado en el análisis de este proyecto y lo que se percibía por la empresa como problemas.

Se piensa que la forma en que se está trabajando dentro de la empresa, teniendo en cuenta el carácter de actividad que se ejerce en el área de laminado, que requiere una supervisión constante, junto con el hecho de que existe una rotación relativamente grande en los operarios haciendo que siempre se requiera un mínimo de dos operarios por máquina ya que los aprendices no se pueden dejar solos a cargo de la máquina por obvias razones de productividad y calidad, no permite que se pongan en práctica las formas de hacer mejoramiento que propone lean. Lean requiere que los operarios, quienes son los que verdaderamente comprenden lo que sucede en el área de producción, sean los que generen propuestas de mejoramiento en un espacio distinto al de producción y en conjunto, lo que no es posible por lo previamente dicho, además, requiere de un sistema de comunicación de información mucho más robusto donde se aliente a los operadores a identificar oportunidades de mejora más a menudo y comunicarla a los supervisores inmediatamente.

5.2.3 Discusión objetivo 3

Se encontró que el casino es motivo del 12% de las pérdidas de tiempo productivo para la máquina Triplex y un 11% para la Dúplex, de este modo implementando un control biométrico, la inactividad operacional en el caso de la Triplex, reduciría su participación en la pérdida de tiempo productivo de un 17% a un 15%, igualmente, la disponibilidad aumentaría en dos puntos porcentuales llegando a un valor de 59,3% y dando como resultado un OEE del 50%.

De este modo a pesar de que el aumento porcentual no es mucho, la inversión requerida para llevar a cabo la propuesta es pequeña, teniendo en cuenta que se requiere la adquisición de un sistema biométrico y dos personas que trabajen durante dos jornadas de 8 horas registrando a los operarios de planta, esta mejora se ubica dentro del campo de Just do it dentro de la matriz de evaluación de propuestas.

Con la implementación de esta propuesta se busca que no se ausenten todos los operarios de las máquinas y estas queden paradas ya que esta es una “práctica” muy común vista dentro de planta en donde ellos cuadran justo el cambio de referencia o de ajustes para la hora de casino y así poder irse todos a la vez.

Finalmente, y teniendo en cuenta que la medición y control de lo que hacen quizás genere cierta resistencia en los operarios, mediante el sistema de incentivos se puede hacer que tomen esa medida de una mejor manera, teniendo en cuenta que serían capaces de contar con un descanso de media jornada libre y remunerada que ayude a aumentar su compromiso y desempeño en la máquina y cumplimiento de objetivos. El factor personal también es un factor a tener en cuenta y de acuerdo con la naturaleza de la tarea que realizan diariamente, que requiere un gran esfuerzo físico, se considera que proveerles ese incentivo puede impactar de muy buena forma en la felicidad y comodidad laboral.

5.3 Conclusiones

De acuerdo con la validación realizada, se tuvo dificultades en cuanto al análisis de la base de datos proveída por la empresa, ya que, no se conocían los términos usados en la información recopilada por el sistema integrado de producción, lo cual hacía más complicado el proceso. Por otro lado, al momento de agendar visitas de campo a planta, para evidenciar los alistamientos y la producción en las máquinas de laminación, se presentaron ciertos imprevistos que hicieron que se no pudiera cumplir el cronograma por lo tanto hubo retrasos en la ejecución del proyecto, sin embargo, eso no afectó el resultado final del mismo.

Adicional a esto, se tuvo problemas de comunicación con los encargados del proceso, ya que no se tuvo acceso a información en tiempo real del proceso de mejora que la empresa también estaba adelantando para esa área

simultáneamente, por lo que, no se conocía qué mejoras se estaban ejecutando o estaban futuras a ejecutarse, esto llevó a que se hicieran reprocesos, debido a que en el momento de presentar las propuestas de mejora, de 14 propuestas hechas, solo se aprobó una de ellas debido a que las otras estaban en proceso o la empresa ya las había explorado.

También, se pudo concluir que a pesar de ser un indicador que fue implementado recientemente (aproximadamente dos años atrás), este se calculaba de forma correcta teniendo en cuenta la definición del cálculo del OEE presentada en la Ecuación 1 los ítems correspondían a lo que la teoría estipula y mediante algunos cambios graduales que la empresa hizo se fueron depurando algunas causales dentro de la pérdida de disponibilidad que no correspondían dentro de esa clasificación y que de esta manera se pudiera obtener un resultado más ajustado a la realidad.

De la misma manera, es importante concluir que a pesar de que el incremento en la disponibilidad de ambas maquinas haya sido únicamente de dos puntos porcentuales, este resultado es igualmente significativo, ya que, siguiendo el enfoque de la filosofía de Lean Manufacturing los cambios implementados en una empresa para lograr un desempeño world class comienzan de forma pequeña pero efectiva, siempre y cuando se mantengan en el tiempo.

Finalmente, queda la sensación de que el aporte no fue lo que se tenía planeado desde un principio, debido a que se esperaba un impacto mayor en el incremento del indicador, sin embargo, si queda la certeza de que el proceso realizado, sumado a los conocimientos adquiridos teniendo en cuenta que fue un proyecto hecho de manera presencial, creó el primer acercamiento en el mundo de la industria, permitiendo ver todos los factores que influyen dentro del funcionamiento de una empresa y generando la confianza de que lo que se hizo fue lo correcto, ya que las propuestas hechas concordaban con las que adelantó la empresa.

5.3.1 Recomendaciones para el sector

Debido a que el análisis de las causas que generan la pérdida de disponibilidad requieren de un estudio y recopilación de datos bastante amplio, se recomienda antes de calcular el OEE determinar y depurar cuales factores o ítems componen cada causa de manera que no se repitan o se incluyan dentro del cálculo ítems que no corresponden y esto termine por afectar el indicador total dando como resultado un valor erróneo.

Por otro lado, se recomienda procurar que los valores dentro de un mismo informe coincidan teniendo en cuenta que dicha coincidencia es vital para poder hacer un correcto análisis del OEE y que no se generen inconsistencias en la información.

También se recomienda incluir dentro de las reuniones de mejora continua a los operarios, dado que ellos son las personas que ese encuentran una mayor cantidad de tiempo dentro de producción, conocen cómo se operan las máquinas y qué inconvenientes se están generando en ellas, así se puede identificar de forma más fácil oportunidades de mejora y atacar todas aquellas que sean factibles.

Recomendaciones para investigaciones futuras:

Se recomienda para investigaciones futuras organizar la información y datos recopilados de una manera mejor, que permita identificar rápidamente los valores y no tener que hacer reprocesos en obtener los datos, además de que ayuda a disminuir las probabilidades de cometer errores en cálculos e interpretaciones.

A su vez se recomienda extender este proceso a todas las áreas de producción de empaques flexibles ya que este permite obtener un amplio conocimiento del área que se estudia y va desde la comunicación con los operadores de las máquinas, el análisis de datos, toma de tiempos hasta la interacción con personas de cargo gerencial, de este modo se podría aumentar la productividad a nivel macro de un sistema productivo de este tipo.

Debido a que no se tuvo acceso permanente a los datos recopilados por el sistema integrado de producción y que este si iba actualizando continuamente, es recomendable para la ejecución del estudio, de acuerdo a la limitada cantidad de tiempo para hacer el estudio, elegir un punto de partida en donde se analicen los datos hasta esa fecha y de acuerdo a ese análisis hacer las propuestas de mejoramiento.

Para la generación de propuestas de mejora, se recomienda estar al tanto de cuales medidas ha ido tomando la empresa de manera independiente para mejorar sus indicadores, de manera que sirvan como restricción y no se planteen propuestas que ya la empresa ha adelantado por sí misma, esto garantiza que todo lo que se proponga independientemente de si lo califican como viable o no, sea novedoso y contribuya en mayor medida con el mejoramiento.

6 BIBLIOGRAFÍA

- “ABC de la laminación de envases flexibles”. (n.d.). , available at: <http://www.elempaque.com/blogs/ABC-de-la-laminacion-de-envases-flexibles+114126> (accessed 29 March 2019).
- Alarcón, A. (2014), *Implementación De Oee Y Smed Como Herramientas De Lean Manufacturing En Una Empresa Del Sector Plástico, Universidad de Guayaquil*, available at: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>.
- Casilimas Macías, C.L. and Poveda Quintero, R.A. (2012), *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO OEE (OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT) EN LA LÍNEA TUBERÍA EN CORPACERO S.A.*
- Correa, F.G. and Esbelta, D.M. (2007), “MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING). PRINCIPALES HERRAMIENTAS”, No. 2.
- Gavrilu, A. (2017), “A REVIEW OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS”.
- Macias, C.L.C. and Quintero, R.A.P. (2012), *Implementacion Del Sistema de Indicadores de Productividad y Mejoramiento OEE En La Linea de Tuberia En CORPACERO S.A.*
- Torrez Díaz, V.C. (2017), “IMPLEMENTACIÓN DE OEE PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES KOMATSU 730E EN LA MINERA VOLCÁN SHUNGAR S.A.”
- JOISA mantenimiento industrial.* (3 de Julio de 2014). Obtenido de <http://mantenimientojoisa.com/mantenimiento-productivo-total/>
- IMC. (2016). *Instituto de mejora continua.* Obtenido de <http://www.imc-peru.com/smed.php?cod=1>

Anexo 2 - Tabla de recolección de datos

	Fecha:		17 abril, 2019
	Supervisor		Alejandro Hernández
	Turno de producción		2
	Máquina		Dúplex
	Hora	Velocidad	Causa
1	9:00	230	
2	9:10	230	
3	9:20	0	Esperando materia prima
4	9:30	0	
5	9:40	0	
6	9:50	0	
7	10:00	0	
8	10:10	0	
9	10:20	0	
10	10:30	0	
11	10:40	0	Woolite
12	10:50	250	
13	11:00	250	
14	11:10	200	
15	11:20	200	
16	11:30	200	
17	11:40	200	
18	11:50	200	

Anexo 3 – Plantilla de actividades

Fecha: 17/09/19		Título de:		Análisis de								
Máquina: Duplex		Para:		Set up								
Nº	ACTIVIDAD	Inicio de Actividad	Fin de Actividad	TIEMPO ETAPA	Distancia Recomendada	NÚM. PERSONAS					SITUACIÓN ACTUAL	
						OPERADOR	AYUDANTE	ACELERADOR	COLABORISTA	ENCARREGADO	TIEMPO INTERNO	TIEMPO EXTERNO
1	Cambio de MP	9:20	9:24				X					
2	Cambio de manga	9:22	9:25			X						
3	Esperando MP	9:25	10:38			X						
4	montar MP	10:38	10:42			X						
5	ajustes	10:42	10:45			X						
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												

Anexo 4 - Preguntas a operarios

Preguntas
¿Qué máquina opera?
¿Cómo es el proceso de dicha máquina?
¿Qué productos produce?
¿Cuándo se hacen alistamientos?
¿Qué tipos hay?
¿De qué actividades se componen?
¿Cuánto se deberían demorar?
¿Cuáles son las principales causas de demora en ellos?