

**PROPUESTA DE DISEÑO DE METODOLOGÍA DEL PILAR DE MEJORA
ENFOCADA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR LITOGRAFICO.**

LAURA VALENTINA ALDANA H.

OSCAR IVÁN RENGIFO D.



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PALMIRA – VALLE DEL CAUCA 2014**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE METODOLOGÍA DEL PILAR DE MEJORA
ENFOCADA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR LITOGRAFICO.**

LAURA VALENTINA ALDANA HURTADO

OSCAR IVÁN RENGIFO DELGADO

**Trabajo de Grado, presentado como requisito para optar al Título de
Ingeniero Industrial**

Director

INGENIERO WILSON ELIECER ORREGO



UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PALMIRA – VALLE DEL CAUCA 2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a nuestros padres que con su gran amor y fuerza nos levantaron y formaron en valores y principios para ser los profesionales que somos hoy día, por creer en nosotros, porque siempre somos los mejores a pesar de nuestros errores, gracias por ser nuestros guías a lo largo de este camino.

A nuestra familia, tíos, abuelos, primos, a los que hoy no están a nuestro lado como a los que aún permanecen y nos brindaron todo su apoyo incondicional, porque siempre pensaron en nosotros sin importar reconocimiento.

También a todos nuestros amigos que en las buenas y en las malas nos acompañaron en este proceso de formación.

A nuestros profesores que con mucha tenacidad y paciencia nos educaron.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ANEXOS	1
TÉRMINOS Y DEFINICIONES	2
INTRODUCCIÓN.....	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2 Formulación del Problema.	7
1.3 Justificación.	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo general.....	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	11
4. MARCO REFERENCIAL.....	15
4.1 Marco teórico.....	15
4.1.1 ¿Qué es el Mantenimiento Total Productivo (TPM)?	15
4.1.2 Objetivo.....	15
4.1.3 Estrategias.	15
4.1.4 Pilares del TPM.....	16
4.2 Pilar de mejora enfocada	17
4.2.1 Objetivo.....	17
4.2.2 Alcance.	17
4.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness)	17
4.3.1 Resultados	18

4.3.2	OEE y su relación con el TPM.....	19
4.3.3	Pérdidas y los seis resultados principales.	19
4.4	OEE global	27
4.5	Indicador económico ROA (Retorno del activo)	27
5.	SITUACIÓN ACTUAL	29
5.1	Descripción del proceso de producción	29
5.2	Descripción de maquinaria	30
5.3	DIAGRAMA DE FLUJO	31
6.	DESARROLLO	36
6.1	DIAGNÓSTICO.....	36
6.1.1	Indicadores de desempeño, OEE (Overall Equipment Effectiveness).....	37
6.1.2	Pérdidas en el sistema productivo.....	47
6.1.3	Seis outputs de la producción (PQCSDM).....	50
6.2	COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN	55
6.3	OEE GLOBAL.....	57
6.3.1	Indicador económico ROA.....	60
6.4	ESCENARIOS DE MEJORAMIENTO DE ROA	64
6.5	COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN MEJORADOS.....	72
6.5.1	OEE de 85%	72
6.5.2	OEE del 75%.....	73
7.	MODELO DE DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS BASADOS EN LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PROPUESTOS EN EL PILAR DE MEJORA ENFOCADA.	74
7.1	SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA	75

7.2	OEE Y OEE GLOBAL, FACTORES PARA EL DISEÑO UN MODELO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO	76
7.2.1	Disponibilidad del sistema	76
7.2.2	Rendimiento del sistema	77
7.2.3	Calidad del sistema	78
7.2.4	Resultados del diseño de modelo de sistema de producción para la empresa objeto de estudio.....	79
7.3	Análisis de Sensibilidad de resultados	80
7.3.1	Escenario 1: Aumentando la Disponibilidad de máquina Heidelberg .	81
7.3.2	Escenario 2: Aumentando la Disponibilidad de máquina Chief	82
7.3.3	Escenario 3: Aumentando la Disponibilidad de máquina ABDick.....	83
7.3.4	Escenario 4: Aumentando la Disponibilidad de actividad manual de corte en Guillotina.....	84
7.3.5	Escenario 5: Aumentando la Disponibilidad de actividad manual Foliado	86
7.3.6	Escenario 6: Aumentando el Rendimiento de todo el sistema de producción	88
7.3.7	Resumen de escenarios de mejora	89
8.	PASO A PASO DE IMPLEMENTACION DEL PILAR DE MEJORA ENFOCADA	91
8.1	Pasos para el lanzamiento del pilar	91
8.2	Determinación del OEE y los indicadores de productividad	93
8.3	Elaboración de diagnóstico inicial	94
8.3.1	Análisis financiero	96
8.3.2	Análisis final	97

8.3.3 Configuración de sistemas productivos	97
CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFIA.....	102
ANEXOS	105

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Averías crónicas y esporádicas en equipos industriales.	23
Ilustración 2. Optimización de los 6 Resultados del TPM.	24
Ilustración 3. Diagrama de flujo.	32
Ilustración 4. Pareto de producción anual.	33
Ilustración 5. Pareto de ventas de productos para cuatro meses.	33
Ilustración 6. Diagrama de proceso.	35
Ilustración 7. Motivos de paradas en el proceso de corte de trabajo terminado. ...	38
Ilustración 8. Paradas de máquina ABDick 360.	41
Ilustración 9. Paradas de máquina Chief.	42
Ilustración 10. Paradas de máquina Heidelberg.	44
Ilustración 11. Paradas en Proceso de Foliado.	47
Ilustración 12. Porcentaje de pérdidas con mayor frecuencia clasificadas por máquina y procesos manuales.	49
Ilustración 13. Desperdicio de materia prima depositados en canecas.	50
Ilustración 14. Funciones y Responsabilidades.	53
Ilustración 15. Desempeño del trabajo.	53
Ilustración 16. Motivación en el área de trabajo.	53
Ilustración 17. Condición salarial buena.	53
Ilustración 18. Correcta comunicación interna.	53
Ilustración 19. Acciones frente a irregularidades.	53
Ilustración 20. Sugerencias tomadas en cuenta por superiores.	54
Ilustración 21. Oportunidades para desarrollo profesional.	54
Ilustración 22. Participe de Éxitos y Fracazos.	54
Ilustración 23. Sistema de producción de empresa objeto de estudio.	71
Ilustración 24. Proceso de impresión en subsistema paralelo y Stand by.	76
Ilustración 25. Sistema de producción actual con datos de OEE 21.48%.	80
Ilustración 26. Escenario con aumento en Disponibilidad en Heidelberg.	81
Ilustración 27. Escenario con aumento en Disponibilidad en Heidelberg.	82

Ilustración 28. Escenario con aumento en Disponibilidad en ABDick	84
Ilustración 29. Escenario con aumento en Disponibilidad en proceso manual Guillotina.	86
Ilustración 30. Escenario con aumento en Disponibilidad en proceso manual Foliado.....	87
Ilustración 31. Escenario con aumento en el Rendimiento de todo el sistema	88
Ilustración 32. Ejemplo de Sistema de producción de empresa objeto estudio	94
Ilustración 33. Ejemplo de diagrama de Pareto, empresa objeto de estudio	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de evaluación para outputs de producción.....	25
Tabla 2. Convención sobre los valores de OEE.....	26
Tabla 3. Producción de los 5 principales productos.	34
Tabla 4. Datos promedios de operarios para el cálculo de elemento de OEE.....	38
Tabla 5. Datos recolectados de máquina ABDick para cálculo de elementos OEE	40
Tabla 6. Datos recolectados de máquina Chief para cálculo de elementos OEE ..	43
Tabla 7. Datos recolectados de máquina Heidelberg, cálculo de elementos OEE	45
Tabla 8. Datos promedios de operarios para el cálculo de elemento de OEE.....	46
Tabla 9. Pérdidas más representativas por cada equipo	49
Tabla 10. Datos de entregas mes Marzo	51
Tabla 11. Datos de entregas mes Abril.....	51
Tabla 12. Datos de entregas mes Mayo	51
Tabla 13. Datos de entregas mes Junio.....	51
Tabla 14. Datos de Tiempo de desempeño de máquinas para cálculo de Calidad	58
Tabla 15. Resultados de Elementos de OEE.....	59
Tabla 16. Indicadores de Clase Mundial para OEE	60
Tabla 17. Indicadores OEE mundiales para procesos.	60
Tabla 18. Precio de venta y Productos con mayor producción anual.	61
Tabla 19. Costo de Maquinaria.....	61
Tabla 20. Depreciación en pesos de Maquinaria Litográfica, periodo de 5 años...	61
Tabla 21. Datos ROA actual	62
Tabla 22. Flujo de caja empresa objeto de estudio en pesos.....	63
Tabla 23. Datos ROA mejorado con OEE 75%.....	67
Tabla 24. Cambios en componentes de OEE al 75%.	68
Tabla 25. Datos Roa mejorado con OEE de 85%	70
Tabla 26. Cambios en componentes de OEE al 85%.	71

Tabla 27. Costos de producción de talonarios al día.....	72
Tabla 28. Costos de producción de talonarios al día.....	73
Tabla 29. Datos de Disponibilidad de Máquinas y procesos manuales	77
Tabla 30. Datos de calidad en el sistema de producción	79
Tabla 31. Resultados de componentes OEE	79
Tabla 32. Datos de pérdidas de tiempo en minutos/mes por máquina	80
Tabla 33. Resultados de Disponibilidad máquina Heidelberg y OEE Global	82
Tabla 34. Resultados de Disponibilidad máquina chief y OEE Global.....	83
Tabla 35. Resultados de Disponibilidad máquina ABDick y OEE Global.....	84
Tabla 36. Tiempo total de procesamiento y Tiempo de paradas Guillotina	85
Tabla 37. Resultados de Disponibilidad proceso manual Guillotina y OEE Global	85
Tabla 38. Tiempos totales de procesamiento y paradas en el proceso de Foliado	87
Tabla 39. Resultados de Disponibilidad proceso manual Foliado y OEE Global ...	87
Tabla 40. Rendimiento de procesos del sistema de producción	88
Tabla 41. Resultados de cambio indicadores de Rendimiento a lo largo del sistema y OEE Global	89
Tabla 42. Resumen de resultados de mejoramiento de OEE.....	90
Tabla 42. Cómo actuar frente a la configuración del sistema.	98

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ecuación de Tasa de Disponibilidad.....	19
Ecuación 2 Ecuación de Tasa de Rendimiento.....	19
Ecuación 3. Ecuación de Tasa de calidad.	19
Ecuación 4. Ecuación Retorno de los activos	28
Ecuación 5. Disponibilidad para máquinas involucradas en el proceso de impresión	38
Ecuación 6. Rendimiento para máquinas involucradas en el proceso de impresión	38
Ecuación 7. Calidad para máquinas involucradas en el proceso de impresión	38
Ecuación 8. Ecuación cálculo de disponibilidad Stand By.....	57
Ecuación 9. Ecuación Disponibilidad en Serie o Disp. Total	57
Ecuación 10. Ecuación cálculo Calidad total.....	59
Ecuación 11. Ecuación cálculo de ROA actual.	62
Ecuación 12. Incremento en el OEE	64
Ecuación 13. Ecuación nueva tasa ideal de producción	65
Ecuación 14. Ecuación tiempo calendario actual	65
Ecuación 15. Ecuación Tiempo calendario mejorado.....	66
Ecuación 16. Ecuación Reducción costo de mano de obra.....	66
Ecuación 17. Ecuación Disponibilidad Paralelo	77
Ecuación 18. Ecuación Disponibilidad del sistema.....	77
Ecuación 19. Ecuación de Rendimiento del sistema.....	78
Ecuación 20. Ecuación Calidad efectiva	79
Ecuación 21. Ecuación Calidad del sistema.....	79
Ecuación 22. Disponibilidad mejorada sin pérdidas de tiempo.....	85
Ecuación 24 Ecuación tamaño de la muestra	110

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato toma de tiempos para máquinas.	105
Anexo 2. Encuesta de valoración del personal	106
Anexo 3. Plantilla de cálculo OEE	107
Anexo 4. Recolección de datos de órdenes de servicio.....	107
Anexo 5. Formato registro de pérdidas.....	108
Anexo 6. Muestra de tabla de toma de datos para el producto talonario. .	109
Anexo 7. Tamaño de la Muestra.....	110

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

ANOMALÍA: eventos anormales de un estándar que pueden ocurrir por la falta de seguimiento de su secuencia, la ocurrencia de sucesos inesperados o el incremento del tiempo estándar en algunas actividades de operación.

CALIDAD: Es el indicador más conocido por todos. Cuánto he fabricado bueno a la primera respecto del total de la producción realizada.

DISPONIBILIDAD: Cuánto tiempo ha estado funcionando la máquina o equipo respecto del tiempo que quería que estuviera funcionando quitando el tiempo no planificado.

MEJORA ENFOCADA: Concientización de las pérdidas causadas por fallas en los equipos y generar cambios en la mentalidad de los departamentos de mantenimiento, y producción para minimizar los defectos con un costo mínimo.

SMED: “Cambio de útiles en minutos en un sólo dígito”. Son técnicas para realizar las operaciones manuales en menos de 10 minutos.

OEE: Es el acrónimo para Efectividad Global del Equipo, muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. Es un indicador clave de desempeño, que permite medir la competitividad de la industria y compararse con respecto a los mejores de su clase que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

PRINCIPIO DE PARETO: Se refiere a la “regla del 80-20”, donde se enuncia que el 80% del fenómeno a analizarse se debe al 20% de las causas, mientras el 20% del fenómeno es ocasionado por el 80%. Restante. Surge de una observación realizada por Wilfredo Pareto quien determinó que 20% de la población posee el 80% de las riquezas, mientras que el 80% de la población posee el 20% de las riquezas. (Montgomery & Runger, 2006)

RENDIMIENTO: Durante el tiempo que ha estado funcionando, cuánto ha fabricado bueno y malo respecto de lo que tenía que haber fabricado en el tiempo de ciclo ideal.

TPM: Es un sistema de gestión compuesto por acciones ordenadas y una metodología específica para eliminar las pérdidas y despilfarros de los sistemas productivos y contribuir al logro de los objetivos estratégicos.

FOLIADO: Numerar ordenadamente las páginas de un escrito o impreso

CUELLO DE BOTELLA: fenómeno en donde el rendimiento o capacidad de un sistema completo es severamente limitado por un único componente. El componente es generalmente llamado punto del cuello de botella.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento continuo debe hacer parte de la cultura organizacional de las empresas que quieran mantenerse competitivas en el mercado, con el fin de responder a las necesidades cambiantes de los clientes, las organizaciones deben implementar un sistema que incremente la productividad, la calidad de los procesos y que disminuya los costos, a través de la eliminación y reducción de pérdidas. Dicho esto, este trabajo busca diseñar una metodología de implementación del pilar de mejora enfocada para las empresas del sector litográfico, para ello se ha tomado como objeto de estudio una empresa del sector litográfico de la ciudad de Palmira que tiene como objetivo ser la más competitiva del mercado.

Se realizará un diagnóstico de la situación actual de la empresa para detectar los problemas que presentan las máquinas y los procesos manuales, esto trascendiendo en la productividad y los costos, mostrando cuanto se está perdiendo en dinero con el sistema de producción que se utiliza actualmente y a cuánto podría reducirse luego de plantear los distintos escenarios utilizando la **Mejora Enfocada**; Se calcularán los indicadores de productividad para realizar un modelo determinando beneficios donde encontraremos cual es la opción que más impacta de manera positiva la productividad, finalmente se diseñará un paso a paso que contiene las herramientas para la recolección y análisis de la información para lograr la implementación del pilar de mejora enfocada.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Desde la invención en el siglo IXX, la litografía es una técnica de impresión básicamente con finalidad comercial y con procedimientos totalmente manuales, en donde el hombre está en constante contacto con todas las operaciones e insumos para la realización de la impresión.

En Colombia, alrededor de 9.000 empresas de artes gráficas prestan diferentes servicios. Cuatro son las grandes categorías que le dan un orden al sector y lo dividen en empaques y etiquetas, publicidad y comercial, editorial, y periódicos y revistas (Vergara, 2010), hoy por hoy de la industria gráfica viven miles de hogares, pero los niveles de informalidad del sector que alcanzan el 50% no está permitiendo una participación mayor en la economía a lo cual la presidenta de la Asociación Colombiana de la Industria Gráfica, Andigraf, María Alexandra Gruesso, es clave que más empresas ingresen a la formalidad con el apoyo del Gobierno¹. Actualmente se presentan grandes desafíos, por un lado el avance de la tecnología que desplaza el uso del papel y por otro lado los establecimiento de empresas informales que compiten con bajos precios y baja calidad de producto terminado, esta variable afecta al empresario formal por ser una competencia desleal en precios, que a su vez golpea su capacidad instalada para atender el mercado, desprestigiando el buen nombre y calidad del mercado de las empresas legalmente constituidas que representan². Según cifras del mercado en años 2008, 2009 y 2010, las empresas gráficas pasaron por una difícil recesión presentando caídas en producción y ventas. Al finalizar el 2011 la industria gráfica reportó un crecimiento promedio en su producción de 1,5% y 2,7% en las ventas totales. Lo anterior va de la mano con el mayor uso de la capacidad instalada que

¹

² ANDRIGRAF, Encuesta de opinión industrial conjunta, <<http://www.andigraf.com.co> > [2012]

alcanzó 78%, nivel por encima de lo registrado en 2010, siendo el subsector de productos publicitarios y comerciales el de mayor uso con 81%. En lo corrido del año 2012 para el periodo Enero – Julio el sector de actividades de impresión registra una caída de 0.6% en relación al mismo periodo del año anterior. Comportamiento influenciado principalmente por los resultados negativos acumulados por el sub segmento de productos publicitarios y comerciales. Las ventas totales del sector experimentaron una caída de 0.8% y 1.6% en las ventas realizadas en el mercado nacional, cifras que de nuevo se correlacionan estrechamente al comportamiento del segmento de publi-comerciales. El porcentaje de utilización de capacidad instalada para el mes de Julio del año 2012 se ubica en 69.5% cifra superior a la registrada en los dos años anteriores. Los principales obstáculos reportados por los empresarios de la industria de la comunicación gráfica resaltan problemas de demanda y rentabilidad representando el 38.5% de las empresas del sector encuestadas; por otro lado el 30.8% de las empresas encuestadas aseguran no tener problemas³.

La empresa objeto de estudio pertenece al sector de las Artes Gráficas donde se desempeñan conocimientos de litografía sobre libros, volantes, talonarios, afiches, catálogos y demás no cuenta con procedimientos ordenados para realizar los procesos de impresión y esto desencadena demoras en las entregas, generando insatisfacción en los clientes. La presencia de problemas a causa de materia prima no adecuada, falta de capacitación en trabajadores y distracciones en sus labores, olvidos en órdenes, incumplimientos en pedidos, desperdicio de materiales y falta de compromiso con el lugar de trabajo, llevan a la empresa a incurrir en costos de mantenimiento no programados, costos de recursos (unitarios), costos de energía, defectos del proceso, desechos de productos y reprocesamientos. Las empresas litográficas no manejan una demanda de productos estable, debido a que en diferentes periodos las demandas son cambiantes. En la búsqueda de soluciones a problemas que comúnmente se presentan a lo largo de los procesos, se

³ ANDRIGRAF, Encuesta de opinión industrial conjunta, <<http://www.andigraf.com.co> > [2012]

implementan métodos de mejora que aportan resultados de forma parcial y no de raíz, debido a que no se toman en cuenta diversos factores que influyen en éste; estas soluciones no son continuas y solamente se aplican cuando vuelve a aparecer el problema. Constantemente se toman esta clase de decisiones en la empresa y una razón que evidencia esto son los mantenimientos correctivos que se le realiza a los equipos cuando sufren averías, o en otras ocasiones cuando se nota que el equipo presenta algo inusual en su funcionamiento.

Mediante la aplicación del primer pilar del TPM pueden reducirse problemas de costos de recursos, ahorro de energía, disminución de accidentes, defectos del proceso y menos productos de desecho, generando a la empresa mayores ingresos gracias a que se entregaran productos de mejor calidad, obteniendo más clientes satisfechos, en donde el pilar de mejora enfocada trabaja en detectar las pérdidas de los equipos y disminuir los costos de producción.

En la actualidad es un proceso muy tecnificado a escala industrial; pero no aplica en su totalidad para el caso de las Pymes ya que no se posee técnicas tan avanzadas, como también seguimientos o inspecciones constantes que permitan corregir errores humanos, dando paso a problemas durante los procesos que en muchas ocasiones no se identifican y con los que se convive diariamente, llevándose como algo inherente del proceso, pasando desapercibidos para los responsables de las operaciones.

1.2 Formulación del Problema.

¿Cómo la empresa objeto de estudio del sector de artes gráficas puede Minimizar los costos unitarios del proceso?

1.3 Justificación.

Mediante la metodología del Mantenimiento Productivo Total en sus siglas en inglés (TPM) es posible estabilizar procesos dentro de las empresas ya que es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales (CEROAVERIAS, 2012)⁴. El TPM se dio a conocer en Colombia hace varios años; grandes empresas colombianas y del valle del cauca lo aplican, ejemplo de esto son: Carvajal S.A, Propal, Manuelita, Industrias del maíz entre otras, aunque su completa implementación no ha culminado. Actualmente empresas latinoamericanas están implementando el TPM ya que conocen cuáles son los beneficios de su implementación, y muchas lo desconocen o no lo aplican porque no quieren incurrir en costos para mejoramiento y piensan que como están trabajando en este momento es la mejor opción⁵.

Uno de los pilares que componen esta metodología es la mejora enfocada, la cual incluye a todas las actividades de la empresa que sean requeridas para aumentar al máximo la efectividad de la maquinaria, los procesos y la gente, por medio de la rigurosa eliminación de pérdidas y la mejora del desempeño⁶. Para tener una mejor comprensión de este pilar existen dos componentes a evaluar; por un lado se encuentra la mejora continua que trata de hacer mejoras a diario por medio de las resolución de problemas y sugerencias las cuales tienden a generar un

⁴ www.ceroaverias.com

⁵ Fuente primaria (Orrego, 2012)

⁶ (Eder Xochicali Sánchez, 2010), "Mejora enfocada en la Manufactura", Revista Internacional.

impacto pequeño pero todas juntas proporcionan el crecimiento sostenible de la mejora del desempeño y por otro lado están las mejoras avanzadas que son las mejoras drásticas en la situación actual que se producen como resultado de una gran inversión, ideas innovadoras o cambios radicales que se realizan dentro de la empresa objeto de estudio y en el modo de hacer las cosas.

Las pérdidas económicas por no evaluar los problemas y las necesidades de las áreas importantes de la organización ocasionan la disminución de las utilidades, las debilidades internas ocasionan problemas a los procesos; estas pueden no ser de manera constantes, pero en el momento que los problemas de mayor magnitud aparecen por no haber sido atendidos en su momento generan sobrecostos a la organización que disminuyen la productividad, alejándola de los principales competidores del mercado, perdiendo fidelidad de clientes que pueden comenzar a verse identificados con otra organización, dejándola a un lado, lo que ocasiona posteriormente el colapso de la organización.

Si las falencias que se presentan son tomadas como problemas de día a día y no se busca la solución adecuada en la que participen todos los integrantes de la organización y se comprometan a participar activamente, será inútil la creación de una mejora continua en la se evalúen procesos, personas, gerencia y materiales y se seguirán presentando problemas internos donde el ambiente externo afectará de manera decisiva a la organización, generando pérdidas y su posterior desaparición ya que no será competitiva dentro de un mercado creciente y con demasiada competencia.

La Mejora Enfocada fuera de mejorar la productividad y encontrar los factores de pérdidas en equipos, ayuda a capacitar y mejorar a los individuos de la organización puesto que es gracias a estos que la implementación de este pilar del TPM logra tener éxito, ya que depende de la disponibilidad y conocimientos que los individuos de la organización posean.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Proponer un diseño de una metodología para la implementación del pilar de Mejora Enfocada en una empresa del sector litográfico en la ciudad del Palmira.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de los procesos de producción con los indicadores de productividad.
- Elaborar un modelo determinando beneficios basados en los indicadores de productividad propuestos en el pilar de mejora enfocada.
- Establecer el paso a paso para la implementación del pilar de mejora enfocada.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

El problema planteado para la empresa objeto de estudio posicionada en el sector de industria gráfica dedica su razón a un oficio que existe hace muchos años y que llegó a Colombia en el año de 1735, actualmente se cuenta con diferentes tecnologías que permiten obtener impresiones de gran calidad de acuerdo a las necesidades de complejidad, variedad de colores y tiraje. Utilizando herramientas de ingeniería industrial se propondrá el diseño de una metodología para este problema a través del TPM. El TPM es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" y creado en la industria de los Estados Unidos, es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios, se considera como estrategia ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos, también permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales (CEROAVERIAS, 2012)⁷.

Como lo menciona (Bellgran.M., 2011), donde plantean la importancia del desarrollo sostenible de las compañías y el aumento de su fiabilidad apoyándose en el TPM (Mantenimiento Productivo Total), contando con una importante herramienta de medida operativa (OEE) que también puede ser utilizado como indicador de las actividades de mejora de procesos, el objetivo es la implementación del OEE como una herramienta operativa para conducir a mejorar el rendimiento y los procesos de producción en general. El modelo estudiado consideró una línea de ensamblaje semiautomática, donde el objetivo general era

⁷ Ceroaverías

generar procesos de producción estable y reducir el tiempo de ciclo, considerado como una mejora de la productividad. Se encontró que un factor de éxito crítico en un proyecto de mejora conducido por OEE es la recuperación de información detallada sobre pérdidas de producción. La medida de OEE tiene muchas ventajas cuando es usada de manera estructurada, con el valor, la atención y el sentido común.

Por otro lado autores como (P. Sharmaa, 2011) plantean que el TPM tiene como objetivo reducir a cero las pérdidas importantes de la maquinaria, ha sido reconocido como necesario para la supervivencia de las empresas, aplicando actividades de mejoramiento como kaizen, 5s, plan de mantenimiento, educación y formación, seguridad y gestión ambiental; el TPM maximiza la efectividad del equipo mejora la eficiencia global mediante el establecimiento de un amplio sistema de mantenimiento productivo que abarca toda la vida útil de los equipos y la planificación de equipos con la participación de los empleados de planta, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión de la motivación o actividades voluntarias de grupos pequeños logrando mejoras de calidad, aumentando la seguridad y reduciendo los costes, a su vez extendiendo el lapso de vida de la planta y maximizando su tiempo de actividad.

De manera autores como (Ranteshwar Singh, 2013) muestran en su caso de estudio como Calidad y mantenimiento de sistemas de fabricación son las funciones de cualquier organización estrechamente relacionados. Durante un período de tiempo de dos conceptos han surgido que son Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Gestión de la Calidad Total (TQM), junto con otros conceptos a alcanzar el sistema World Class Manufacturing. En esta experiencia el papel de la implementación de Mantenimiento Productivo Total es compartido y Investigado por una empresa de fabricación de componentes de automoción. Concept se implementa en el taller de máquinas CNC con inflexión centros de diferente capacidad. Overall Equipment Effectiveness se utiliza como medida del

éxito de la implementación de TPM. las pérdidas asociado con la efectividad del equipo se identifican. Todos los pilares del TPM se implementan de manera gradual eliminación de las pérdidas y así mejorar la utilización de las máquinas CNC. Tras la conclusión se deriva de la aplicación de TPM en el taller de máquinas de la empresa automotriz: 1. éxito de TPM depende de varios pilares como el 5-S, Jishu Hozen, Mantenimiento Programado, mantenimiento de calidad, Kaizen, TPM y Oficina de Seguridad, Salud y Medio Ambiente. 2. eficacia total del equipo ha mejorado del 63% al 79% que indica la mejora de la productividad y mejora en la calidad de producto. 3. Se observa que la mayor parte de los componentes defectuosos son debido al proceso previo a saber, por tanto, a la fundición mejorar los esfuerzos de productividad también se debe dar al proceso anterior también. 4. Los factores clave para esta aplicación son la participación de los trabajadores y el apoyo de la dirección. Clase mundial todavía TPM

En búsqueda de soluciones autores como (Vasco Restrepo, 2007)⁸ han utilizado el TPM como herramienta ecológica, en el 2007 plantean a Colcerámica (compañía de la organización corona) dedicada a la fabricación de recubrimiento cerámico para piso y pared, ha formulado un plan estratégico que trata de la ecoeficiencia como uno de los puntos claves para lograr el desarrollo sostenible del negocio, trabajando al interior de la empresa en el desarrollo de una producción limpia y segura, esto se realiza para dar solución a problemas que se vienen presentado tales como generación de residuos sólidos (reciclables, ordinarios, orgánicos, escombros), residuos peligrosos, emisiones y vertimientos, para dar solución a este problema se crearon unos indicadores basados en el TPM que permiten visualizar el comportamiento ambiental de la empresa mediante la determinación de consumos específicos y la cuantificación de la generación de residuos para tener una producción más limpia, esto para lograr el cumplimiento de la normatividad y a su vez lograr el mejor aprovechamiento de los recursos

⁸ Vasco Restrepo, El mejoramiento productivo total como una herramienta de acercamiento hacia una producción más limpia en COLCERÁMICA S.A, 2007.

naturales cero pérdidas y cero contaminación del agua, aire y suelo, lo que implica reducción de costos, trabajo de equipo y un mejor ambiente en el lugar de trabajo.

De la misma manera (Pophaley, 2010)⁹, plantea que en la actualidad el mantenimiento de planta presenta mayor importancia, ya que no es considerada como una actividad no productiva y además tiene un gran impacto sobre la rentabilidad total de una organización, en comparación con el TPM este no presenta un cambio dramático. La pregunta más frecuente para los directores es como el cálculo de eficacia de equipo ayuda en la identificación de las ineficiencias y la determinación de donde enfocar acciones de mejora, aquí toma importancia el OEE ya que está orientada hacia ineficiencias del equipo, este se ha desarrollado en diferentes órdenes de OEES para medir la eficacia total de planta o traducir ineficiencias en términos económicos. El trabajo de investigación apunta a desarrollar un nuevo modelo OEE métrico y propone un análisis para medir la eficacia de puesta en práctica de TPM según la definición original de TPM, donde esta proposición desarrollada ha de ser aprobada en una empresa donde el original OEE ha sido evaluado antes, donde los resultados ayudarán a los operadores y ejecutivos a visualizar los resultados de inversiones hechas en esfuerzos TPM, y requerirían más de un año para aprobar el modelo completamente. El concepto total está basado en: " La medida es un requisito importante del proceso de mejora continuo".

Los anteriores artículos muestran como diferentes personas realizan aplicaciones del TPM en la búsqueda de soluciones a problemas internos que ayuden al mejoramiento externo de organizaciones, también mediante la herramienta de análisis de productividad como lo es el OEE analizan a sus equipos para mejorar o incrementar productividad.

⁹ Mahesh Pophaley, Revisiting OEE as an Assessment Methodology for TPM Activities: A Practical Analysis, 2010.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Marco teórico

4.1.1 ¿Qué es el Mantenimiento Total Productivo (TPM)?

El Mantenimiento Total Productivo es la traducción del TPM (Total Productive Maintenance). Consta de actividades de mantenimiento que son productivas y puestas en práctica por todos los empleados, estas son actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios.

4.1.2 Objetivo

El objetivo del TPM es incrementar notablemente la producción y al mismo tiempo, aumentar la moral de los empleados y la satisfacción laboral (Venkatesh, 2007)¹⁰. Aporta mantenimiento de relieve como una parte necesaria y vital de la empresa. Es la “Mejora Continua” del rendimiento operacional de todos los procesos y sistemas de producción, sea cual sea su nivel de comportamientos técnicos, evitado por la prevención las paradas y minimizando los tiempos de intervención. Está orientado a: Cero accidentes, Cero defectos, Cero averías.

4.1.3 Estrategias.

1. Maximizar la eficacia global que cubra la vida entera del equipo.
2. Establecer un sistema PM (mantenimiento productivo) global que cubra la vida entera del equipo.

¹⁰ (Venkatesh, 2007) obtenida de <http://www.reliabilityweb.com>

3. Involucrar a todos los departamentos que planifiquen, usen y mantengan equipos.
4. Involucrar a todos los empleados desde la alta dirección hasta los operarios directos.
5. Promover el PM motivando a todo el personal.

4.1.4 Pilares del TPM

El Mantenimiento Total Productivo se basa en crear una cultura de avanzada a todo nivel organizacional. Los pilares son las estrategias fundamentales para desarrollar un programa de TPM. Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado, y se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta) como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son ocho a saber¹¹ (Verzini):

1. Mejoras enfocadas – Kaizen
2. Mantenimiento Autónomo.
3. Mantenimiento progresivo o programado.
4. Educación y Formación.
5. Mantenimiento Temprano.
6. Mantenimiento de Calidad.
7. Mantenimiento en Áreas Administrativas.
8. Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

¹¹ (Verzini). Los pilares del TPM. <<http://www.actiongroup.com.ar/los-pilares-del-mantenimiento-productivo-total-hoy/>>

4.2 Pilar de mejora enfocada

La mejora enfocada o mejora orientada incluyen todas las actividades que maximizan la eficiencia global de los equipos, procesos y plantas a través de una intransigente eliminación de pérdidas y la mejora de rendimientos.

4.2.1 Objetivo.

El pilar de mejora enfocada identifica, cuantifica y elimina toda clase de pérdidas, examinando directamente las entradas del proceso de producción como lo son materiales, personas, métodos y equipos, cualquier deficiencia de estas entradas se considera pérdida.

4.2.2 Alcance.

Según el TPM las principales pérdidas atacadas por el pilar de mejora enfocada son:

- Pérdidas por fallo de equipos.
- Pérdidas de tiempo por paradas cortas.
- Pérdidas de velocidad.
- Pérdidas de arranque y rendimiento.
- Pérdidas por defectos de proceso.
- Pérdidas por defectos de calidad.
- Pérdidas de fallos de proceso.

4.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

OEE es el acrónimo para Efectividad Global del Equipo, muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. Es un indicador clave de desempeño, que permite medir la competitividad de la industria

y compararse con respecto a los mejores de su clase que ya han alcanzado el nivel de excelencia. El OEE es un índice que considera todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la productividad y la calidad. La diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad. En síntesis, este indicador representa el porcentaje del tiempo en que una máquina produce realmente piezas de calidad, comparadas con el tiempo que fue planeado para hacerlo. Además, indica cuál de las Seis Grandes Pérdidas (Averías, Esperas, Micro paros, Velocidad reducida, Desecho y Reprocesos) debemos atacar en primer lugar **(Suzuki, 1994)**. La ecuación empleada para el cálculo del OEE es el producto de los tres factores mencionados:

$$\text{OEE} = \% \text{Disponibilidad} \times \% \text{Productividad} \times \% \text{Calidad}.$$

4.3.1 Resultados

El OEE es, por tanto una herramienta fácilmente comprensible para el proceso de Mejora Continua en una empresa:

- Es infalible al señalar claramente donde está el problema.
- Muestra las prioridades de un modo muy claro.
- Facilitará la decisión de seleccionar las mejoras específicas necesarias correctamente.
- Los resultados de las acciones de mejora emprendidas se observan rápidamente (“el OEE crece”).
- Es un indicador simple y fácil de entender para todos los implicados.

4.3.2 OEE y su relación con el TPM

El OEE mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje, calculado al combinar tres elementos asociados a todo proceso de producción:

- **Disponibilidad:** tiempo real de la máquina produciendo.

Disponibilidad

$$= \frac{\text{Tiempo Real} - (\text{Tiempo paradas prog.} + \text{Tiempo de fallos de equipo o proceso})}{\text{Tiempo real}} \times 100$$

Ecuación 1 Ecuación de Tasa de Disponibilidad.

- **Rendimiento:** producción real de máquina en un determinado periodo de tiempo.

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{\text{Tasa de producción real}}{\text{Tasa de producción estandar}} \times 100$$

Ecuación 2 Ecuación de Tasa de Rendimiento.

- **Calidad:** producción sin defectos generada al mismo tiempo.

Tasa de calidad

$$= \frac{\text{Cantidad de Producción} - (\text{cantidad defectos} - \text{pérdida reproceso})}{\text{Cantidad de Producción}} \times 100$$

Ecuación 3. Ecuación de Tasa de calidad.

4.3.3 Pérdidas y los seis resultados principales¹².

La mejora enfocada intenta eliminar toda clase de pérdidas. Por tanto, es importante identificar y cuantificar esas pérdidas. Con el método tradicional de identificar pérdidas, se analizan estadísticamente los resultados para identificar los problemas, y luego se investiga y rastrea hacia atrás para encontrar las causas. El TPM examina las cuatro inputs principales del proceso (Equipo, Materiales,

¹² (Suzuki, Pérdidas y los seis resultados principales, 1994) TPM en industrias de procesos.

Personas y Métodos) como causa y considera como pérdida cualesquiera diferentes de esos inputs.

4.3.3.1 Las seis grandes pérdidas en un equipo¹³:

❖ **Disminución de Disponibilidad:**

Pérdidas de Tiempo: Se define como el tiempo durante el cual la máquina debería haber estado produciendo pero no lo ha estado: Ningún producto sale de la máquina. Las pérdidas son:

- **Pérdidas por averías (primera pérdida):** las averías causan dos problemas: pérdidas de tiempo, cuando se reduce la producción y perdidas de cantidad, causadas por productos defectuosos.
- **Pérdidas por preparación y ajustes (segunda pérdida):** cuando finaliza la producción de un elemento y el equipo se ajusta para atender los requerimientos de un nuevo producto, se producen pérdidas durante la preparación y ajuste, al parecen tiempo muertos.

❖ **Disminución de Rendimiento.**

Pérdidas de Velocidad: Una pérdida de velocidad implica que la máquina está funcionando pero no a su velocidad máxima. Existen dos tipos de pérdidas de velocidad:

- **Inactividad y paradas menores (tercera pérdida):** una parada menor surge cuando la producción se interrumpe por una falla temporal o cuando la maquina está inactiva.
- **Velocidad reducida (cuarta pérdida):** se refieren a la diferencia entre velocidad de diseño del equipo y la velocidad real operativa, en su mayoría

¹³ (<http://www.oetoolkit.com/es/Descripcion-OEE-Toolkit.html>)

son ignoradas. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías.

❖ **Disminución de Calidad.**

Pérdidas de Calidad: La pérdida de calidad ocurre cuando la máquina fabrica productos que no son buenos a la primera. Se pueden diferenciar dos tipos:

- **Defectos de calidad y re-procesos (quinta pérdida):** los defectos de calidad y la repetición de trabajos son pérdidas de calidad causadas por el mal funcionamiento del equipo de producción.
- **Pérdidas de arranque o puesta en marcha (sexta pérdida):** son pérdidas que se ocasionan en la fase inicial de producción, desde el arranque hasta la estabilización de la máquina. Este tipo de pérdidas está latente y la posibilidad de eliminarlas es a menudo obstaculizada por la falta de sentido crítico, que las acepta como inevitables.

4.3.3.2 Clasificación de pérdidas.

La clasificación de otro tipo de averías se puede realizar por la forma como se presentan estas a través del tiempo. Este tipo de clasificación también se debe tener en cuenta para el diseño de una estrategia de eliminación, ya que los métodos de solución pueden ser diferentes. Se clasifican en:

- ❖ **Pérdidas crónicas:** afecta el elemento en forma sistemática o permanece por largo tiempo. Puede ser crítica, parcial o reducida. Este tipo de pérdidas están ocultas y permanecen en el tiempo. Su efecto es relativamente bajo, pero al sumarlo durante todo el tiempo que permanece puede llegar a ser muy importante para los resultados de la empresa. Esta clase de pérdidas se vuelven

habituales para el personal de la empresa y en muchos casos ya no se aprecian porque (Álvarez Laverde, 1996) “hemos aprendido a vivir con ellas”.

❖ **Pérdidas esporádicas:** Afecta el elemento en forma aleatoria y puede ser crítica o parcial que ocurren de repente y en forma no prevista. Es poco frecuente su ocurrencia, por lo general resulta de una causa simple, es relativamente fácil identificar su causa y las medidas correctivas son simples y rápidas de aplicar, su aporte es importante y producen grandes desviaciones en el proceso y por este motivo duran poco tiempo.

❖ **Pérdidas transitorias:** afecta durante un tiempo limitado al elemento y adquiere nuevamente su actitud para realizar la función requerida, sin haber sido objeto de ninguna acción de mantenimiento. El comportamiento de cada una de esas pérdidas se muestra en la ilustración 1.

4.3.3.3 Técnicas de análisis y reducción de las fallas y pérdidas.

El TPM intenta lograr lo máximo –cero pérdidas y cero averías- de modo que nunca excluye ningún método que ayude a lograr esos fines. Las técnicas analíticas son herramientas para identificar todas las causas de fallos, defectos de calidad y similares entre un gran número de fenómenos complejos e interrelacionados. Algunos métodos analíticos útiles en las mejoras incluyen¹⁴, (Nakazato, 1994):

❖ **Análisis P-M:** técnica para analizar fenómenos tales como los fallos o defectos de proceso en función de sus principios físicos y para dilucidar los mecanismos de esos fenómenos en relación con los cuatro inputs de la producción (equipos, materiales, personas y métodos). Es una técnica apropiada para atacar las pérdidas crónicas. La letra P del análisis P-M se

¹⁴ (Nakazato, 1994), TPM en Industrias de proceso.

refiere a fenómeno (Phenomenon) y la M se refiere a las 4Ms de manufactura.

- ❖ **Análisis “know-why” (“porque-porque”):** este análisis es un método que en lugar de pensar de forma aleatoria en las causas que generan un fenómeno, a medida que las ideas vienen a la mente, se busca hacer un levantamiento completo de los factores posibles de manera lógica y en orden correcto.
- ❖ **Análisis de Árbol de fallos:** se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un suceso o evento no deseado, sea este un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame, etc.) o un suceso de menor importancia (fallo de sistema de cierre, etc.) para averiguar en ambos casos los orígenes de los mismos.
- ❖ **Análisis modal de fallos y efectos:** esta es una técnica de ingeniería conocida como el análisis FMEA o (Failure Mode and Effect Analysis) usada para definir, identificar y eliminar fallas conocidas o potenciales, problemas, errores, desde el diseño, proceso y operación de un sistema, antes que este pueda afectar al cliente.

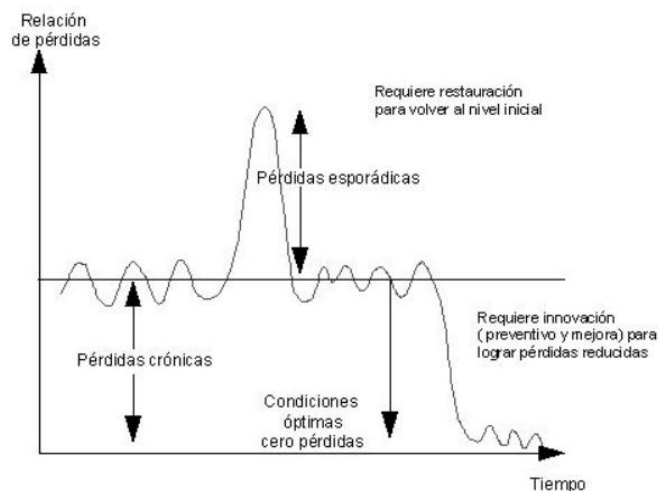


Ilustración 1. Averías crónicas y esporádicas en equipos industriales.

4.3.3.4 Los seis resultados principales

Para evaluar los resultados logrados a través de la mejora enfocada se deben evaluar los seis outputs de la producción (**P** producción, **Q** calidad, **C** costo, **D** entregas, **S** seguridad, **M** motivación) tan cuantitativamente como sea posible.

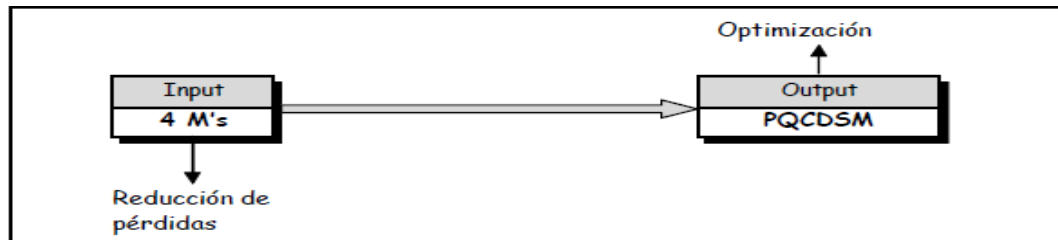


Ilustración 2. Optimización de los 6 Resultados del TPM.

Por ejemplo, la mejora de la productividad del personal puede medirse en términos:

- Reducción del tiempo de trabajo manual (horas).
- Reducción del tiempo de lubricación y chequeo.
- Reducción del tiempo de ajustes.
- Reducción del tiempo de preparación y cambio de útiles.

Similarmente, la mejora en la productividad del equipo puede medirse en términos:

- Reducción de las averías súbitas.
- Reducción de los fallos de proceso.
- Reducción de pequeñas paradas, tiempos en vacío, y pequeños ajustes.
- Reducción de los tiempos de calentamiento y enfriamiento.
- Aumento de la disponibilidad.
- Aumento de la tasa de rendimiento.

Tabla 1. Indicadores de evaluación para outputs de producción.

P (Producción)	Q (Calidad)
1. Aumento productividad del personal 2. Aumento productividad del equipo. 3. Aumento productividad del valor añadido. 4. Aumento rendimientos de producto. 5. Aumento de tasa de operación de la Planta. 6. Reducción número de trabajadores.	1. Reducción de la tasa de defectos de proceso. 2. Reducción de quejas de clientes. 3. Reducción de tasa de desechos. 4. Reducción del coste de medidas contra defectos de calidad. 5. Reducción de costes de reprocesamiento.
C (Coste)	D (Entregas)
1. Reducción horas de mantenimiento. 2. Reducción costes de mantenimiento 3. Reducción de costes de recursos (reducción de consumos unitarios). 4. Ahorros de energía (reducción de consumos unitarios).	1. Reducción de entregas retrasadas. 2. Reducción de stocks de productos. 3. Aumento de tasa de rotación de inventarios. 4. Reducción de stocks de repuestos.
S (Seguridad)	M (Moral)
1. Reducción número de accidentes con baja laboral. 2. Reducción número de otros accidentes. 3. Eliminación incidentes de contaminación. 4. Grado de mejora en requerimientos	1. Aumento número de sugerencias de mejora. 2. Aumento de la frecuencia de las actividades de pequeños grupos. 3. Aumento de número de hojas de lecciones de “punto único”. 4. Aumento del número de

de entorno legales.	irregularidades detectadas.
---------------------	-----------------------------

Fuente. (Suzuki, TPM en industrias de proceso).

4.3.3.5 Nivel de OEE

En la Industria cada vez es más frecuente que se esté utilizando el cálculo del OEE para determinar qué tan “bien” o “mal” se encuentra la planta o para comparar con plantas similares del mismo grupo o inclusive de la competencia. La tabla 2, aunque no pertenece a ninguna norma o estándar, muestra una convención establecida o aceptada mundialmente sobre los valores de OEE¹⁵:

Tabla 2. Convención sobre los valores de OEE.

Valor de OEE	Nivel	Situación	Significado	Competitividad
Menor a 65%	Malo	Inaceptable	Grandes Pérdidas Existe Riesgo Operativo	Muy Baja
Entre 65% y 75%	Regular	Aceptable solo con Mejora	Grandes Pérdidas Puede no ser negocio.	Baja
Entre 75% y 85%	Buena	Aceptable	Ligeras Pérdidas Oportunidad de Mejora	Ligeramente Baja o Media
Entre 85% y 95%	Muy Buena	Aceptable	Se acerca a Clase Mundial Liderazgo en el Mercado	Buena
Mayor a 95%	World	Excelencia	Objetivo general	Excelente

¹⁵ (Reyes, 2007), OEE factor de éxito, <http://www.visionindustrial.com.mx/>

	Class		de todas las empresas manufactureras	
--	--------------	--	--	--

Fuente. Visiónindustrial.com

Las cifras que componen el OEE Global nos ayudan a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que debemos utilizar para el estudio de los problemas y fenómenos.

4.4 OEE global¹⁶

Un análisis exhaustivo del desempeño del sistema de producción se puede alcanzar mediante la ampliación del concepto de OEE, desde el desempeño de los equipos individuales, hasta el nivel de la fábrica. En este sentido la métrica del OEE es bien aceptada como una medida eficaz de rendimiento de fabricación y para estos casos se conoce como la Eficacia Total del Rendimiento (OTE). Nos referimos a OTE como el OEE de todo el sistema de producción.

- Equipos OEE, como el OEE del equipo individual, que mide el rendimiento del equipo en el sistema de producción dado.
- Sistema OEE (o OTE), que es el rendimiento de todo el sistema y se puede definir como el rendimiento del equipo de cuello de botella en el sistema de producción dado¹⁷.

4.5 Indicador económico ROA (Retorno del activo)

La metodología de la efectividad global del equipo (OEE) incorpora medidas desde todos los estados de producción de los equipos lineados dentro de un sistema de

¹⁶ (Vittorio Cesarotti, Alessio Giuiusa and Vito Introna, 2012).

¹⁷ (Vittorio Cesarotti, Alessio Giuiusa and Vito Introna, 2012, págs. 7,8)

medición que ayuda a la fabricación y equipos de operaciones, mejorando el rendimiento de estos y por lo tanto reduciendo el costo del equipo de propiedad **(Khamba, 2008)**. El enfoque del ROA es lo más apropiado en cuanto a la toma de decisiones porque es la mejor manera de demostrar la efectividad de las operaciones de manufactura usando el lenguaje financiero, “el Retorno Total del activo” dispone a la empresa la probabilidad de utilizar más medidas de rentabilidad y eficiencia. Este ratio es ampliamente utilizado en el análisis de las entidades financieras ya que mide la rentabilidad sobre los activos totales medios o lo que es lo mismo su capacidad para generar valor, permitiendo de esta manera apreciar la capacidad para obtener beneficio del activo total de la empresa y poniendo así en relación el beneficio con el tamaño de su balance¹⁸. Cuando el OEE de la empresa (o de una línea) se encuentra en valores de 75% o menores y se establecen proyectos de mejora, la rentabilidad sobre los activos (ROA), resulta ser de las más altas que existen para el área de manufactura. Esto significa que los ahorros y ganancias que obtiene la compañía justifican perfectamente la inversión necesaria a realizar por parte de la Dirección General. El Retorno de los activos algunas veces llamado tasa de productividad, es calculado por la división de los ingresos operacionales anuales (ingresos antes de impuestos e intereses) sobre el promedio total de activos (sumatoria de los dos últimos periodos proyectados de activos fijos y variables promediada) empleado durante el año. **(Hansen, 2001)**.

$$\text{Retorno de los activos (ROA)} = \frac{\text{Ingresos operacionales}}{\text{Promedio Total de activos}}$$

Ecuación 4. Ecuación Retorno de los activos

¹⁸ José Ramón Fernandez, El ROA (Rendimiento del activo o ROI (Rendimiento sobre la inversión) y los excedentes de activo), 18 Febrero de 2011, <http://escritoriocontable.blogspot.com/2011/02/el-roa-rendimiento-del-activo-o-roi.html>

5. SITUACION ACTUAL

La empresa objeto de estudio, es una empresa dedicada al negocio de las artes gráficas desde hace ya 15 años; años en los cuales han desarrollado habilidades y adquirido experiencia dentro del sector económico que le compete. Dentro de sus principales objetivos se encuentran ser una empresa reconocida regionalmente por su calidad y gran portafolio de negocios, situación que genera gran expectativa dentro de la organización pero que al mismo tiempo genera desorden, confusiones y procesos efectuados indebidamente, puesto que para el logro de estos objetivos no se han tomado en cuenta diversos factores que tienen gran influencia dentro de las personas, máquinas y procesos. La empresa objeto de estudio realiza diferentes tipos de trabajos de acuerdo a las necesidades de sus clientes, entre los productos que más produce la empresa se encuentran: Facturas, Volantes, Hojas Membretadas, Boletería, Tarjetas de presentación, Folletos y Talonarios¹⁹, quienes de acuerdo a sus necesidades solicitan el producto que desean, posteriormente se realiza todo un proceso de producción en donde interviene hombre y máquina para la elaboración del producto, a continuación en el numeral 5.1 y 5.2 se muestra la relación dicha anteriormente.

5.1 Descripción del proceso de producción

El proceso de producción dentro de LITOPALMIRA consta de cuatro pasos que involucran la especificación del proceso de un producto terminado de acuerdo a especificaciones del cliente.

1. **Área administrativa:** se encarga de generar una cotización del trabajo al cliente y en estimar el tiempo de la entrega de este, también realiza las órdenes de compra de material y envía la autorización para el comienzo de la impresión.

¹⁹ Fuente Empresa objeto de estudio.

2. **Orden de trabajo:** se realiza la orden de trabajo en la que se tiene información acerca del producto, especificaciones y requerimientos del cliente.
3. **Proceso de Diseño:** esta área realiza el diseño preliminar y un negativo de la orden; una vez listos el cliente verifica si este cumple o no con sus requerimientos y otorga el visto bueno, posteriormente se envía la orden de pedido al área de producción junto con el máster.
4. **Alistamiento:** el terminar un trabajo previo al que sigue, el trabajador alista la máquina a ser utilizada esto consiste en retirar y lavar el exceso de tinta utilizada anteriormente y se calibran los rodillos, luego prepara la nueva tinta que necesita la máquina para dejarla lista para el uso.
5. **Proceso de Producción:** recibe la orden de producción junto al máster que es el negativo impreso; el personal se encarga de preparar el papel, materiales a utilizar. Se monta el máster en los rodillos de la máquina y comienza el proceso de impresión del trabajo, una vez impreso se pasa al área de acabado para una revisión y el folio de las hojas del pedido, posteriormente se envía a la cortadora para refilar bordes y se empaca finalizando el proceso.
6. **Almacenamiento:** luego el producto final se lleva a almacenamiento donde se entrega la información al área administrativa que el pedido ya está listo, el cliente llega a recogerlo junto con la factura de venta.
7. **Cobranza:** por último el área administrativa se encarga de la realización de la cobranza.

En la Ilustración 3 se muestra el proceso de producción realizado dentro de la empresa.

5.2 Descripción de maquinaria

1. **Máquina Tipográfica Heidelberg:** Es usada para Numeraciones y trabajos especiales de Troquelado y Estampado, imprime 60 hojas por minuto,

equivalentes a poco más de 5.000 hojas por hora. Es accionada por un motor eléctrico, el motor hace girar las ruedas de mosca que proporciona la fuerza suficiente para hacer una gran impresión en el papel.

2. **Máquina litográfica ABDick 360:** Esta máquina realiza tarjetas de presentación, facturas, volantes, etc. Posee sistema de impresión monocolor y sistema de humectación acuamatic, formato de impresión doble carta. Trabaja con placa metálica o con máster en poliéster. Imprime entre 8000 a 10.000 hojas por hora, aproximadamente 133 hojas por minuto, en impresión de alta resolución.
3. **Máquina litográfica Chief 15.** Esta máquina realiza tarjetas de presentación, facturas, volantes, etc., con un mejor registro de impresión, tiene sistema de impresión monocolor y sistema de humectación acuamatic, formato de impresión carta u oficio. Trabaja con máster en poliéster. Salida de cadena, e imprime entre 6000 a 8.000 hojas por hora, aproximadamente 100 hojas por minuto.

5.3 DIAGRAMA DE FLUJO

El Diagrama de flujo en la Ilustración 3 muestra el proceso de producción, el cual consta de diferentes pasos para la elaboración de un producto, las máquinas al igual que las actividades manuales hacen parte primordial de este proceso de transformación, por tal razón el estudio se centró en el área y en las actividades más representativas del proceso. Como se explicó anteriormente el proceso de producción, luego de que la orden de pedido es enviada al área de producción junto con el máster los operarios se encargan de alistar las máquinas que van a ser utilizadas en el proceso de producción; para la producción de cualquier tipo de trabajo de impresión son utilizadas tres tipos de máquinas litográficas: Heidelberg, Chief y ABDick, la primera se encarga de la enumeración de la impresión, las dos últimas elaboran la impresión sobre el papel ubicadas en Paralelo y trabajando en

un sistema Stand By, como se muestra en la Ilustración 6, donde además se aprecia el valor de los OEE's calculados directamente para las máquinas, también se encuentra este mismo cálculo para actividades manuales como el foliado de producto ya impreso; para los cálculos mencionados se realizó el levantamiento de la información mediante la elaboración de un formato de recolección de datos ver (Anexo 1), estos datos fueron evaluados y analizados mediante herramientas estadísticas y posteriormente se utilizaron ecuaciones relacionadas con el TPM.

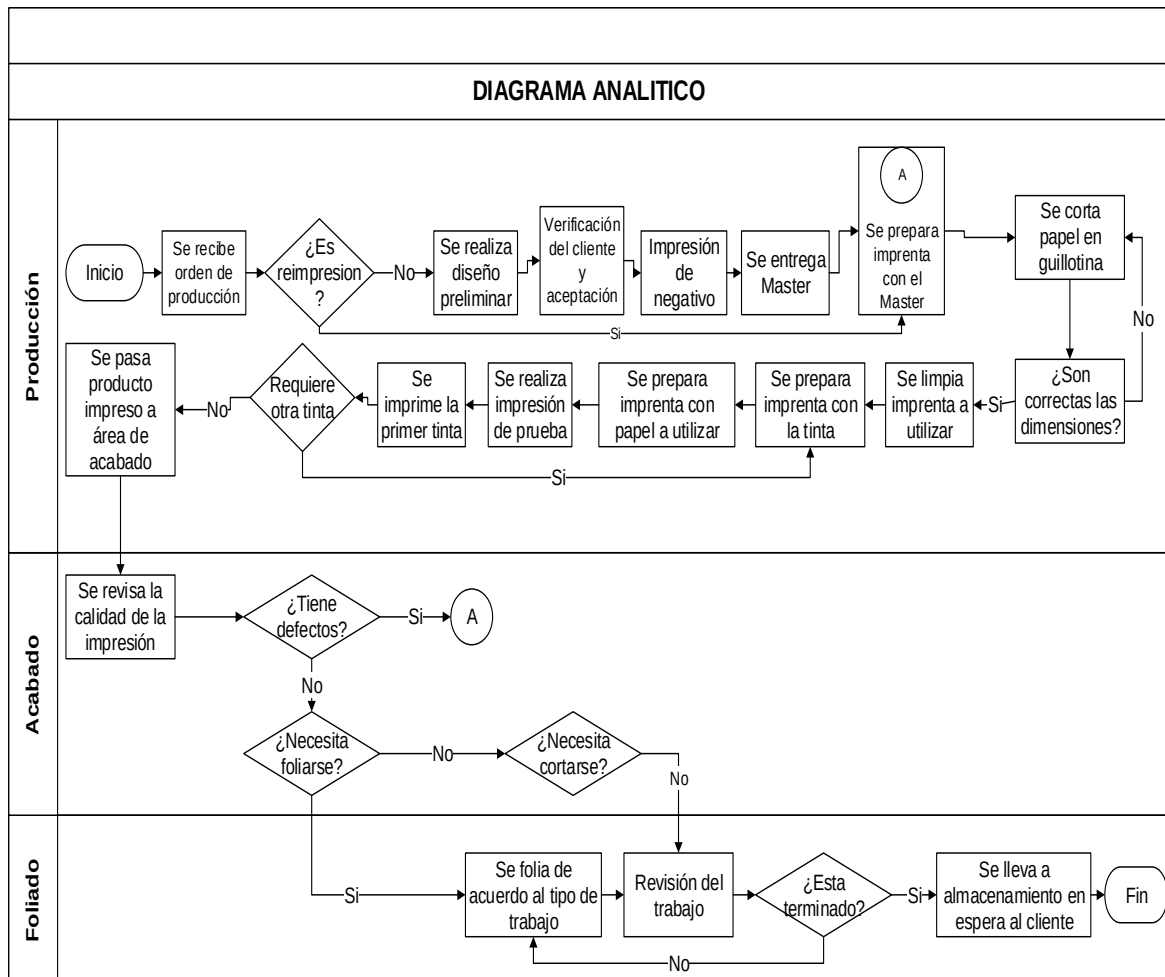


Ilustración 3. Diagrama de flujo.

Para la realización de un análisis al proceso Productivo, se seleccionó la familia de productos más representativa y que poseen mayor demanda, para esto se realizó un Pareto de las ventas de los primeros 4 (cuatro) meses del año 2013, en la

Ilustración 4 se observa el porcentaje de producción de talonarios que es la mayor representación de toda la producción, en la Ilustración 5 se identifica que la producción de Talonarios presenta la mayor frecuencia, siendo de esta manera el producto más significativo e importante para la empresa.

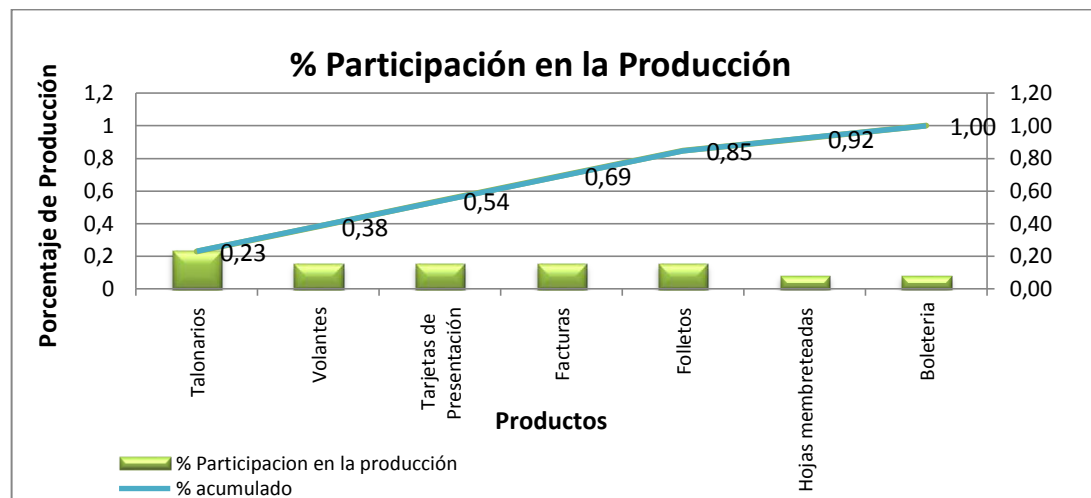


Ilustración 4. Pareto de producción anual.

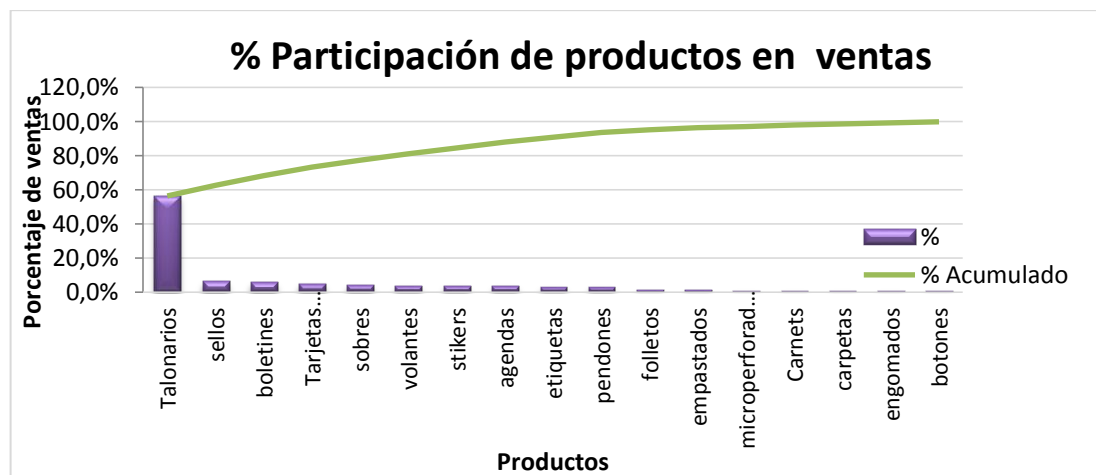


Ilustración 5. Pareto de ventas de productos para cuatro meses.

Tabla 3. Producción de los 5 principales productos.

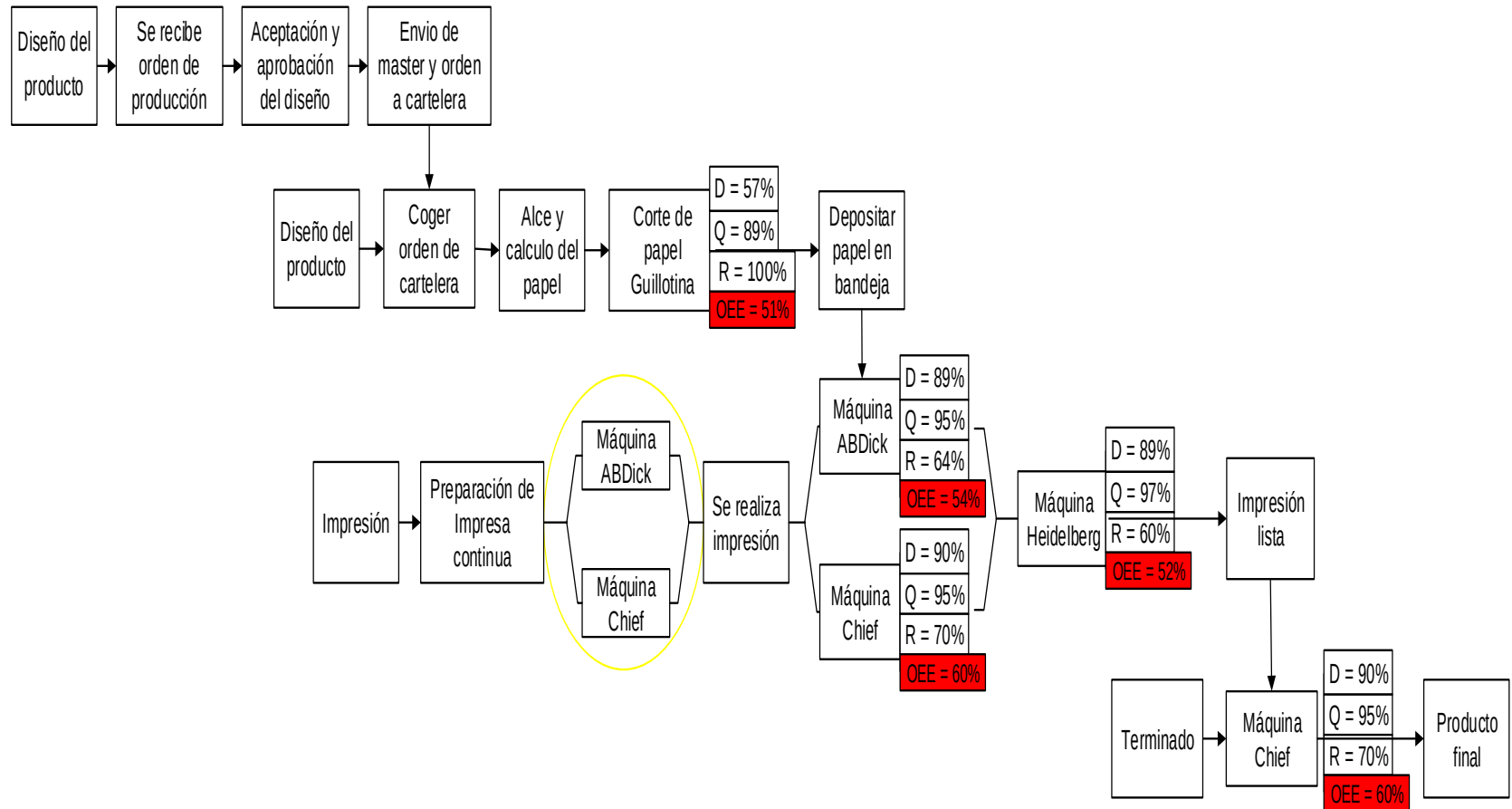
Producción Anual (millares)	
Talonarios	864
Volantes	576
Tarjetas de Presentación	576
Facturas	576
Folletos	576
Hojas membretadas	384
Boletería	192
Total	3744

Fuente. Empresa objeto de estudio.

De acuerdo a la información recolectada y brindada por la empresa de las entregas y demandas de los productos, el producto con más participación en la producción y con mayor demanda son los talonarios, a lo largo de este estudio se indagara por todo el proceso que este producto debe de pasar para llegar finalmente al cliente, desde su entrada, generación de orden de producción, su proceso de elaboración, su terminado y finalmente su entrega, de forma que se puedan generar mejoramientos durante el proceso de producción y se puedan reducir los costos unitarios del proceso, evaluando aspectos como el OEE de cada equipo y el OEE global de la empresa y al mismo tiempo el retorno del activo de la empresa.

La empresa objeto de estudio trabaja durante el proceso de impresión bajo un sistema de producción en serie y en este proceso se ven involucradas las máquinas Heidelberg, ABDick y Chief 15, de igual forma las máquinas ABDick y Chief 15 trabajan bajo un sistema Stand by o en paralelo, debido a que se maneja la decisión de mantener una máquina ocupada y la otra libre de trabajo, este proceso puede observarse en la ilustración 6.

Ilustración 6. Diagrama de proceso.



6. DESARROLLO

Como misión la empresa objeto de estudio busca ser reconocida como la mejor empresa a nivel del municipio de Palmira por calidad y buenos productos, para esto se evaluó el área de producción la cual es considerada crítica pues es en dónde hay el mayor flujo de trabajo, además se tiene mayor interacción de los operarios con los equipos utilizados en la producción, de manera que se pueda saber cómo se están desarrollando los procesos y si se están llevando a cabo de una manera correcta, por tal razón es el área dónde se realizaran los respectivos estudios y análisis.

La realización de la toma de tiempos se llevó a cabo tomando información sobre los tiempos de alistamiento, tiempo de paradas, motivos de paradas y los tiempos de estas, se determinó también la cantidad de producto bien impreso, dañado y defectuoso de cada una las máquinas involucradas en el proceso de impresión y el proceso de terminado y foliado de paquetes.

6.1 DIAGNÓSTICO

Como misión la empresa litográfica objeto de estudio busca ser reconocida como la mejor empresa a nivel del municipio de Palmira por calidad y buenos productos, para esto se evaluó el área de producción la cual es considerada crítica pues es en dónde hay el mayor flujo de trabajo, además se tiene mayor interacción de los operarios con los equipos utilizados en la producción, de manera que se pueda saber cómo se están desarrollando los procesos y si se están llevando a cabo de una manera correcta, por tal razón es el área dónde se realizaran los respectivos estudios y análisis.

6.1.1 Indicadores de desempeño, OEE (Overall Equipment Effectiveness)

El OEE nos proporciona una visión cerca de las pérdidas que ocurren durante el proceso de fabricación y es el agente de cambio con más valor para llevar juntos mantenimiento, operaciones e ingeniería abordando problemas de más alto nivel de rendimiento en la planta²⁰. Las pérdidas de disponibilidad se producen por las paradas de la máquina durante el tiempo planeado para producir y por el tiempo gastado mientras se corre la máquina ajustando los parámetros de producción durante el set-up.

6.1.1.1 OEE Guillotina

Para el proceso de corte de papel en Guillotina se determinó una muestra de 14 trabajos, con una desviación estándar de 0.56 y un error del 30%, el estudio de tiempo se realizó a (2) dos operarios²¹ encargados del proceso, determinando para ambos casos el tiempo de corte de material; tiempo total y el tipo de paradas que se presentan. Se calculó el OEE a cada operario y se promedió obteniendo el OEE del área de corte²², el Operario 1 presenta un OEE del 53% y el Operario 2 un OEE del 48.7%, dando como resultado un OEE promedio del 50.7%, en dónde el indicador Disponibilidad con el 57% está siendo afectado por perdidas de preparación y ajuste, los motivos de las paradas se condensan en la ilustración 7, en dónde la Organización de corte de papel en la máquina de acuerdo al producto representan el 36% ya que al terminar un trabajo se debe reajustar la máquina ocasionando pérdidas de tiempo, tomándose más del tiempo planeado en una tarea presentándose retrasos en la entrega de las ordenes e incumplimiento de las metas, los demás indicadores como el Rendimiento se encuentra en un 89% y la

²⁰ (Robert C. Hansen, 2001)

²¹ **Nota:** “Se decidió tomar el estudio de tiempos a 2 (dos) operarios debido a que no se cuenta con datos suficientes y de esta manera realizar una comparación, para determinar si el tiempo que se está tomando es el apropiado o es un tiempo muy elevado para desarrollar dicha actividad”.

²² Este cálculo se realizó de esta manera dado a que en las jornadas laborales los 2 (dos) operarios se encargan de realizar la misma actividad.

calidad es del 100% dado que no se presentan defectos al momento de desarrollar dicha actividad.



Ilustración 7. Motivos de paradas en el proceso de corte de trabajo terminado.

Para el cálculo de los indicadores de eficiencia se aplicaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 5. Disponibilidad para máquinas involucradas en el proceso de impresión

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo total de operación} - \text{tiempo de paradas}}{\text{tiempo total de operación}}$$

Ecuación 6. Rendimiento para máquinas involucradas en el proceso de impresión

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Menor tiempo en el que se realiza una operación (hallado)}}{\text{promedio de tiempos de operacion de los trabajo de muestra}}$$

Ecuación 7. Calidad para máquinas involucradas en el proceso de impresión

Calidad = identificar si hubieron defectuosos o no (si no hay defectuosas es el 100%)

Tabla 4. Datos promedios de operarios para el cálculo de elemento de OEE

Operario promedio	
Tiempo total (min)	Tiempo Paradas
138,975	59,77
Disponibilidad	57%
Rendimiento	89%
Calidad	100%
OEE	51%

A continuación se muestra un análisis Por qué - Por qué realizado para las máquinas que participan en el proceso de producción y para un grupo multidisciplinario conformado por el operador de la máquina, el gerente y una persona encargada de realizar mantenimientos, de manera que se pueda encontrar la causa raizal de las paradas presentadas en cada una de las máquinas, para esto se realizará una pregunta de forma lógica que lleve a encontrar una respuesta óptima, solo pararán las preguntas hasta que la respuesta sea la verdadera causa del problema y se logre la reducción de pérdidas bien sea de tiempo, de velocidad o de calidad que afecta la Disponibilidad, el Rendimiento y Calidad respectivamente.

❖ **Análisis 5 porqués máquina Guillotina.**

1. ¿Por qué se pierde tiempo en reacomodar la maquina en cada trabajo?
Porque las tareas de corte se realizan cada vez que se empieza un nuevo trabajo ya que no existe una programación del trabajo a realizar.
2. ¿Por qué no hay programación?
Porque el trabajo no es organizado, no se tiene buen conocimiento de las órdenes de producción.
3. ¿Por qué no existe organización y conocimiento de las órdenes?
Porque no existe buena comunicación y compromiso de la gerencia.
4. ¿Por qué no existe comunicación y compromiso de gerencia?
Porque el trabajo designado no es específico y la gerencia considera que las capacidades que poseen los empleados son suficientes.
5. ¿Por qué la gerencia considera que no son necesarias mejores capacidades?
Porque se cree que las capacidades que poseen los operarios cubren las necesidades de producción.

6.1.1.2 OEE Máquina ABDick 360:

En el proceso de impresión se determinó una muestra de 32 trabajos²³, con una desviación estándar de 0.811 y un error del 28%, estas muestras fueron sometidas a un estudio de tiempos para determinar la cantidad de pérdidas que se presentan en el proceso de impresión. Arrojando como valores de Disponibilidad el 89%, Rendimiento el 64% y Calidad del 95% mostrados en la tabla 5, obteniendo así un OEE calculado del 54%, este resultado se ve afectado debido a las continuas paradas ejecutadas por la máquina por enredos de papel condensadas en la ilustración 8 y representan el 18,6% del total de paradas realizadas, en consecuencia se ve afectada la velocidad y no permiten el buen Rendimiento, lo cual deja al descubierto el descuido en la falta de mantenimiento planeado e inversión en capacitación para personal.

El cálculo de la disponibilidad es la suma del tiempo total alistamiento y el tiempo total de impresiones dividido por la suma de todos los tiempos. Para el rendimiento es la velocidad real de la máquina sobre la velocidad teórica; Para el cálculo de la calidad es la resta del total de impresiones buenas menos el total de defectuosos y sobrantes, el producto de esta resta es dividido por el total de impresiones buenas. Los datos se presentan en la tabla 6.

Tabla 5. Datos recolectados de máquina ABDick para cálculo de elementos OEE

Tiempo total alistamiento (min)	Tiempo total impresiones (min)	Tiempo total paradas (min)	
1.279	843	271,57	
Total impresiones buenas	Total impresiones defectuosos	Total impresiones sobrantes	Total
58.980	1.698	1.267	61.945
DISPONIBILIDAD	89%		
RENDIMIENTO	64%		
CALIDAD	95%		
OEE	54%		

²³ Todas las muestras tomadas son en base al producto Talonarios que encabeza la mayor demanda de la empresa.

❖ **Análisis 5 porqués máquina ABDick 360.**

1. ¿Por qué se retrasa el proceso de impresión?
Porque el papel se enreda en la máquina y constantemente se debe adicionar.
2. ¿Por qué se enreda el papel y constantemente se debe adicionar?
Porque la máquina no recibe constantemente mantenimiento.
3. ¿Por qué la máquina no recibe mantenimiento constante?
Porque la gerencia no los considera necesarios solo cuando la máquina necesite reparación total.
4. ¿Por qué la gerencia permite que las máquinas lleguen al punto de reparación total?
Porque no poseen políticas de mantenimiento preventivo.
5. ¿Por qué no se poseen políticas de mantenimiento preventivo?
Porque creen que de la manera en la cual se desarrollan los procesos actualmente es la adecuada.

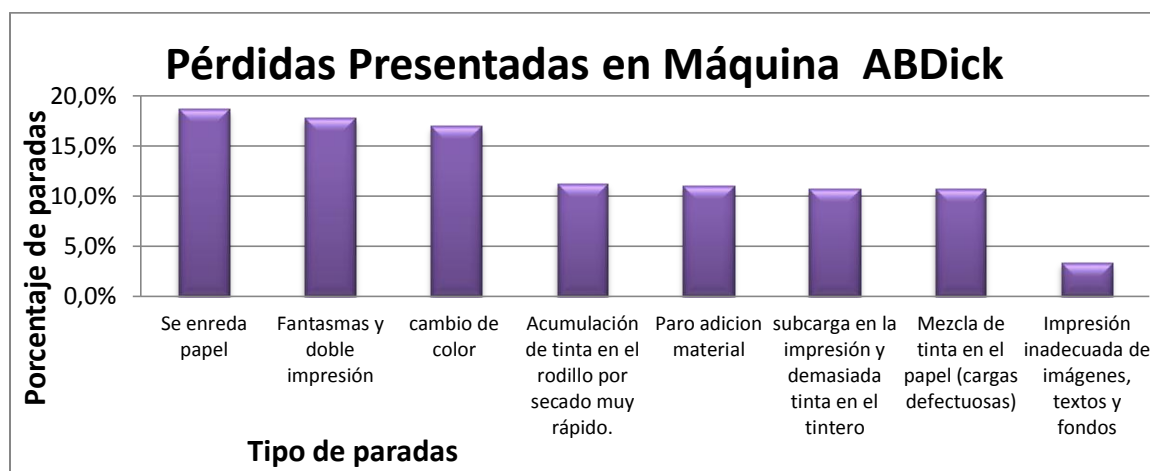


Ilustración 8. Paradas de máquina ABDick 360.

6.1.1.3 OEE Máquina Chief:

Para el estudio de tiempo que se realizó en esta máquina en el proceso de impresión se determinó una muestra de 31 trabajos en proceso de impresión, con una desviación estándar de 0.913 y un error del 30% determinando de esta manera la cantidad de pérdidas que se presentan. En el cálculo el valor de Disponibilidad corresponde al 90%, Rendimiento el 70% y Calidad del 95%, como se muestra en la tabla 6, obteniendo un cálculo de OEE del 60%. En la identificación de las pérdidas se encontró que el enredo de papel representa el 19,9% del total de las pérdidas como se condensa en la Ilustración 9, este resultado afecta directamente el rendimiento puesto que la máquina está ejecutando constantemente paradas menores disminuyendo la velocidad de producción que retrasan el proceso y conllevan a generar desechos de material y defectos de calidad, estos resultados también dejan en vilo la falta de mantenimientos programados.

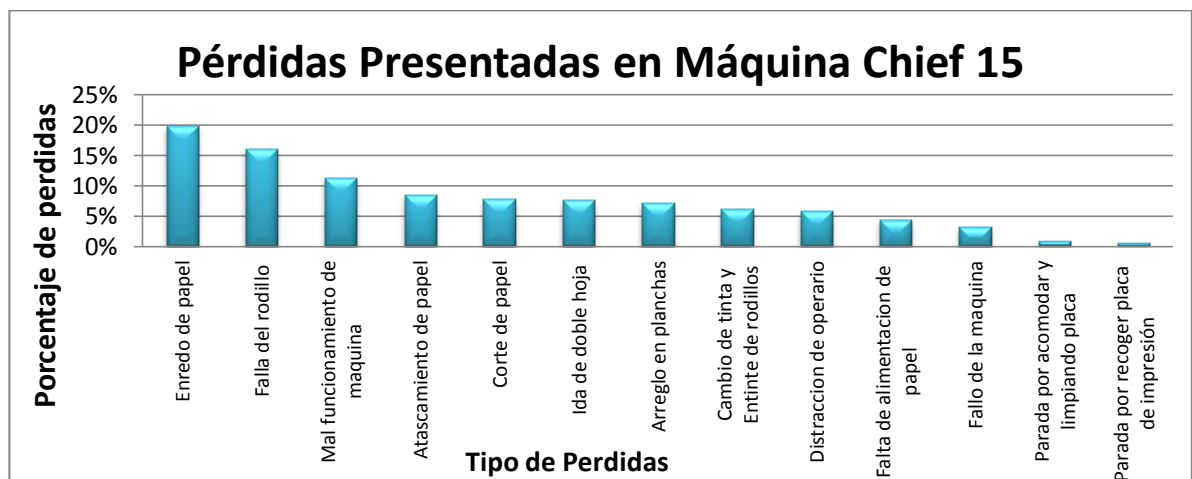


Ilustración 9. Paradas de máquina Chief.

El cálculo de los indicadores de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad se realiza igual al de la máquina ABDick.

Tabla 6. Datos recolectados de máquina Chief para cálculo de elementos OEE

Tiempo total alistamiento (min)	Tiempo total impresiones (min)	Tiempo total paradas (min)	
1.982	904	319	
Total impresiones buenas	Total impresiones defectuosos	Total impresiones sobrantes	Total
63.313	2.183	1.289	66.785
DISPONIBILIDAD	90%		
RENDIMIENTO	70%		
CALIDAD	95%		
OEE	60%		

❖ **Análisis 5 porqués máquina Chief.**

1. ¿Por qué se retrasa el proceso de producción?

Porque presentan paradas menores que afectan la velocidad de la producción.

2. ¿Por qué se presentan paradas en el proceso de impresión?

Porque hace falta mantenimiento constante de maquinaria, ocasionando desechos de material y defectos de calidad.

3. ¿Por qué no se realizan mantenimientos preventivos de equipos?

Porque la gerencia solo realiza mantenimientos correctivos.

4. ¿Por qué la gerencia solo ve necesario realizar mantenimientos correctivos?

Porque no se posee un programa de mantenimientos preventivos que permita conocer las pérdidas y fallas de las máquinas durante el proceso.

5. ¿Por qué la gerencia no conoce las pérdidas y fallas que presenta el proceso?

Porque existe un descuido de la gerencia con el control de sus procesos que les permita saber el impacto de las perdidas y fallas de la producción.

6.1.1.4 OEE Máquina Heidelberg:

Para la identificación de las pérdidas que presentaba esta máquina se realizó una muestra de 30 trabajos en proceso de impresión, determinadas por una desviación estándar de 0.847 y un error de 28%, realizando así un estudio de tiempos de donde se pudo calcular el valor de Disponibilidad correspondiente al 89%, Rendimiento el 60% y Calidad del 97% mirar tabla 7, obteniendo un cálculo de OEE del 52% relativamente bajo. El Rendimiento arroja el 60%, valor que en comparación a los demás y puede verse afectado claramente por las paradas de fallo de máquina que representa el 20,5% de paradas por velocidad reducida, como se condensa en la Ilustración 10, estas paradas producen un cuello de botella dentro del proceso de producción debido a que se presentan constantemente y no dejan avanzar el trabajo a realizar acumulando de esta manera el trabajo impreso en las demás máquinas, permitiendo que no se cumpla con el objetivo de la producción dejando a la luz demoras en los trabajos y retrasos en las entregas. Nuevamente se observa la falta de mantenimientos programados de máquinas.

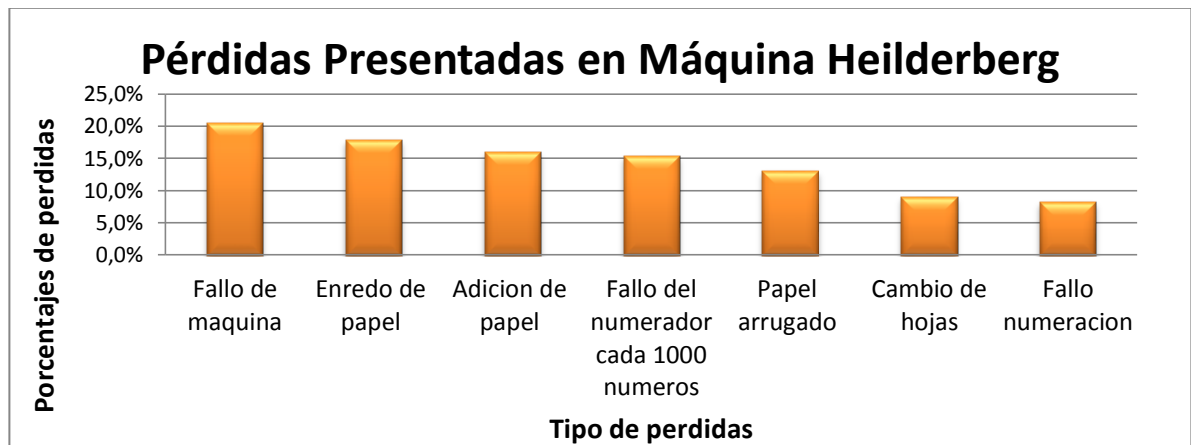


Ilustración 10. Paradas de máquina Heidelberg

Para el cálculo de los indicadores de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad se procede igual al de la máquina ABDick.

Tabla 7. Datos recolectados de máquina Heidelberg, cálculo de elementos OEE

Tiempo total alistamiento (Min)	Tiempo total impresiones (Min)	Tiempo total paradas (Min)	
867	2.038	344	
Total impresiones buenas	Total impresiones defectuosos	Total impresiones sobrantes	Total
122.290	1.739	1.398	125.427
DISPONIBILIDAD	0,89		
RENDIMIENTO	0,60		
CALIDAD	0,97		
OEE	0,52		

❖ **Análisis 5 porqués máquina Heidelberg.**

1. ¿Por qué se retrasa el proceso de producción?

Porque se presentan paradas menores que afectan la velocidad de producción.

2. ¿Por qué se presentan paradas en el proceso de impresión?

Porque la máquina no trabaja a su velocidad original.

3. ¿Por qué la máquina no trabaja a su máxima velocidad?

Porque son máquinas con más de 10 años de uso y hace falta mantenimiento para colocarla en las condiciones básicas de trabajo.

4. ¿Por qué hace falta mantenimiento?

Porque no existen planes ni programas para la ejecución de los mismos.

5. ¿Por qué no existen planes ni programas de mantenimiento?

Porque la dirección de la empresa no tiene conocimiento del impacto de los fallos o paradas que la máquina le ocasiona al proceso.

6.1.1.5 OEE Foliado:

Para el proceso de foliado se determinó una muestra de 11 trabajos impresos mediante un estudio de tiempos el cual se realizó a (2) dos operarios²⁴ quienes son los encargados del proceso, se determinó el tiempo y el tipo de paradas que se presentan. Se calculó el OEE a cada operario y se promedió, el OEE para operario 1 y 2 fue de 55% para cada uno, y el OEE promedio²⁵ que se obtuvo de los dos operarios fue del 55%, valor que se condensa en la tabla 8, pudiendo determinar que los tiempos de realización de la misma actividad por ambos operarios no es muy variable. Se obtuvo una Disponibilidad del 76% para ambos casos y para el promedio, una Calidad del 100% pues el producto no sufre ninguna alteración o daño debido a que es una actividad manual y no intervienen máquinas u otro tipo de objeto, en cuanto y un Rendimiento del 73% tanto para cada uno de los operarios como para el promedio de ambos, valor que puede verse afectado por distracciones durante el proceso de foliado, información que se condensa en la Ilustración 11 en donde la distracción por atención al cliente representa el 6.5% de todas las distracciones, produciendo falta de concentración en el acomodo del orden de las impresiones, afectando la velocidad del trabajo.

Tabla 8. Datos promedios de operarios para el cálculo de elemento de OEE

Operario promedio	
Tiempo total (min)	Tiempo Paradas
1138,1	271,7
DISPONIBILIDAD	76%
RENDIMIENTO	72%
CALIDAD	100%
OEE	55%

²⁴ **Nota:** “Se decidió tomar el estudio de tiempos a 2 (dos) operarios debido a que no se cuenta con datos suficientes y de esta manera realizar una comparación, para determinar si el tiempo que se está tomando es el apropiado o es un tiempo muy elevado para desarrollar dicha actividad”.

²⁵ Este cálculo se realizó de esta manera dado a que en las jornadas laborales los 2 (dos) operarios se encargan de realizar la misma actividad.

Para el cálculo de la disponibilidad es la resta del tiempo total de operación menos el tiempo de paradas sobre el tiempo total de operación; en cuanto al rendimiento, se calculó dividiendo el menor tiempo posible al momento de realizar una operación sobre el promedio de los tiempos de operación de los once (11) trabajos de la muestra.

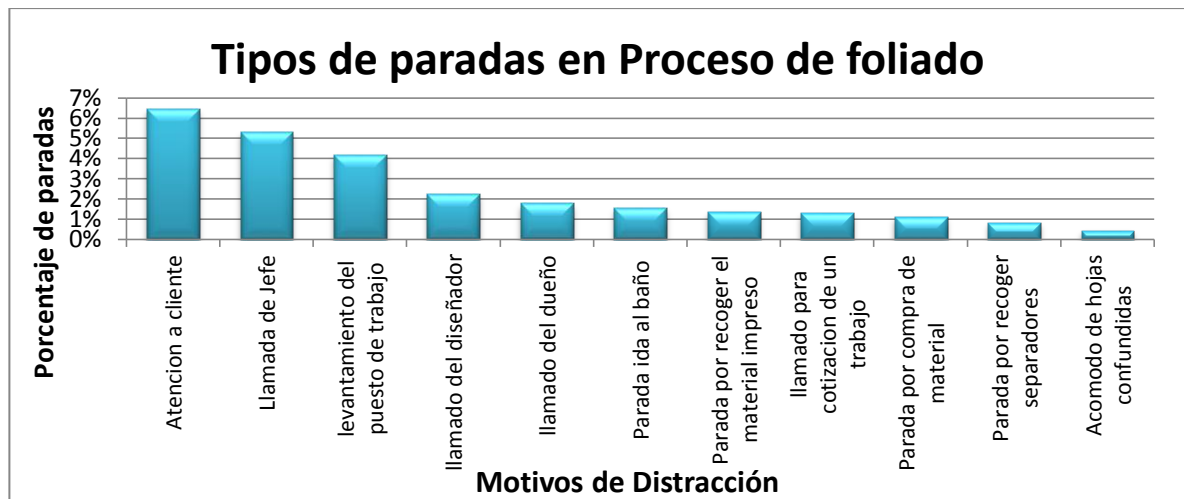


Ilustración 11. Paradas en Proceso de Foliado.

6.1.2 Pérdidas en el sistema productivo.

Se puede entender que en un proceso productivo existen cuatro categorías de recursos: Máquinas, Materiales, Mano de obra y Métodos de trabajo (que son las llamadas **4 M's**). En todo proceso existen pérdidas causadas por deficiencias en alguno de estos recursos. Es lo que se llama “muda” (que significa desperdicio en japonés), y es cualquier mal utilización de los recursos u oportunidades. A continuación se muestra la identificación de pérdidas relacionadas:

6.1.2.1 Máquinas:

Este tipo de pérdidas se identificaron anteriormente en el análisis realizado a cada una de las máquinas que intervienen en el proceso productivo, continuación se

describe el tipo que presenta cada una, y se condensan en la ilustración 16 y tabla 10:

- **Guillotina:** presenta pérdidas por **Preparación y Ajuste**, este tipo de pérdida afecta la Disponibilidad del equipo, pues cada vez que se va a realizar un trabajo nuevo debe hacerse una organización de máquina según medidas estándar de producto, al terminar el producto y halla pasado por impresión y foliado debe ser refilado nuevamente para cumplir con las especificaciones del cliente, esta pérdida representa el 9% del total de las pérdidas del sistema. La causa aparente de este tipo de pérdida es ocasionada por la falta de mantenimiento e inversión en capacitaciones que generen conocimientos a los operarios ya que estos solo poseen conocimientos vagos sobre cómo realizar un mantenimiento.
- **Chief 15, ABDick:** estas máquinas presentan **Pérdidas por paradas menores** producidas durante el proceso de producción y afectan directamente el Rendimiento de ambas, del total de las pérdidas del sistema los paros cortos por enredos de papel en máquinas Chief y ABDick representan el 28% y 23% respectivamente, estas son causadas por la falta de conocimiento y controles en el proceso y conlleva a la no identificación de las fallas y deja a la luz el descuido de la gerencia y falta de mantenimientos programados, a consecuencia los operarios se han encargado de realizar ajustes que no arreglan el problema de raíz puesto que no poseen conocimientos suficientes debido a la falta de capacitación.
- **Heidelberg:** esta máquina presenta **Pérdidas por velocidad reducida** que afectan el Rendimiento y se genera porque la máquina no trabaja a la velocidad especificada por el proveedor, al suceder esto se presentan constantes fallos que retrasan el proceso de impresión, este fallo representa el 32% de las pérdidas de todo el sistema y se puede presentar por el constante uso, partes que necesitan ser cambiadas y la falta de mantenimientos programados que no permiten que la máquina opere a su máximo potencial, generando de esta manera cuellos de botella que

retrasan todo el proceso de producción formando un cuello de botella, que se transforman en el incumplimiento de la entrega de las ordenes.

Tabla 9. Pérdidas más representativas por cada equipo

Pérdida	Tiempo	%	% acumulado
Fallo de máquina (Heidelberg)	70,4	32%	32%
Enredo de papel (Chief)	63,4	28%	60%
Enredo de papel (ABDick)	50,6	23%	83%
Organiza máquina según medidas estándar de producto (Guillotina)	21,1	9%	92%
Atención al cliente (Foliado)	17,6	8%	100%

Fuente. Propia

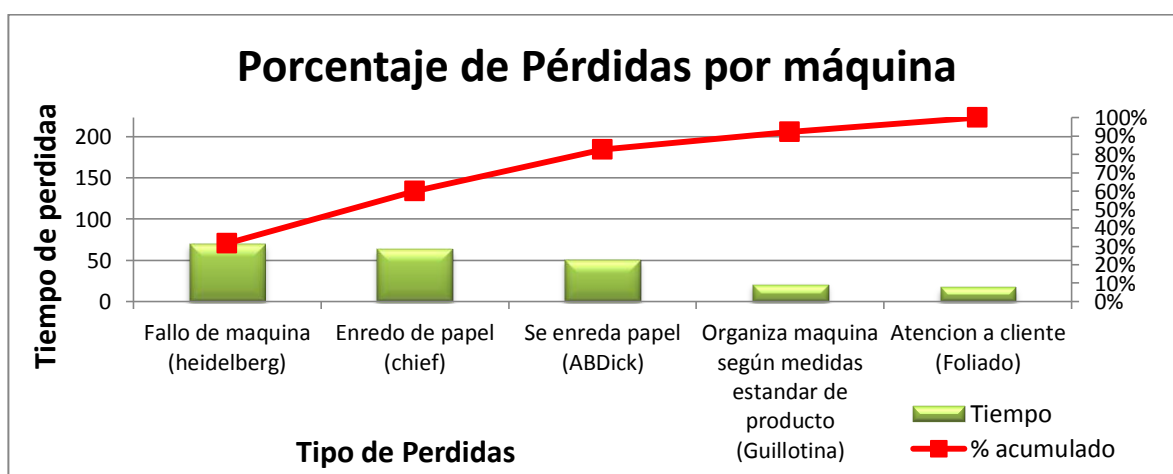


Ilustración 12. Porcentaje de pérdidas con mayor frecuencia clasificadas por máquina y procesos manuales.

6.1.2.2 Materiales:

Este tipo de pérdidas fueron observadas en las visitas realizadas a la empresa en donde se deja a plena vista el mal uso de la materia prima generando desperdicios, bien sea por realización de malos cálculos o por exageración en el papel para la impresión. Mirar ilustración 13.



Ilustración 13. Desperdicio de materia prima depositados en canecas.

6.1.2.3 Mano de obra:

Las constantes paradas en los trabajos manuales, en donde los trabajadores deben realizar diferentes tareas que no están alineadas con el tipo de trabajo que están desempeñando generan distracciones, que llevan a la acumulación del trabajo diario, este tipo de pérdidas se pueden observar en la ilustración 12, donde el 8% de las pérdidas totales del sistema de producción representan la atención al cliente.

6.1.2.4 Métodos de trabajo:

Los trabajadores utilizan conocimientos básicos que poseen sobre la máquina pero esto es muy poco puesto que si la máquina presenta algún tipo de daño mayor se queda parada durante largo tiempo ya que se debe esperar al técnico que accede al llamado de la empresa, esta situación incrementa costos a las empresa puesto que cada daño grave cuesta más de \$300.000 (trescientos mil pesos), (Correa, 2013) entrevista personal).

6.1.3 Seis outputs de la producción (PQCSDM).

Se evaluarán solo tres outputs como SDM ya que PQC los primeros tres se evalúan con el análisis del indicador OEE.

6.1.3.1 Entrega:

Según el análisis de los datos brindados por la empresa de sus entregas mensuales de órdenes de productos, podemos observar que durante el mes de Abril del 2013 la demanda fue mayor a la de otros meses, donde el 73% de las entregas de producto se realizó en este mes como se puede observar en la tabla 11, mientras que durante los meses de Marzo, Mayo y Junio sus entregas corresponden a 61%, 63% y 66% respectivamente, notándose que en los tres casos es mayor el número de los retrasos de productos incumpliendo de esta manera con la fecha estipulada de entrega al cliente.

Tabla 10. Datos de entregas mes Marzo

Marzo	
Cantidad de Órdenes	23
Cantidad de producto entregado	14
Cantidad de producto retrasado	9
Cantidad total de días de retraso	17
Porcentaje de entregas en el mes	61%

Fuente. Propia

Tabla 11. Datos de entregas mes Abril

Abril	
Cantidad de Ordenes	41
Cantidad de producto entregado	30
Cantidad de producto retrasado	11
Cantidad total de días de retraso	15
Porcentaje de entregas en el mes	73%

Fuente. Propia

Tabla 12. Datos de entregas mes Mayo

Mayo	
Cantidad de Ordenes	38
Cantidad de producto entregado	24
Cantidad de producto retrasado	14
Cantidad total de días de retraso	18
Porcentaje de entregas en el mes	63%

Fuente. Propia

Tabla 13. Datos de entregas mes Junio

Junio	
Cantidad de Ordenes	41
Cantidad de producto entregado	27
Cantidad de producto retrasado	14
Cantidad total de días de retraso	19
Porcentaje de entregas en el mes	66%

Porcentaje Total de entregas 4 (cuatro meses)	66%
--	-----

6.1.3.2 Seguridad

Este output presenta el 100% debido a que en la empresa muy rara vez se presentan accidentes de riesgo laboral en donde se vea comprometida la vida o las capacidades de los operarios; en los 14 años de creada la empresa solo han ocurrido 6 accidentes²⁶, de los cuales no se tienen registros ya que los dueños de la empresa no veían pertinente registrar estos casos pues se le brindaba atención medica al operario y este seguía haciendo su trabajo días después de su recuperación. El ser cuidadosos con el manejo de máquinas, limpieza y lavado de rodillos previene a los operarios de sufrir accidentes o incidentes²⁷.

6.1.3.3 Motivación:

Para la medición de la motivación dentro de la empresa se realizó una encuesta (ver Anexo 2), dirigida a los 5 trabajadores que laboran tanto en el área de Producción como afines a esta. El resultado de las encuestas arroja que los trabajadores observan que sus sugerencias de mejora y las detecciones de problemas identificados por ellos no son tomados en cuenta y son pasados por alto, representando estas dos el 80% de respuestas negativas, en cuanto a la definición de funciones y responsabilidades, información de desempeño, motivación y condiciones salariales todos responden a que no están satisfechos con estas, representando el 60% de negatividad para este tipo de preguntas, dejando a la luz respuestas respectivamente como: no les es definido sus tareas ya que deben de estar de un lado a otro para el cumplimiento de órdenes, no se les reconoce el desempeño de labores, razón por lo cual no les genera algún tipo de motivación por su trabajo además alegando que sus condiciones salariales se quedan cortas en cuanto a las tareas que desempeñan. En los siguientes gráficos

²⁶ Aclaraciones brindadas por los dueños de la empresa objeto de estudio.

²⁷ Manifestaciones que brindan los operarios en entrevistas realizadas.

de torta se ilustra el porcentaje de respuestas positivas y negativas de acuerdo con la encuesta:

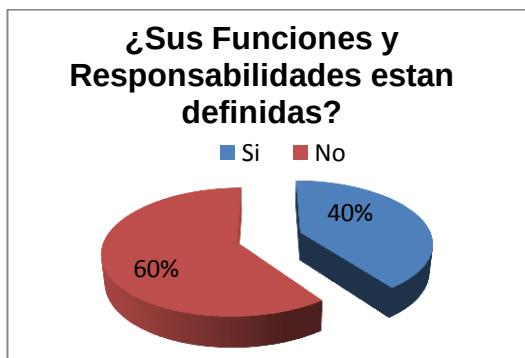


Ilustración 14. Funciones y Responsabilidades.

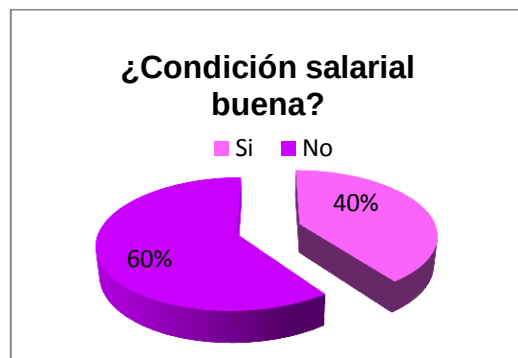


Ilustración 17. Condición salarial buena.

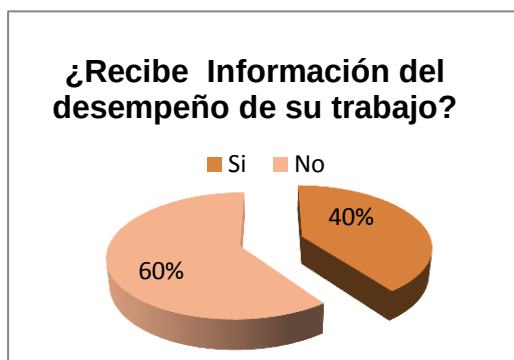


Ilustración 15. Desempeño del trabajo.



Ilustración 18. Correcta comunicación interna.

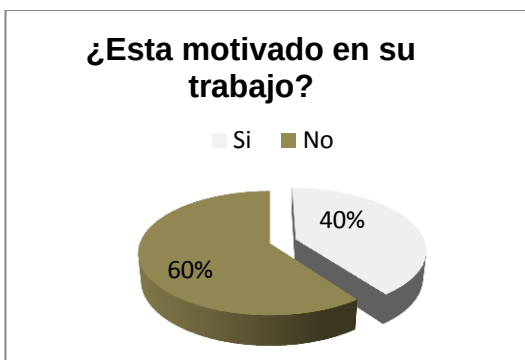


Ilustración 16. Motivación en el área de trabajo

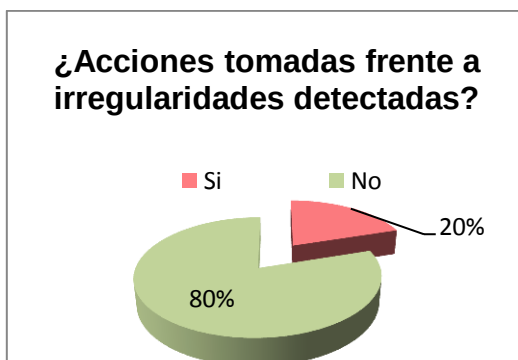


Ilustración 19. Acciones frente a irregularidades.



Ilustración 20. Sugerencias tomadas en cuenta por superiores.

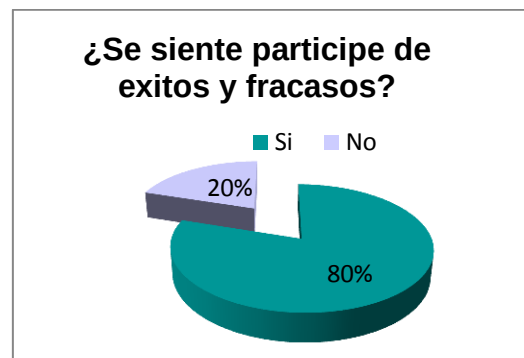


Ilustración 21. Oportunidades para desarrollo profesional.



Ilustración 22. Participe de Éxitos y Fracasos.

En conclusión, el logro que se ha trazado la empresa objeto de estudio se ha quedado corto pues mediante el análisis de estudio de tiempos que ese le realizó a todo el proceso de producción se pudo observar que no se cuentan con buenas prácticas para realizar sus procesos, reinando el desorden y la falta de compromiso por parte de sus miembros²⁸. Dentro del proceso de producción las buenas decisiones no son el eje primordial para la elaboración del producto puesto que no existe una buena comunicación y control del proceso que desencadena pérdidas económicas para la empresa, estas se ven reflejadas en desperdicios de materia prima, entregas tardías y máquinas no disponibles al momento del uso. Dentro de la empresa el trabajo diario no presenta planeación y el tiempo no es el

²⁸ Información obtenida de visitas realizadas a la empresa, durante el periodo de observación.

mejor aliado de los dueños, pues la cantidad de tareas desempeñadas por ellos los llevan a despreocuparse o aplazar necesidades básicas tales como: mantenimientos para máquinas, capacitación y motivación del personal. Dentro del Área de Producción no se realiza algún tipo de inspección para los procesos llevados a cabo por parte de los operarios ni tampoco en la manipulación de los equipos y en el rendimiento de estos. Las paradas cortas en las máquinas ABDick y Chief se convierten en Pérdidas crónicas, para la gerencia en cuestiones de dinero no son significativas en su momento pero que si se convierten en una pérdida constante que conlleva a generar tiempos de producción más largos, desperdicios de material y defectos de calidad, esto causa pérdidas de dinero a largo plazo ya que llevan a generar desconfianza en los clientes. Para el caso de la máquina Heidelberg, se observa que genera pérdidas de velocidad ya que las constantes paradas que presenta no permiten que el trabajo siga el adecuado ritmo de producción generando cuello de botella ya que no trabaja a la velocidad inicial de fabricación produciendo retrasos en la entrega de las ordenes, es por eso que en la siguiente sección se evaluará el aumento de los indicadores de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad para ver como mejora el proceso dentro de la empresa.

6.2 COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN

La empresa objeto de estudio no cuenta con procesos de producción ordenados, realizan las actividades a la ligera y solo cuentan con experiencia, pudiéndose notar de esta manera que el desperdicio de materia prima como se mostró en el numeral 6.1.2.2... La empresa posee los siguientes datos de proceso:

- Horas laboradas al año = 2304
- Semanas laboradas al año = 52
- Horas laboradas al día = 8
- Gastos totales diarios para la producción de talonarios

TIPO DE COSTO	DÍA
Costos de mano de obra	\$ 33.333
Costos de energia	\$ 13.333
Costo de insumos	
Tinta (cuatro clases)	\$ 500
Disolventes	\$ 2.000
Pegante	\$ 700
Grapas	\$ 183
Cinta	\$ 200
Papel carton	\$ 600
Pape Bond	\$ 14.250
Papel Manifol	\$ 12.000
TOTAL	\$ 77.100

- Producción de producto al día, se producen 3 talonarios al día

Producción de producto	
Producto	Millar/día
Facturas	2
Talonarios	3
Volantes	2
Hojas membreteadas	1
Boletería	1
Tarjetas de Presentación	2
Folletos	2

- Costos de producción de talonarios al día = $\frac{\text{costos de producción de talonarios al día}}{\text{cantidad de talonarios producidos al día}}$

$$\text{costo de producción de talonarios al día} = \frac{\$77.100}{3} = \$25.700$$

Actualmente se presentan costos unitarios de producción para talonarios de un millar es de \$22.700, laborando 8 horas diarias dentro de la empresa, la empresa vende la producción de talonarios al público en \$50.000, dejando una ganancia de \$27.300, valor bastante rentable para la empresa.

6.3 OEE GLOBAL.

Se realizó el cálculo para un OEE global que determina el estado actual de la empresa y si se están utilizando de manera adecuada los recursos económicos, directos e indirectos e insumos. Para este fin se dispuso de los datos calculados de Disponibilidad, Calidad y Rendimiento de cada una de las máquinas (Chief 15, ABDick, Heidelberg) y de las actividades manuales (Corte en Guillotina y Foliado). Para el cálculo del OEE global se calculó una Disponibilidad, Rendimiento y Calidad global. A continuación se muestra la evaluación de los valores de los elementos del OEE Global:

- ❖ **Disponibilidad:** las maquinas Chief 15 y la máquina ABDick trabajaban en sistema Stand By por lo cual se determinó una disponibilidad para este sistema,

Porcentaje de Disponibilidad de Máquinas	
Chief	90%
ABDick	89%

Ecuación 8. Ecuación cálculo de disponibilidad Stand By

$$\text{Disponibilidad Stand By} = \left(\begin{matrix} \text{probabilidad} \\ \text{del primer} \\ \text{componente} \\ \text{funcionando} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{probabilidad} \\ \text{del segundo} \\ \text{componente} \\ \text{funcionando} \end{matrix} \right) \times \left(\begin{matrix} \text{probabilidad} \\ \text{de necesitar} \\ \text{el segundo} \\ \text{componente} \end{matrix} \right)$$

$$\text{Disponibilidad Stand By} = (90\%) + (89\% \times (1 - 89\%)) = 100\%$$

Porcentaje de Disponibilidad de las Máquinas	
Heidelberg	89%
F paquetes	76%
T guillotina	57%

Ecuación 9. Ecuación Disponibilidad en Serie o Disp. Total

$$\text{Disponibilidad en serie} = \text{Disponibilidad total}$$

Disponibilidad total = *Disp. de las máquinas conectadas en serie*

Disponibilidad total = *Disp. Máquina Heiderberg* × *Disp. Stand By* ×

Disp. Foliado Paquetes × *Disp. Terminado en Guillotina*

Disponibilidad total = 89% × 100% × 76% × 57% = 39%

La Disponibilidad total del sistema es del 39%, indicador bastante bajo con respecto a la tabla 15 puesto que el quipo debería tener una Disponibilidad mayor al 90%.

- ❖ **Rendimiento:** el sistema trabaja de acuerdo a la velocidad de impresión de la máquina más lenta, en este caso la máquina Heidelberg es la que culmina el trabajo de impresión y determina el ritmo de producción debido a que no trabaja a su máximo potencial formado así un cuello de botella, generando demoras en el proceso y retardos las entregas de producto. Por lo tanto el Rendimiento total del sistema es del 60%.
- ❖ **Calidad:** se clasificó los datos de las impresiones de cada máquina; Chief 15, ABDick, Heidelberg recolectados en el estudio de tiempos realizados como: Defectuosas, Sobrantes y Buenas, en donde se determinó que las impresiones Defectuosas y Sobrantes totales de todo el proceso es la suma de las tres máquinas, también se determinó que las impresiones buenas totales de todo el proceso de producción son el total de las impresiones buenas realizadas en la máquina Heidelberg puesto que esta es la que culmina el proceso de impresión con 122.290 impresiones, como se muestra en la tabla 14:

Tabla 14. Datos de Tiempo de desempeño de máquinas para cálculo de Calidad

Total de impresiones				
	Buena	Defectuoso	Sobrante	
	122.290	2.183	1.289	Chief
		1.698	1.267	ABDick
		1.739	1.398	Heidelberg
TOTAL	122.290	5.620	3.954	

Fuente. Propia

Finalmente se calculó el valor de la Calidad de la siguiente manera:

Ecuación 10. Ecuación cálculo Calidad total

$$\text{Calidad total} = \frac{\text{Total impresiones} - (\text{total defectuosos} + \text{total sobrantes})}{\text{Total impresiones}}$$

$$\text{Calidad total} = \frac{122290 - (5620 + 3954)}{122290} = 92\%$$

Finalmente para el cálculo del OEE global se multiplicaron los tres resultados hallados anteriormente de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad:

$$\text{OEE Global} = (\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad})\text{Total}$$

$$\text{OEE Global} = 39\% \times 60\% \times 92\% = 21.48\%$$

Tabla 15. Resultados de Elementos de OEE.

Disponibilidad	39%
Rendimiento	60%
Calidad	92%
OEE GLOBAL	21,48%

Fuente. Propia

El OEE global calculado muestra que del 100% de su productividad solo se está utilizando el 21.48%, por lo cual de todos los recursos disponibles el 78.57% están siendo desperdiciados. Con los resultados obtenidos se realizó una comparación para determinar que tanto difiere los indicadores hallados en la empresa objeto de estudio con los Indicadores de Clase Mundial para una empresa mostrados en la tabla 16, la Disponibilidad Total difiere en un 51%, el Rendimiento difiere en un 35% y la Calidad difiere en un 7.9%, dejando a la luz que la Disponibilidad es el indicador con más bajo nivel seguido del Rendimiento, el valor de la Calidad no difiere tanto pero se puede mejorar. Según indicadores de clase mundial para procesos tipo Batch mostrado en la tabla 17 en empresas de manufactura el valor de OEE del 21.48% calculado no iguala el valor de 85%, lo cual nos deja en claro que a la empresa le hace falta mejorar sus procesos y

eliminar pérdidas relacionadas con tiempo y velocidad como: **Preparación y ajustes y Pérdidas por velocidad reducida**, que están estrechamente vinculados con la Disponibilidad y Rendimiento respectivamente, que puede generar una competitividad baja para el desempeño a nivel comercial y dentro del sector de manufactura donde se encuentra ubicada la empresa.

Tabla 16. Indicadores de Clase Mundial para OEE

Indicadores de Clase Mundial para el OEE	
Disponibilidad	90%
Rendimiento	95%
Calidad	99.9%

Fuente. (Nakajima, 1991)

Tabla 17. Indicadores OEE mundiales para procesos.

Efectividad Global del Equipo (EGE)	
Para procesos tipo Batch	>85%
Para procesos continuos discretos	>90%
Para procesos continuos	>95%

Fuente. (Nakajima, 1991)

6.3.1 Indicador económico ROA

6.3.1.1 Aspectos del ROA

Para evaluar cómo las pérdidas en el indicador global OEE afectan económicamente la empresa, se calculó el valor del Retorno de los activos para un solo año, tomando el total de los activos fijos y variables promediados²⁹, además de aspectos como precio de venta, Costo de maquinaria y producción anual de productos como se muestra en las tablas 18, 19 y 20:

²⁹ **NOTA:** los activos corrientes no fueron tomados en cuenta para este análisis debido a que cuentas como Bancos, caja, inversiones temporales, provisiones e inventarios siempre se van a existir para la empresa se realice o no un proyecto como el que actualmente se está desarrollando.

Tabla 18. Precio de venta y Productos con mayor producción anual.

Tipo de Producto	Precio de venta (pesos)	Producción (millar)
Talonarios	\$ 58.000	864
Volantes	\$ 69.000	576
Tarjetas de Presentación	\$ 65.000	576
Facturas	\$ 78.000	576

Fuente. Empresa.

Tabla 19. Costo de Maquinaria.

Costo de Máquina (pesos)	
Chief	\$ 7.000.000
Abdick	\$ 6.500.000
Heidelberg	\$ 8.500.000
Guillotina	\$ 8.000.000
Total	\$ 30.000.000

Fuente. Empresa

***Gasto por depreciación** = valor activo * tasa de depreciación*

***Valor depreciación** = valor del activo – gasto por depreciación*

Tabla 20. Depreciación en pesos de Maquinaria Litográfica, periodo de 5 años.

Depreciación Maquinaria					
Año	Valor activo	Tasa	Valor Depreciación	Gasto por Depreciación	Depreciación acumulada
1	\$ 30.000.000	10%	\$ 27.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
2			\$ 24.300.000	\$ 2.700.000	\$ 5.700.000
3			\$ 21.870.000	\$ 2.430.000	\$ 8.130.000
4			\$ 19.683.000	\$ 2.187.000	\$ 10.317.000
5			\$ 17.714.700	\$ 1.968.300	\$ 12.285.300

Fuente. Propia

Esta información se utilizó para la realización del flujo de caja proyectado a 5 años con una inflación del 3% anual, obteniendo el comportamiento de las utilidades para este periodo de tiempo, como se muestra en la tabla 22. Para el cálculo del flujo de caja solo se tomaron valores directamente relacionados con el proceso de producción, tal es el caso de los gastos de administración en donde solo se evaluó

el valor de los costos de los servicios públicos como la energía eléctrica y comunicaciones. El cálculo del ROA se realizó para el primer periodo.

Los activos a continuación mostrados son fijos y variables que ayudan en el cálculo del ROA:

Ecuación 11. Ecuación cálculo de ROA actual.

$$\text{Promedio total de activos} = \frac{(\text{activos variables} + \text{activos fijos})}{2}$$

Los datos en la tabla 21 muestran el estado total de los activos fijos y variables, el promedio total de activos (entre activos fijos y variables) que posee la empresa y los ingresos operacionales del primer año arrojando como resultado un ROA de 1641,33%.

Tabla 21. Datos ROA actual

Activos variables	\$ 10.482.000
	\$ 38.400.000
Total	\$ 48.882.000
Activos Fijos	\$ 300.000
	\$ 14.400.000
	\$ 16.800.000
Total	\$ 31.500.000
Promedio total de activos	\$ 40.191.000
Ingresos operacionales	\$ 64.842.000
ROA	161,33%

$$\text{Promedio total de activos} = \frac{48882000 + 31500000}{2} = \$40.191.000$$

$$\text{ROA} = \frac{\text{Ingresos operacionales}}{\text{Promedio de activos}} = 161,33\%$$

$$\text{Retorno de los activos (ROA)} = \frac{64.842.000}{40.191.000} = 161,33\%$$

Tabla 22. Flujo de caja empresa objeto de estudio en pesos.

Flujo de caja	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Anuales		172.224.000	177.390.720	182.712.442	188.193.815	193.839.629
(Costos Materias Primase insumos)		-10.482.000	-10.796.460	-11.120.354	-11.453.964	-11.797.583
(Costos Mano de obra)		-38.400.000	-39.552.000	-40.738.560	-41.960.717	-43.219.538
Utilidad bruta		123.342.000	127.042.260	130.853.528	134.779.134	138.822.508
(Gastos de Mantenimiento)		-300.000	-309.000	-318.270	-327.818	-337.653
(Gastos de Arrendamiento)		-14.400.000	-14.832.000	-15.276.960	-15.735.269	-16.207.327
(Costos de Servicios públicos)		-16.800.000	-17.304.000	-17.823.120	-18.357.814	-18.908.548
Depreciación de equipos	-30.000.000	-27.000.000	-24.300.000	-21.870.000	-19.683.000	-17.714.700
Utilidad operacional		64.842.000	70.297.260	75.565.178	80.675.233	85.654.280
(gastos financieros)		0	0	0	0	0
Ingresos no operacionales		0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos		64.842.000	70.297.260	75.565.178	80.675.233	85.654.280
(impuestos)33%		-21.397.860	-23.198.096	-24.936.509	-26.622.827	-28.265.912
Utilidad neta		43.444.140	47.099.164	50.628.669	54.052.406	57.388.368
Ajuste por depreciación		27.000.000	24.300000	21.870.000	19.683.000	17.714.700
Utilidad Neta Total	-30.000.000	70.444.140	71.399.164	72.498.669	73.735.406	75.103.068

Este resultado nos indica que la empresa presenta un retorno de los activos del 161,33% lo que significa que anualmente se obtiene este beneficio por valor de los activos fijos y variables.

6.4 ESCENARIOS DE MEJORAMIENTO DE ROA

Se evaluará a continuación el impacto que genera el cambio del OEE (calculado actual: 21.48%) por uno que se acerque al valor de clase mundial y uno que iguale el valor de clase mundial, en dos escenarios, de manera que se ataquen los dos indicadores con bajo nivel como lo son el Rendimiento y la Disponibilidad. Se plantearán dos escenarios con el propósito de evaluar el comportamiento del OEE cuando los indicadores de sus componentes son mejorados de manera que igualen al valor de los indicadores mundiales mostrados en la tabla 16 y el OEE actual del 21.48% mejore al evaluarlo en cada escenario. Con el mejoramiento del OEE actual se busca que los componentes que están más bajos en relación a los de clase mundial incrementen su valor, así de esta manera incrementa la productividad y se eliminan pérdidas que retrasan el proceso, con el fin de lograr un mejoramiento en el valor del ROA actual del 161.33%, recalculando su valor mediante la evaluación del comportamiento cuando se disminuyan elementos como tiempos calendario de trabajo y los costos de producción directamente relacionada con la mano de obra.

❖ Escenario 1

Valor de indicador OEE para un 75%.	OEE actual = 21.48%
OEE nuevo = 75%	ROA = 161,33%

Ecuación 12. Incremento en el OEE

$$\text{Incremento de OEE} = \text{OEE mejorado} - \text{OEE actual}$$

$$\text{Incremento de OEE} = 75\% - 21,48\% = 53,55\%$$

Fuente. Propia

Al plantear un indicador de OEE como lo es el del 75% como sugiere (Khamba, 2008) y compararlo con el OEE actual de 21.48% se nota un incremento del 53.52%, este incremento se realiza con el fin de identificar qué elementos del OEE pueden mejorar, reconociendo errores y fallas dentro del proceso, cambiando así la forma de realizar las actividades dentro de la empresa, reconociendo anomalías. Es necesario calcular la tasa ideal de producción que la empresa presenta para un producto específico como lo son los talonarios que tienen un proceso de producción en Serie y Stand By, lo cual se muestra en la ilustración 5. Se utilizó la tasa ideal de producción de los talonarios, el valor del OEE mejorado del 75% y las horas laboradas al año, arrojando un valor de impresiones de 1309.62 por hora trabajada, como se observa a continuación:

Ecuación 13. Ecuación nueva tasa ideal de producción

$$\text{Tasa ideal de Producción actual} = \frac{\text{Producción anual de talonarios}}{\text{Horas laboradas} \times \text{OEE global}} = \frac{\text{Producción anual de talonarios}}{\text{Horas laboradas} \times \text{OEE global}} =$$

$$\frac{864000}{2304 \times 21.48\%} = 1746.2 \frac{\text{impresiones}}{\text{hora}}$$

$$\text{Tasa ideal de Producción mejorada} = \text{Tasa ideal de Producción actual de Talonarios} \times \text{OEE mejorado}$$

$$\text{Tasa ideal de producción} = 1746.16 \left(\frac{\text{impresiones}}{\text{hora}} \right) \times 75\% = 1309.62 \left(\frac{\text{impresiones}}{\text{hora}} \right)$$

Con un incremento hasta un OEE del 75%, la tasa ideal de producción nueva que se obtuvo fue de 1309.72 impresiones por hora. Con esta nueva tasa de producción se realizó el cálculo de cuánto es la disminución de tiempo calendario de producción:

Ecuación 14. Ecuación tiempo calendario actual

$$\text{Tiempo calendario con OEE actual} = \text{dias trabajados al año}$$

$$\text{Tiempo calendario con OEE actual} = 8 \frac{\text{hora}}{\text{dia}} \times 6 \frac{\text{dia}}{\text{sem}} \times 4 \frac{\text{sem}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 2304 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Ecuación 15. Ecuación Tiempo calendario mejorado

$$\text{Tiempo calendario con OEE mejorado} = \frac{\text{Produccion anual}}{\text{Tasa de producción mejorada}}$$

$$\text{Tiempo calendario con OEE mejorado} = \frac{864000 \frac{\text{impresiones}}{\text{año}}}{1309.62 \frac{\text{impresiones}}{\text{hora}}} = 659.74 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

En comparación al tiempo calendario normal de producción de 2304 horas de producción, con la modificación del OEE al 75% se reduce el tiempo calendario de producción a 659.74 horas al año, arrojando de esta manera un ahorro de 1644 horas anuales de tiempo de producción, se hace énfasis en la disminución del costo de mano de obra puesto que es el costo que puede lograr reducciones significativas sin el aumento de las ventas para este caso, actualmente se generan gastos por \$38.400.000 de manera que si se disminuye el costo de mano de obra los costos pasarían a ser de \$10.995.586 anuales generando ahorros por \$27.404.414.

Ecuación 16. Ecuación Reducción costo de mano de obra

$$\text{Reducción costo de mano de obra} =$$

$$\frac{\text{Tiempo calendario actual} - \text{Tiempo calendario OEE mejorado}}{\text{Tiempo calendario actual}} \times \text{costo actual de mano de obra}$$

$$\text{Reducción costo de mano de obra} = \frac{2304 - 659.74}{2304} \times \$38.400.000 = \$27.404.414$$

$$\text{Nuevo costo de Mano de obra} = 38.400.000 - 27.404.414 = 10.995.586$$

Mediante la utilización de la ecuación 4 se calcula el nuevo valor del ROA

$$\text{Promedio total de activos} = \frac{21.477.586 + 315.000.00}{2} = \$26.488.763$$

$$\text{ROA} = \frac{\text{Ingresos operacionales}}{\text{Promedio de activos}} = 348.25\%$$

Tabla 23. Datos ROA mejorado con OEE 75%

Activos variables	\$ 10.482.000
	\$ 10.995.586
Total	\$ 21.477.586
Activos Fijos	\$ 300.000
	\$ 14.400.000
	\$ 16.800.000
Total	\$ 31500000
Promedio total de activos	\$ 26.488.793
Ingresos operacionales	\$92.246.414
ROA	348.25%

En cuanto al incremento de OEE al 75% la tabla 23 muestra el cambio en el rendimiento en los activos variable y fijos mostrando un aumento en comparación con los de la tabla 21, el cambio en el Retorno de los Activos (ROA) pasa a ser de 161.33% al 348.25%, Incrementando el 186.92% gracias a la reducción en el costo de mano de obra.

Como se condesa en la tabla 24, de manera que si se incrementan los componentes del OEE actual de 21.48% a un OEE nuevo de 75% la disponibilidad pasaría a ser del 89%, la calidad del 92% y el rendimiento del 91%, en donde el incremento al 89% en el valor de la Disponibilidad mejorara el OEE en un 49,2%, esto ocurriría si la configuración de trabajo en Stand by o en Paralelo que presentan en este momento las máquinas ABDick y Chief fuera diferente, de manera que se utilizara independientes, cada una en la realización de un nuevo trabajo y que ambas máquinas estuvieran siempre disponibles a la hora de emplearse, también la reducción de las pérdidas que generan estas máquinas gracias a una política de mantenimiento planeado ayudan en el incremento de este indicador, los demás componentes mantienen sus valores.

Tabla 24. Cambios en componentes de OEE al 75%.

Disponibilidad	89%	Rendimiento	91%	Calidad	92%
Aumentando el valor de la Disponibilidad al valor planteado de aumento en OEE					
Disponibilidad	89%	Rendimiento	60%	Calidad	92%
		OEE	49.2%		
Aumentando el valor del Rendimiento al valor planteado de aumento en OEE					
Disponibilidad	39%	Rendimiento	91%	Calidad	92%
		OEE	32.6%		
Aumentando el valor de la Calidad al valor planteado de aumento en OEE					
Disponibilidad	39%	Rendimiento	60%	Calidad	92%
		OEE	21.45%		

Fuente. Propia

❖ Escenario 2

Valor de indicador OEE para un 85%.

OEE actual = 21.45%

OEE nuevo = 85%

ROA = 161.33%

$$\text{Incremento de OEE} = \text{OEE mejorado} - \text{OEE actual}$$

$$\text{Incremento de OEE} = 85\% - 21,48\% = 63,94\%$$

En este escenario se plantea un valor para el indicador de OEE del 85% (valor del indicador de clase mundial) que al ser comparado con el actual OEE de 21,48% se presenta un incremento de 63.94%, este incremento puede presentarse gracias a la identificación de errores, fallas o anomalías dentro del proceso de manera que se cambien las formas de realizar las actividades en cada una de las máquinas y tareas manuales, eliminándose de raíz las pérdidas que pueden retrasar el proceso de producción de manera que el mejoramiento de lo anteriormente mencionado sea con el logro de alcanzar niveles de clase mundial.

El proceso de impresión cuenta con una Tasa Ideal de Producción de talonarios actual de 1746.16 impresiones por hora, con el incremento del OEE al 85%, esta tasa pasa a ser de 1491.47 impresiones por hora, utilizando la ecuación 6:

$$\text{Nueva Tasa ideal de producción} = 1746.16 \left(\frac{\text{impresiones}}{\text{hora}} \right) \times 85\% = 1491.47 \left(\frac{\text{impresiones}}{\text{hora}} \right)$$

Al hallar la nueva tasa ideal de producción, calcularemos con la ecuación 12 el nuevo tiempo calendario:

$$\text{Tiempo calendario con OEE mejorado} = \frac{864000 \frac{\text{impresiones}}{\text{año}}}{1491.47 \frac{\text{impresiones}}{\text{hora}}} = 579.29 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

El nuevo tiempo calendario de producción anual sería de 579.29 horas al año de manera que se disminuye el tiempo en 1725 horas al año, esta disminución genera ahorros en mano de obra directa en la cual se hace énfasis pues es el costo de mano de obra que puede lograr reducciones significativas sin el aumento de las ventas para este caso, actualmente se generan gastos por \$38.400.000 que con la disminución pasan a ser de \$9.654.906, de manera que se ahorran \$28.745.094 anuales en pagos de nómina a trabajadores, utilizando la ecuación 13 se obtiene un resultado de:

$$\text{Reducción costo de mano de obra} = \frac{2304-579.29}{2304} \times \$38.400.000 = \$ 28.745.094$$

La tabla 25 muestra los datos para el cálculo del ROA mejorado a un OEE de 85%, se notan incrementos en los activos fijos y variables mejorando su promedio total de activos y generando mayor rentabilidad:

$$\text{Nuevo costo de Mano de obra} = \$ 38.400.000 - \$ 28.745.094 = \$ 9.654.906$$

$$\text{Promedio total de activos} = \frac{20.163.906 + 315.000.00}{2} = \$ 25.818.452$$

$$ROA = \frac{\text{Ingresos operacionales}}{\text{Promedio de activos}} = 362.48\%$$

En cuanto a los cambios que se generan por el incremento del OEE del 85%, el cambio en el Retorno de los Activos (ROA) pasa a ser del 161.33% al 362.48% con una diferencia del 201.15%, generando mayores ingresos por una reducción en la mano de obra.

Tabla 25. Datos Roa mejorado con OEE de 85%

Activos variables	\$ 10.482.000
	\$ 9.654.905
Total	\$ 20.136.906
Activos Fijos	\$ 300.000
	\$ 14.400.000
	\$ 16.800.000
Total	\$ 31500000
Promedio total de activos	\$ 25.818.452
Ingresos operacionales	\$ 93.587.094
ROA	362,48%

Como se condesa en la tabla 26 con un incremento en los componentes del OEE actual de 21.48% mejorarían sus índices, el solo incremento en el 90% de Disponibilidad produciría un aumento al 50% del OEE, esto ocurriría si la configuración de trabajo en Stand by o en Paralelo que presentan en este momento las máquinas ABDick y Chief cambiara y en lugar de utilizarse de manera independiente cada una en la realización de un nuevo trabajo ambas máquinas estuvieran siempre disponibles a la hora de emplearse, de igual forma la reducción de las pérdidas generarían un incremento en los componentes gracias a una política de mantenimientos planeados que ayudan en el incremento de este indicador, los demás componentes mantienen sus valores.

Tabla 26. Cambios en componentes de OEE al 85%.

Disponibilidad	90%	Rendimiento	95%	Calidad	99,9%
Aumentando el valor de la Disponibilidad al valor de clase mundial					
Disponibilidad	90%	Rendimiento	60%	Calidad	92%
		OEE	50%		
Aumentando el valor del Rendimiento al valor de clase mundial					
Disponibilidad	39%	Rendimiento	95%	Calidad	92%
		OEE	34%		
Aumentando el valor de la Calidad al valor de clase mundial					
Disponibilidad	39%	Rendimiento	60%	Calidad	99.2%
		OEE	23%		

Fuente. Propia

De acuerdo a los dos escenarios el que más aportaría beneficios a la empresa será el escenario 2 con OEE mejorado de 85% con un incremento en la Disponibilidad de 90%. La empresa presenta actualmente un OEE de 21.48% nivel no muy bueno dentro de la escala de OEE de clase mundial, esto muestra la criticidad de la empresa, y en cualquier incremento que se le realice al OEE representará un incremento significativo en su valor y eficiencia como también en el indicador económico ROA, que a partir de este indicador la empresa debe tomar decisiones en función de los costos decidiéndose por el escenario 2, el más viable para el mejoramiento, generando menores gastos en mano de obra y mayores ingresos, ya que la producción de producto talonario puede ser más rápida, disminuyendo la mano de obra para realizar la misma tarea y los tiempos de producción menores, en consecuencia la forma de realizar el proceso mejoraría pues ya se pueden tomar mejores decisiones de producción junto con un control de proceso.

6.5 COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN MEJORADOS

Con mejoramientos en los valores de OEE obtuvimos una reducción significativa en los costos de mano de obra que incurría la empresa, estos se muestran a continuación:

6.5.1 OEE de 85%

Mediante la información hallada en el numeral 6.4, escenario 2, en donde gracias a un incremento del OEE en un 85% los costos de mano de obra pasan de ser \$38.400.000 a \$9.654.906 por año, que en las 52 semanas que se elabora son \$46.417,82 a la semana y al día serían \$7.736,30, de esta forma los costos unitarios de producción de talonarios pasaría de costar \$25.700 a costar \$17.168 como se muestran los resultados en la tabla 27. Con esta reducción de costos en la mano de obra se ahorran en los gastos un 75%.

Tabla 27. Costos de producción de talonarios al día

TIPO DE COSTO	DÍA
Costos de mano de obra	\$ 7.736
Costos de energia	\$ 13.333
Costo de insumos	
Tinta (cuatro clases)	\$ 500
Disolventes	\$ 2.000
Pegante	\$ 700
Grapas	\$ 183
Cinta	\$ 200
Papel carton	\$ 600
Pape Bond	\$ 14.250
Papel Manifol	\$ 12.000
TOTAL	\$ 17.168

Fuente. Propia

Reducción de maño de obra

$$= \frac{\text{Costo actual de mano de obra} - \text{Costo mejorado de mano de obra}}{\text{Costos actual de mano de obra}}$$

$$= 75\%$$

6.5.2 OEE del 75%

La información hallada en el numeral 6.4, escenario 1, en donde se plantea un incremento del OEE en un 75% los costos de mano de obra disminuye, pasando de \$38.400.000 a \$10.995.586 por año, que dividido por las 52 semanas que laboran son \$52.863,89 a la semana y al día serian \$8.810,57, de manera que los costos unitarios de producción de talonarios pasaría de costar \$25.700 a costar \$17.526 como se muestran los resultados en la tabla 27, ahorrándose un 71% en los costos de mano de obra.

Tabla 28. Costos de producción de talonarios al día

TIPO DE COSTO	DÍA
Costos de mano de obra	\$ 8.810,57
Costos de energia	\$ 13.333
Costo de insumos	
Tinta (cuatro clases)	\$ 500
Disolventes	\$ 2.000
Pegante	\$ 700
Grapas	\$ 183
Cinta	\$ 200
Papel carton	\$ 600
Pape Bond	\$ 14.250
Papel Manifol	\$ 12.000
TOTAL	\$ 17.526

Fuente. Propia

Reducción de maño de obra

$$= \frac{\text{Costo actual de mano de obra} - \text{Costo mejorado de mano de obra}}{\text{Costos actual de mano de obra}}$$

$$= 71\%$$

7. MODELO DE DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS BASADOS EN LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PROPUESTOS EN EL PILAR DE MEJORA ENFOCADA.

Un análisis exhaustivo del desempeño del sistema de producción se puede alcanzar mediante la ampliación del concepto de OEE, desde el desempeño de los equipos individuales, hasta el nivel de la fábrica. El OEE métrico es bien aceptado como una medida eficaz de rendimiento de fabricación y que se conoce como la Eficacia Total del Rendimiento (OTE). Nos referimos a OTE como el OEE de todo el sistema de producción³⁰, que a lo largo del trabajo se ha llamado OEE Global. Mediante el diseño de un modelo de implementación del pilar de Mejora Enfocada para la empresa objeto de estudio, se busca que se reduzcan los costos unitarios de producción, teniendo en cuenta los procesos que posee la empresa evaluando el desempeño del OEE Global de 21.48% y los OEEs del equipo individual en donde se identificó el tipo de pérdida que generaba cada equipo y el cuello de botella que presentaba el proceso. La ilustración 23 muestra el sistema de producción de la empresa y las estaciones de las cuales se compone como: la estación de corte, de impresión, de organización y terminado.

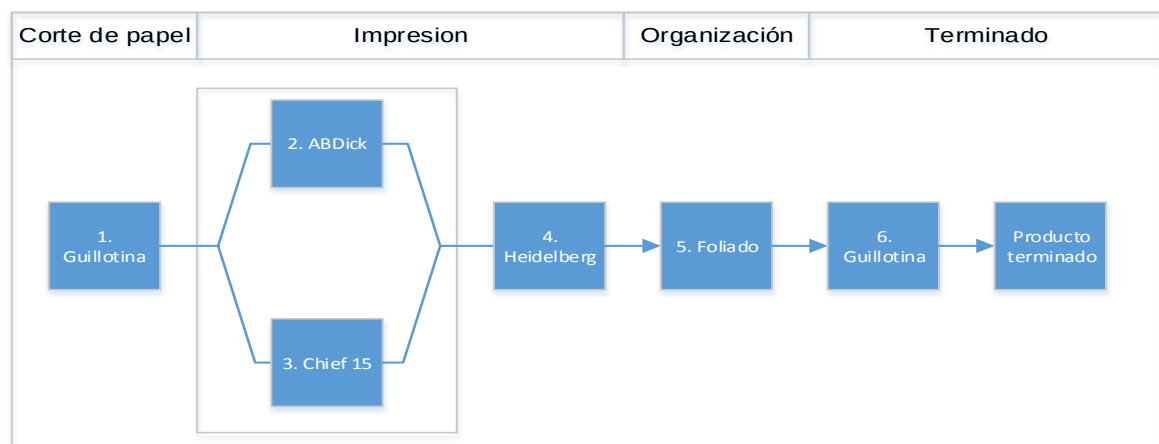


Ilustración 23. Sistema de producción de empresa objeto de estudio.

³⁰ (Vittorio Cesarotti, Alessio Giuiusa and Vito Introna, 2012).

7.1 SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa objeto de estudio posee subsistemas de producción Job-shop³¹ y Paralelo de acuerdo al diseño de distribución de equipos en la ilustración 24 y al sistema de trabajo bajo pedido. En este sistema de producción los subsistemas Stand By y paralelo trabajan de dos formas, esto se debe a que las máquinas Chief y ABDick cuando no hay muchos trabajos para realizar solo es utilizada una máquina y la otra se mantiene en espera, cuando hay demasiados trabajos por entregar ambas máquinas trabajan al mismo tiempo.

El análisis puede centrarse ya sea en el OEE de un único equipo o en la producción específica de la planta. Los sistemas de producción de talleres de trabajo, debido a la naturaleza específica de las operaciones (flujos múltiples, distintos caminos productivos, la necesidad de flexibilidad de los procesos más que de eficiencia) que se caracteriza por altos tiempos de inactividad y tiempos altos de stand-by, se persiguen índices con valores de bajo desempeño. Diferentes categorías de productos por lo general requieren una secuencia diferente de las tareas dentro del mismo sistema de producción por lo que el equipo está organizado en un diseño de proceso. En este caso en lugar de enfocarse en la eficacia, el diseño se centra en la flexibilidad del sistema de producción y en la optimización de diseño a fin de garantizar que los diferentes procesos de producción puedan tener efectivamente lugar. Generalmente diferentes procesos, para producir diferentes productos, implican que cuello de botella puede pasar de una estación de a otra debido a diferentes procesos de producción y diferente tiempo de procesamiento de cada estación de acuerdo a la especificación del producto elaborado³².

³¹ Nota: JOB-SHOP: Sistema de producción que fabrica muchos productos diferentes en volúmenes que varían entre la unidad y pocas unidades de cada producto. Consiste en una fabricación no en serie, de lotes pequeños, para pedidos únicos o de pequeñas cantidades.

³² (Vittorio Cesarotti, Alessio Giuiusa and Vito Introna, 2012, pág. 63)

7.2 OEE Y OEE GLOBAL, FACTORES PARA EL DISEÑO UN MODELO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO ³³

El OEE se formula como la función de un número de componentes mutuamente excluyentes, tales como Disponibilidad, Rendimiento y Calidad con el fin de cuantificar diversos tipos de pérdidas de productividad.

En el modelo propuesto se muestra como un sistema de producción que puede ser definido teniendo en cuenta la Disponibilidad, Rendimiento y Calidad a lo largo de cada estación con sus interacciones. Este modelo abarca consejos y sugerencias que parte del cálculo del OEE Global del sistema evaluando el comportamiento de cada uno de valores de los indicadores del OEE Global.

7.2.1 Disponibilidad del sistema

La disponibilidad de un equipo es definida como se muestra en la ecuación 1, a lo largo del modelo se utilizaron las disponibilidades calculadas de cada máquina para que de esta manera se pudiera calcular la Disponibilidad Global del modelo de manera similar a como se realizó anteriormente, la ilustración 24 servirá de guía para mostrar el cálculo de los dos subsistemas,

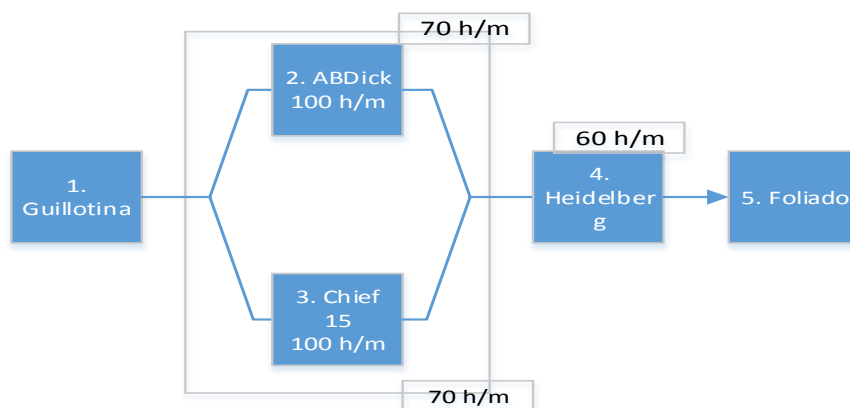


Ilustración 24. Proceso de impresión en subsistema paralelo y Stand by.

³³ (Vittorio Cesarotti, Alessio Giuiusa and Vito Introna, 2012, pág. 63)

Tabla 29. Datos de Disponibilidad de Máquinas y procesos manuales

Disponibilidad	
Terminado en Guillotina	57%
Disponibilidad ABDick	89%
Disponibilidad Chief	90%
Disponibilidad Heidelberg	89%
Foliado de paquetes	76%

La configuración de los dos equipos que trabajan en paralelo se tomara como sistemas totalmente redundantes en donde el tiempo de inactividad simultánea de ambos equipos causa tiempos de inactividad en todo el sistema, con la ecuación 16 se obtuvo que la Disponibilidad de los dos equipos en paralelo es del 99%, con este resultado ahora se calcula la Disponibilidad de todo el sistema (como la de un sistema en serie) como la multiplicación de las involucradas en el proceso de producción lo cual arrojo el valor del 38%.

Ecuación 17. Ecuación Disponibilidad Paralelo

$$D_{paralelo} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - A_i) \quad D_{paralelo} = 1 - ((1 - 89\%) \times (1 - 90\%)) = 99\%$$

Ecuación 18. Ecuación Disponibilidad del sistema

$$D_{sistema} = 57\% \times 99\% \times 89\% \times 76\% = 38\%$$

$$\text{Disponibilidad Stand By} = \left(\begin{matrix} \text{probabilidad} \\ \text{del primer} \\ \text{componente} \\ \text{funcionando} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{probabilidad} \\ \text{del segundo} \\ \text{componente} \\ \text{funcionando} \end{matrix} \right) \times \left(\begin{matrix} \text{probabilidad} \\ \text{de necesitar} \\ \text{el segundo} \\ \text{componente} \end{matrix} \right)$$

7.2.2 Rendimiento del sistema

En la sección 5.2.1.4 se realizó el cálculo el indicador OEE de la máquina Heidelberg que arrojo ser del 52%, señalando que el componente Rendimiento es el indicador que genera pérdidas en el sistema y aporta un valor del 60% en comparación al indicador Disponibilidad con el 89% y Calidad del 97% resulta ser

muy bajo, como se muestra en el Pareto de pérdidas en la sección 5.2.2, resulta ser que las pérdidas por Rendimiento generan gran impacto en el equipo pues de todo el sistema de producción comparado con los demás indicadores de Rendimiento de las demás máquinas es el más bajo, el indicador del 60% es el que marca la capacidad de impresión del sistema y es en esta máquina donde se genera un cuello de botella que retrasa el proceso de producción, por lo tanto el Rendimiento de todo el sistema es equivalente al Rendimiento más bajo que es el de la máquina Heidelberg con el 60%.

Ecuación 19. Ecuación de Rendimiento del sistema

$$Rendimiento_{sistema} = \min_{i=1}^n Rendimiento_i = 60\%$$

7.2.3 Calidad del sistema

La calidad del sistema se analizó de manera que se tengan en cuenta que las pérdidas de calidad se propagan en el sistema y es posible evaluar el efecto de control de calidad en la OEE y OTE. En primer lugar debemos tener en cuenta que la tasa de calidad para una estación se calcula generalmente considerando sólo el tiempo empleado para la fabricación de productos que han sido rechazados en la misma estación. Este enfoque tradicional se centra en las estaciones que causan defectos pero no permite señalar completamente el efecto de la deficiencia de la máquina en el sistema. Para el cálculo de la una tasa de calidad fue necesario conocer la cantidad de producto bueno y producto en tiempo real durante el tiempo de observación, de manera que se calculó una tasa de Calidad efectiva para cada proceso para eso se utilizó la ecuación 20 con información de la tabla 30, luego de calculada la calidad efectiva es necesario calcular la Calidad de las máquinas que se encuentran en paralelo se utilizó la ecuación 10, posteriormente se calculó la Calidad de todo el sistema con ecuación 21, como la multiplicación de las Calidades obtenidas en la tabla 30 que arrojó el 97.25%.

Ecuación 20. Ecuación Calidad efectiva

$$\text{Calidad efectiva} = \frac{\text{Tasa de produccion de producto bueno}}{\text{Tasa de produccion de actual}}$$

Tabla 30. Datos de calidad en el sistema de producción

CALIDAD	Producto Bueno	Producto real en tiempo de observación	Q _{eff}	Calidad Paralelo	Calidad Sistema
Guillotina	14	14	1	0,998	0,9725
ABDick	58980	61945	0,952		
Chief	63313	66785	0,948		
Heidelberg	122290	125427	0,975		
Foliado de paquetes	11	11	1		

Ecuación 21. Ecuación Calidad del sistema

$$\text{Calidad del sistema} = \text{Calidad en paralelo} \times \text{Calidad efectiva otras máquinas}$$

$$\text{Calidad del sistema} = 100\% \times 97.5\% \times 100\% \times 99.8\% = 97.25\%$$

7.2.4 Resultados del diseño de modelo de sistema de producción para la empresa objeto de estudio

Tabla 31. Resultados de componentes OEE

Niveles de componentes de OEE Global	
Disponibilidad	38%
Rendimiento	60%
Calidad	97.25%
OEE Global	22.38%

Como Resultado final para la obtención del OEE global se multiplico el total de los resultados de cada uno de los componentes arrojando como resultado un OEE del 22.38%. Mediante la creación de este modelo se pudo establecer que del modelo

inicial y el cálculo de los resultados iniciales obtenidos del OEE global difieren en un 0.9%, porcentaje que no difiere mucho del inicial.

7.3 Análisis de Sensibilidad de resultados

Para el análisis de sensibilidad sobre los resultados obtenidos en el modelo planteado anteriormente, se propuso una serie de escenarios en donde se plantea la disminución del tiempo de las paradas principales en cada una de las máquinas con pérdidas significativas en el proceso. Observando en el Pareto de la sección, el objetivo es lograr la disminución de las paradas que ocurren en las máquinas, se recalculan los índices de Disponibilidad y Rendimiento y se observa el comportamiento del OEE Global con los cambios realizados en cada uno de los escenarios. De igual forma, se evaluarán las configuraciones que tiene el sistema para el nuevo cálculo de la disponibilidad, puesto que se analizan las dos configuraciones con las que puede mejorar, determinando de qué manera y con cuáles indicadores puede mejorar o es más sensible a mejorar.

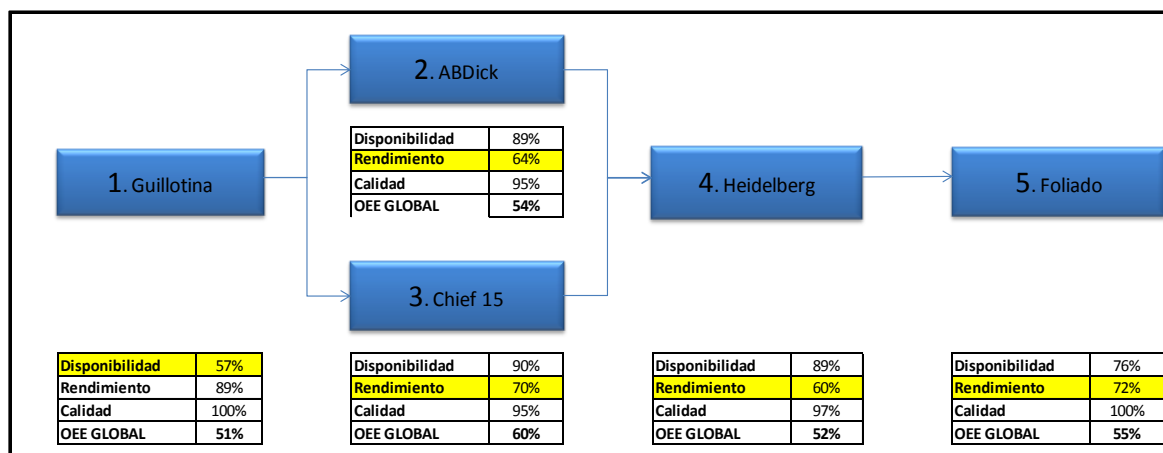


Ilustración 25. Sistema de producción actual con datos de OEE 21.48%.

Tabla 32. Datos de pérdidas de tiempo en minutos/mes por máquina

Pérdida en Máquina	Tiempo
Fallo de máquina (Heidelberg)	70,4
Enredo de papel (chief)	63,4

Se enreda papel (ABDick)	50,6
Organizar máquina según medidas estándar de producto (Guillotina)	21,1
Atención al cliente (Foliado)	17,6

7.3.1 Escenario 1: Aumentando la Disponibilidad de máquina Heidelberg

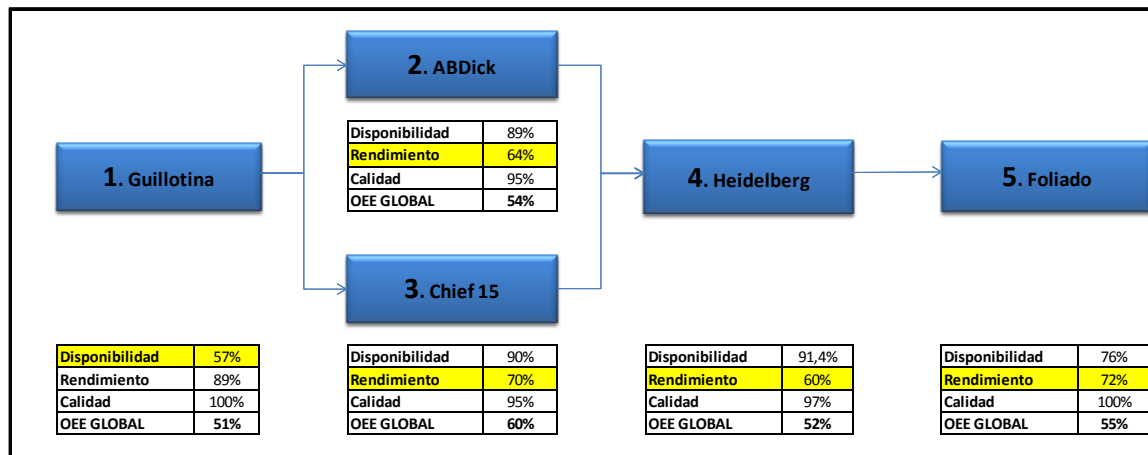


Ilustración 26. Escenario con aumento en Disponibilidad en Heidelberg

Con la información de corte mostrada en la tabla 5 sección 5.2.1.4, donde se encuentra el tiempo total de paradas de la máquina Heidelberg (344 minutos) se restó el tiempo que representa cada pérdida de la tabla 32 donde aparece el tiempo de las pérdidas que se generan en cada una de las máquinas. Se obtuvo una reducción de 274 min en el tiempo total de paradas de la máquina, y de esta manera (utilizando la ecuación 19) se recalculó un nuevo resultado en Disponibilidad mejorada del equipo que pasa de ser del 89% al 91.4%.

Se utilizaron las ecuaciones 17 y 18 para determinar el comportamiento de la disponibilidad en un sistema en paralelo y en Stand by y se obtuvieron resultados de 99% y 100% respectivamente, luego se calculó la Disponibilidad total o Disponibilidad en serie del sistema de cada configuración anterior y se obtuvieron resultados de 39.2% en paralelo y 39.6% en stand by mostrando esta última un incremento de 0.6% en Disponibilidad total. A través de este cambio el OEE se

mejora en 21.76% en paralelo y 21.92% en Stand by generando mayor incremento la última configuración.

Tabla 33. Resultados de Disponibilidad máquina Heidelberg y OEE Global

Sistema en Paralelo		Sistema Stand By	
Disponibilidad ABDick y Chief	99%	Disponibilidad ABDick y Chief	100%
Disponibilidad Todo sistema	39,2%	Disponibilidad Todo sistema	39,6%
Rendimiento todo sistema	60%	Rendimiento todo sistema	60%
Calidad de todo sistema	93%	Calidad de todo sistema	92%
OEE	21,76%	OEE	21,92%

7.3.2 Escenario 2: Aumentando la Disponibilidad de máquina Chief

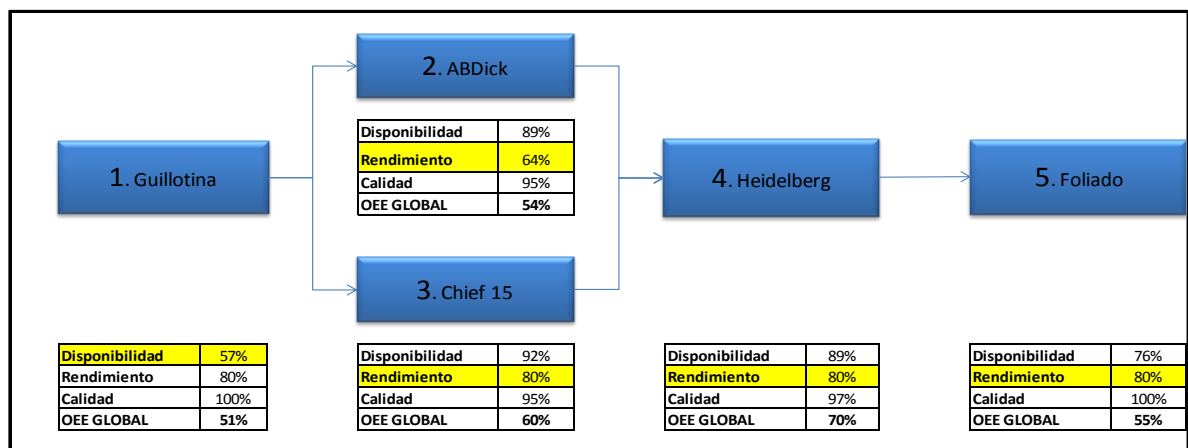


Ilustración 27. Escenario con aumento en Disponibilidad en Heidelberg

Con la información mostrada en la sección 5.2.1.3 tabla 6 se muestra el tiempo total de paradas de la maquina Chief, se restó la información de pérdidas de tiempo de la máquina Chief de la tabla 32 obteniendo un tiempo de 256 minutos de ahorro en el tiempo total de paradas de la máquina, en donde la Disponibilidad mejorada de la máquina Chief pasa de ser del 90% al 92% utilizando la ecuación 19. Para obtener el comportamiento de Disponibilidad en un sistema en paralelo se utilizaron las ecuaciones 17 y 18 donde la Disponibilidad en paralelo y stand by

son de 99.1% y 102% y se obtiene de Disponibilidad Total (o en serie) de 38.43% y 39.5% respectivamente, el mayor incremento se presenta en la configuración Stand by incrementando en un 0.5%, con la información de la ilustración 25 los nuevos valores de OEE Global mejorados son del 21.36% mediante un sistema en Paralelo y 21.87% mediante un sistema Stand By siendo este último el de mayor incremento, como se puede observar en la tabla 34.

Tabla 34. Resultados de Disponibilidad máquina chief y OEE Global

Sistema en paralelo		Sistema en Stand By	
Disponibilidad ABDick y Chief	99,1%	Disponibilidad ABDick y Chief	102%
Disponibilidad Todo sistema	38,43%	Disponibilidad Todo sistema	39,5%
Rendimiento todo sistema	60%	Rendimiento todo sistema	60%
Calidad de todo sistema	93%	Calidad de todo sistema	92%
OEE	21,36%	OEE	21,87%

Fuente. Propia

7.3.3 Escenario 3: Aumentando la Disponibilidad de máquina ABDick

Con la información mostrada en la sección 5.2.1.2 tabla 5 se encuentra el tiempo total de paradas de la máquina ABDick se restó el tiempo que representa la pérdida de tiempo de la máquina ABDick en la tabla 32 obteniendo una reducción de 221 minutos en el tiempo total de paradas de la máquina, posteriormente se recalcó una nueva Disponibilidad mejorada del equipo que pasa de ser del 89% al 90.6% utilizando la ecuación 19 y para esto se utilizaron las ecuaciones 17 y 5 para obtener el comportamiento de disponibilidad en un sistema en paralelo y en Stan by oso resultados para esto fueron de 99.1% y 98.6% respectivamente, luego se calculó la Disponibilidad total del sistema (o es serie) para cada configuración que arrojó 38.38% y 38.2% respectivamente en donde el sistema en paralelo arroja un incremento de 0.03%, los valores OEE Global mejorados son del 21.33%

mediante un sistema en Paralelo y 21.12% mediante un sistema Stand By siendo este primero de mayor incremento, como se condensa en la tabla 35:

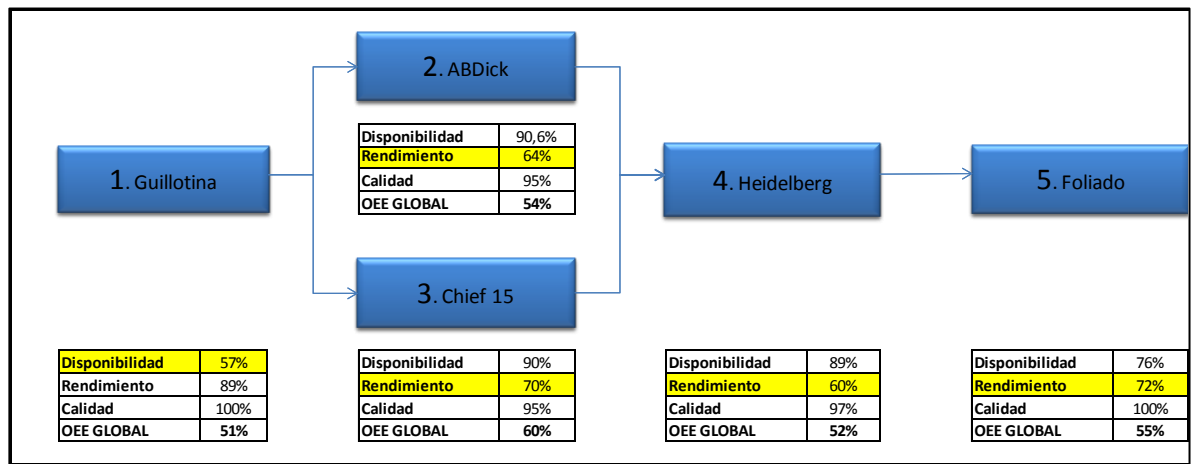


Ilustración 28. Escenario con aumento en Disponibilidad en ABDick

Tabla 35. Resultados de Disponibilidad máquina ABDick y OEE Global

Sistema en paralelo		Sistema Stand By	
Disponibilidad ABDick y Chief	99,1%	Disponibilidad ABDick y Chief	98,6%
Disponibilidad Todo sistema	38,38%	Disponibilidad Todo sistema	38,2%
Rendimiento todo sistema	60%	Rendimiento todo sistema	60%
Calidad de todo sistema	93%	Calidad de todo sistema	92%
OEE	21,33%	OEE	21,12%

Fuente. Propia

7.3.4 Escenario 4: Aumentando la Disponibilidad de actividad manual de corte en Guillotina

Con la información de tiempo total de paradas del proceso manual de corte en Guillotina mostrado en la tabla 36, se restó el tiempo que representa la pérdida de tiempo de proceso manual en Guillotina de la tabla 32 obteniendo una reducción de 39 min en el tiempo total de paradas del proceso. Utilizando la ecuación 19 se obtiene un mejoramiento de Disponibilidad del 57% al 70%, y utilizando

ecuaciones 14 y 5 se obtienen resultados de 98.9% en una configuración en Paralelo y 100% en Stand by. Posteriormente se calculó la Disponibilidad de cada configuración lo que arrojó un 46.88% paralelo y 47.5% en Stand by, se recalculó el valor del OEE Global mejorado con los resultados de Disponibilidad de cada configuración arrojando un nuevo OEE de 26.05% en paralelo y 26.25% en stand by, respectivamente, siendo este último el de mayor incremento, como se puede observar en la tabla 37.

Tabla 36. Tiempo total de procesamiento y Tiempo de paradas Guillotina

Tiempo total (min)	Tiempo Paradas
138,975	59,77
Disponibilidad	57%
Rendimiento	89%
Calidad	100%
OEE	51%

Ecuación 22. Disponibilidad mejorada sin pérdidas de tiempo.

Disponibilidad mejorada =

$$\frac{\text{Tiempo total} - (\text{Tiempo paradas en máquina} - \text{Pérdidas de tiempo por máquina})}{\text{Tiempo total}}$$

$$\text{Disponibilidad mejorada} = \frac{138.97 - (59.77 - 21.1\%)}{138.97} = 70\%$$

Tabla 37. Resultados de Disponibilidad proceso manual Guillotina y OEE Global

Sistema en paralelo		Sistema en Stand By	
Disponibilidad ABDick y Chief	98,9%	Disponibilidad ABDick y Chief	100%
Disponibilidad Todo sistema	46,88%	Disponibilidad Todo sistema	47,5%
Rendimiento todo sistema	60%	Rendimiento todo sistema	60%
Calidad de todo sistema	93%	Calidad de todo sistema	92%
OEE	26,05%	OEE	26,25%

Fuente. Propia

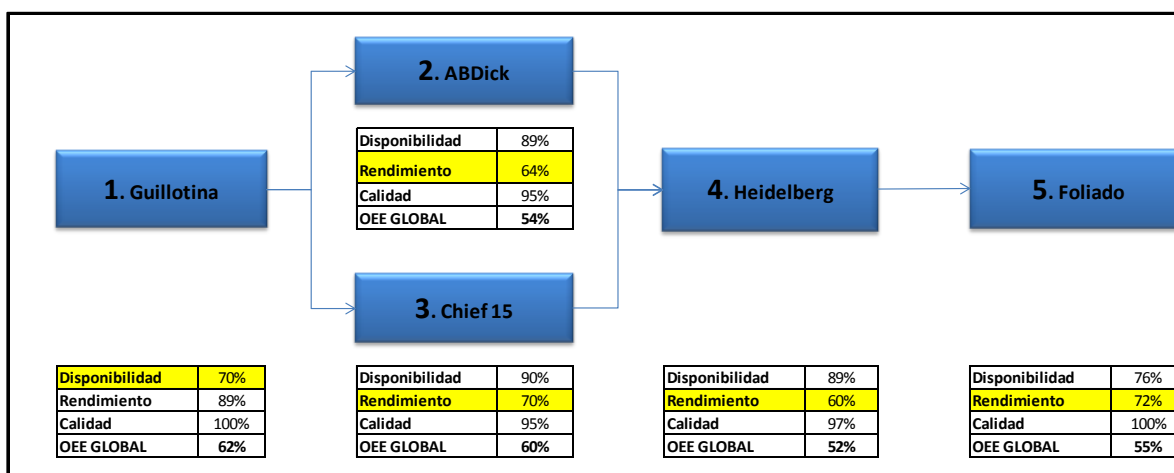


Ilustración 29. Escenario con aumento en Disponibilidad en proceso manual Guillotina.

7.3.5 Escenario 5: Aumentando la Disponibilidad de actividad manual Foliado

Manejando la información del tiempo total de paradas del proceso manual de Foliado como se muestra en la tabla 38, se restó el tiempo que representa la pérdida de tiempo del proceso manual de Foliado en la tabla 29 obteniendo una reducción de 254 min en el tiempo total de paradas del proceso. Para el cálculo de una Disponibilidad mejorada sin pérdidas se utilizó la ecuación 19 donde el indicador pasa de ser del 76% al 78%. Se utilizaron las ecuaciones 14 y 15 y se obtuvieron resultados de Disponibilidad en un sistema en paralelo de 98.9% y en Stand by de 100%, luego se calculó la Disponibilidad total del sistema (o en serie) para cada configuración, obteniendo el 39.1% para la configuración en paralelo y 39.6% para stand by. Se recalculó el valor del OEE Global mejorado con los resultados de Disponibilidad de cada sistema arrojando un 21.75% en paralelo y 21.91% en stand by siendo este último el de mayor incremento, como se puede observar en la tabla 39.

$$\text{Disponibilidad mejorada} = \frac{1138.1 - (271.7 - 17.6)}{1138.1} = 78\%$$

Tabla 38. Tiempos totales de procesamiento y paradas en el proceso de Foliado

Tiempo total (min)	Tiempo Paradas
1138,1	271,7
DISPONIBILIDAD	76%
RENDIMIENTO	72%
CALIDAD	100%
OEE	55%

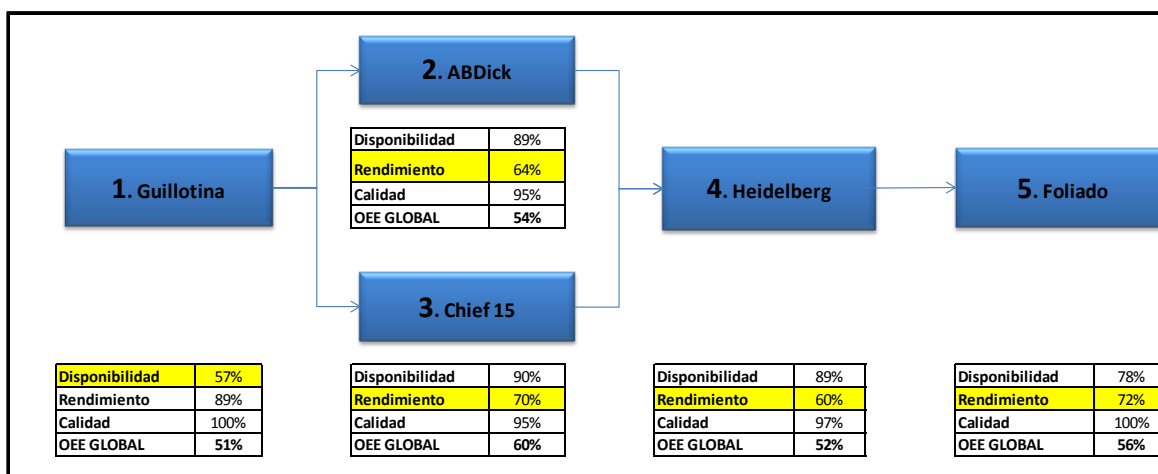


Ilustración 30. Escenario con aumento en Disponibilidad en proceso manual Foliado.

Tabla 39. Resultados de Disponibilidad proceso manual Foliado y OEE Global

Sistema en paralelo		Sistema en Stand By	
Disponibilidad ABDick y Chief	98,9%	Disponibilidad ABDick y Chief	100%
Disponibilidad Todo sistema	39,13%	Disponibilidad Todo sistema	39,6%
Rendimiento todo sistema	60%	Rendimiento todo sistema	60%
Calidad de todo sistema	93%	Calidad de todo sistema	92%
OEE	21,75%	OEE	21,91%

7.3.6 Escenario 6: Aumentando el Rendimiento de todo el sistema de producción

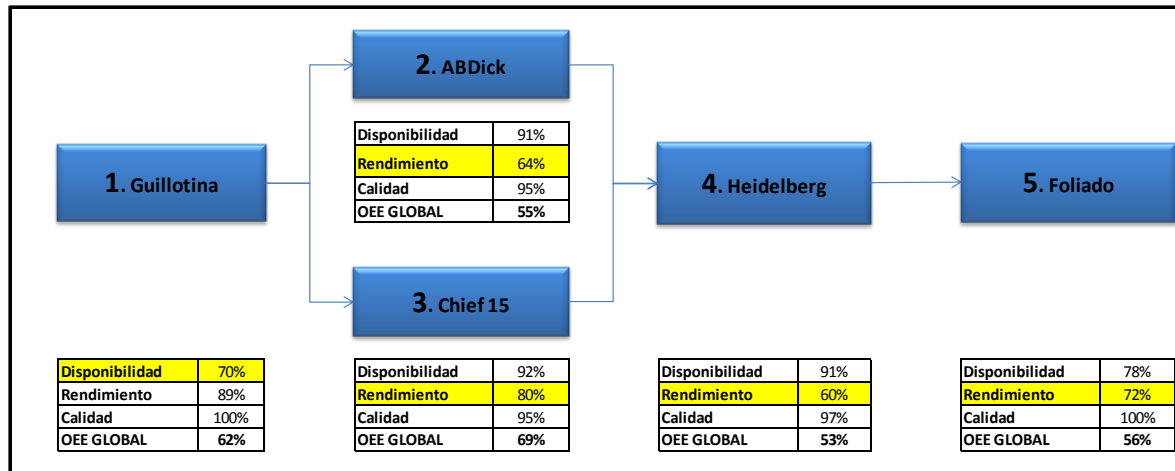


Ilustración 31. Escenario con aumento en el Rendimiento de todo el sistema

Tabla 40. Rendimiento de procesos del sistema de producción

Rendimiento por procesos	%
(Heidelberg)	60
(chief)	70
(ABDick)	64
(Guillotina)	89
(Foliado)	72

La tabla 40 muestra los rendimientos actuales de todos los procesos, que comparados con los indicadores de clase mundial están muy por debajo, por lo que se realiza un supuesto de que las máquinas sean puestas en sus condiciones iniciales y se les realicen los mantenimientos preventivos y correctivos requeridos, y en los procesos manuales como el de la guillotina y el proceso de foliado, se apliquen la técnicas necesarias para reducir los tiempos de operación que afectan la velocidad del sistema, buscando estandarizar el rendimiento de todo el sistema en un 80%, aclarando que no se toma el 100% ya que las máquinas ya tienen una utilización de más de 10 años lo que aumentaría su probabilidad de fallo.

Teniendo los rendimientos de todos los procesos en **80%**, de acuerdo a la ecuación 16 el rendimiento de todo el sistema sería 80% dado que sería el mínimo y recalculando el OEE global con estos valores obtendríamos los siguientes OEE mostrados en la tabla 41.

Tabla 41. Resultados de cambio indicadores de Rendimiento a lo largo del sistema y OEE Global

Sistema en paralelo		Sistema en Stand By	
Disponibilidad ABDick y Chief	98,9%	Disponibilidad ABDick y Chief	100%
Disponibilidad Todo sistema	38,35%	Disponibilidad Todo sistema	38,8%
Rendimiento todo sistema	80%	Rendimiento todo sistema	80%
Calidad de todo sistema	93%	Calidad de todo sistema	92%
OEE MEJORADO	28,42%	OEE MEJORADO	28,63%
OEE ACTUAL	21,32%	OEE ACTUAL	21,48%
DIFERENCIA	7,11%	DIFERENCIA	7,16%

Manteniendo los valores iniciales de **disponibilidad** y **calidad** se logra estabilizar el rendimiento de todo el sistema al 80% logrando un aumento del OEE GLOBAL para un sistema en paralelo de **7,11%** y en stand by **7,16%** lo que reduciría significativamente los costos de operación.

7.3.7 Resumen de escenarios de mejora

De acuerdo a la tabla 40 el mejor escenario es el 6to (supuesto de que se deben llevar todas las máquinas a sus condiciones iniciales para lograr estandarizar el rendimiento del sistema en un 80%) ya que nos genera el mayor incremento para el OEE global ya sea para un sistema en paralelo o para un sistema en stand by siendo 28,42% y 28,63% respectivamente. En este orden de ideas, este

escenario es viable a implementar ya que depende de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos necesarios, teniendo en cuenta que sería una sola inversión que se vería reflejada en la calidad de los productos y en la disminución de los costos.

La segunda opción sería el escenario 4to (aumento de la disponibilidad de la guillotina) en este no se necesitaría una gran inversión de capital para llevarse a cabo, se requeriría capacitación para operarios para que se logre estandarizar la operación al menor tiempo posible logrando una disponibilidad de como mínimo el 70% aumentando el OEE global en 26,05% y 26,25% para un sistema en paralelo y stand by respectivamente.

Los escenarios restantes no impactan en gran medida al OEE global de la compañía por lo que no es muy rentable llevar a cabo estas mejoras como primera opción, dejando claro que si va a ser necesario realizarlas en algún momento para lograr el mejor OEE global, y obtener la mayor rentabilidad posible, buscando tener el menor costo de operación.

Tabla 42. Resumen de resultados de mejoramiento de OEE

Escenario	Disponibilidad de máquinas en paralelo	Disponibilidad de máquinas en stand by	Disponibilidad global para un sistema en paralelo	Disponibilidad del sistema en stand by	Rendimiento	Calidad	OEE global para sistema en paralelo	OEE global para sistema en stand by
1	99,00%	100,00%	39,20%	39,60%	60,00%	93,00%	21,76%	21,92%
2	99,10%	100,00%	38,43%	39,50%	60,00%	93,00%	21,36%	21,87%
3	99,10%	98,60%	38,38%	38,20%	60,00%	93,00%	21,33%	21,12%
4	98,90%	100,00%	46,88%	47,50%	60,00%	93,00%	26,05%	26,25%
5	98,90%	100,00%	39,13%	39,60%	60,00%	93,00%	21,75%	21,91%
6	98,90%	100,00%	38,35%	38,80%	80,00%	93,00%	28,42%	28,63%

8. PASO A PASO DE IMPLEMENTACION DEL PILAR DE MEJORA ENFOCADA

La implementación del pilar de Mejora Enfocada, ha de iniciar con una reunión de apertura donde se explique a todas las personas del área en el que se quiera implementar la mejora enfocada incluyendo la gerencia, he de tenerse claro el sistema de producción de la empresa y su funcionamiento interno, si la empresa no lo tiene claro sus procesos y no pose control sobre estos lo primero que ha debe hacer la empresa es conocer su funcionamiento interno y así identificar sus pros y contras en la producción. Dado que el pilar de mejora enfocada busca la eficiencia en la utilización de los equipos, recursos humanos, materiales y energía promoviendo cambios sustanciales cuyo objetivo es lograr límites máximos de productividad, se debe iniciar conociendo el o los procesos que desarrolle la empresa:

8.1 Pasos para el lanzamiento del pilar

Antes de lanzar el pilar de mejora enfocada en la empresa se debe llevar a cabo los siguientes pasos:

- 1. Conocer el proceso:** tener conocimiento del diagrama de proceso del producto, el flujo que tiene la elaboración de este, las máquinas y operarios que intervienen.
- 2. Recolección de información:** ha de recolectarse información acerca de:
 - a.** Información de productos: tipos de productos, cantidades producidas, valor y fecha de entrega, para esto se pueden utilizar formatos. ver anexo 4 Formato recepción de órdenes.
 - b.** Información de máquinas y procesos manuales: conocer de las máquinas la capacidad de producción, su velocidad, manejo y

partes; de los procesos manuales reconocer en cuales procesos no interviene la máquina y son netamente del operario.

- c. Recoger información de proceso: realizar toma de tiempos para cada uno de los procesos, en donde se reúna información de tiempos de producción, paradas y tiempos de paradas del proceso por motivos externos en las máquinas y procesos manuales, tasa de producción por máquina, cantidad de productos buenos, defectuosos y sobrantes, en resumen realización de análisis para PQCDSM, para esto ver Anexo 1. Formato de toma de tiempos para máquinas y Anexo 5. Formato de registro de pérdidas.
- d. También ha de recolectarse información sobre la satisfacción laboral del personal, identificando si se tienen definidas responsabilidades, motivación, remuneración, satisfechos con sus labores, entre otras, como guía mirar Anexo 2. Formato de satisfacción laboral.

3. **Análisis de información:** evaluar la información recolectada anteriormente mediante la utilización de **técnicas de análisis reducción de fallas y pérdidas**, después estratificar pérdidas realizar diagrama de Pareto, identificando causas raizales.
4. **Escoger la pérdida a ser atacada:** se debe identificar la pérdida que genere mayor discontinuidad y requiera ser controlada dentro del proceso productivo.
5. **Determinar la situación de la pérdida escogida:** definir el problema, hacer despliegue y obtener valores actuales de la pérdida identificada.
6. **Definir conocimientos requeridos:** hacer listado de habilidades y conocimientos que deben tener los integrantes del grupo.
7. **Integrar el equipo:** seleccionar el equipo de trabajo de acuerdo a la pérdida a ser reducida, y seleccionar el líder. Luego asignar roles, construir cronograma de actividades y evaluar necesidades de medición de otras variables para análisis de pérdida.

8. **Definir el objetivo:** una vez se analice la situación de los integrantes del equipo se decide el objetivo o bien sea la disminución de la pérdida.
9. **Construir radar de conocimientos actual de los integrantes:** determinar el nivel de conocimiento que se desea tengan los integrantes y el que poseen y según esto realizar capacitaciones.
10. **Definición de Reuniones y auditorías:** establecimiento de fechas y horas de reunión y auditorías al equipo.
11. **Asignar auditor:** una persona se encarga de chequear la metodología aplicada y los resultados alcanzados.
12. **Reunión oficial de lanzamiento:** se ha de presentar ante todos los integrantes de la empresa, el problema, metodología, objetivo y forma de reducción del problema.

8.2 Determinación del OEE y los indicadores de productividad

1. Luego de conocer la información de las paradas por máquina y la respectiva producción se realiza el cálculo del OEE por máquina y a cada proceso manual. Ver anexo 3 Plantilla cálculo del OEE
2. De acuerdo a la información del formato de recepción de órdenes se calcula el indicador de cumplimiento de entrega, y posteriormente se analiza el formato de satisfacción laboral obteniendo las diferentes medidas de motivación de los empleados.
3. Para el cálculo del indicador de seguridad se le solicita a la empresa el registro de los accidentes, ya sea bimensual, trimestral, semestral, o anual.
4. Teniendo definidos los OEE de cada máquina y de los procesos manuales se calcula el OEE global, teniendo en cuenta el diagrama de procesos para determinar bajo el sistema en que trabaja la empresa que puede ser serie, paralelo o stand by.
5. Observar tabla 41 en donde se condensa los procedimientos a seguir según la configuración del sistema de producción.

8.3 Elaboración de diagnóstico inicial

1. Luego los realizar los primeros cuatro pasos nombrados en la sección 7.2, el análisis de esta información reflejara la identificación de los productos elites que se produzcan con mayor frecuencia y generen mayores ingresos, esto se puede apreciar mediante la elaboración de un diagrama de Pareto como se muestra en la sección 5.2³⁴, ilustración 2.
2. Se debe identificar y plasmar el sistema de producción de la empresa, a continuación se muestra el de la empresa objeto de estudio, ilustración 30. En este diagrama el sistema de producción que presenta la empresa objeto de estudio muestra que las maquinas Chief y ABDick trabajan con un sistema stand by, que luego pasa a ser un sistema en serie, además se puede apreciar en la ilustración el nivel del OEE de cada una de las partes que intervienen en el proceso donde se puede observar cuales elementos constitutivos del OEE de la parte del proceso se ve más comprometida y que generan mayor problema y como estos afectan el accionar general de toda el área de la empresa.
3. Posteriormente luego de ser calculado cada uno de los OEE del proceso de producción se procede a calcular un OEE global mediante el cual, se concluye si la empresa está trabajando de manera óptima o si por el contrario presenta problemas en sus procesos.

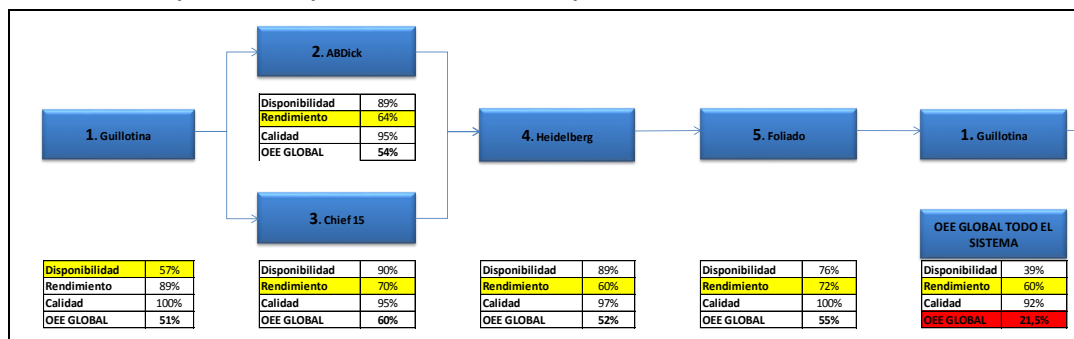


Ilustración 32. Ejemplo de Sistema de producción de empresa objeto estudio

³⁴ Información brindada por empresa objeto de estudio.

4. Identificar cuáles procesos se ven mayormente comprometidos con un bajo OEE por medio de un análisis de las pérdidas generadas en el proceso. Para analizar las pérdidas de cada máquina y procesos manuales se utilizan métodos como Análisis 5 porqués, para determinar las causas raíz de los problemas que afectan los distintos procesos.
5. Una vez evaluado todo el sistema de producción se deben de estratificar las pérdidas principales para determinar la(s) pérdida(s) crónica(s) que puede presentar el sistema de producción o en una determinada cada máquina mediante el uso de herramientas de análisis como el diagrama de Pareto como se muestra en la ilustración 31, para así identificar el tipo de pérdidas que presentan los mayores de tiempos de paradas del sistema, esto es con el objetivo de atacar solo el problema que genere más pérdidas en el sistema productivo y no todos los problemas que representan por esta razón se estratifican de manera que a este sea al que se da solución de manera prioritaria para mejorar el indicador del OEE y a su vez la productividad de la empresa.

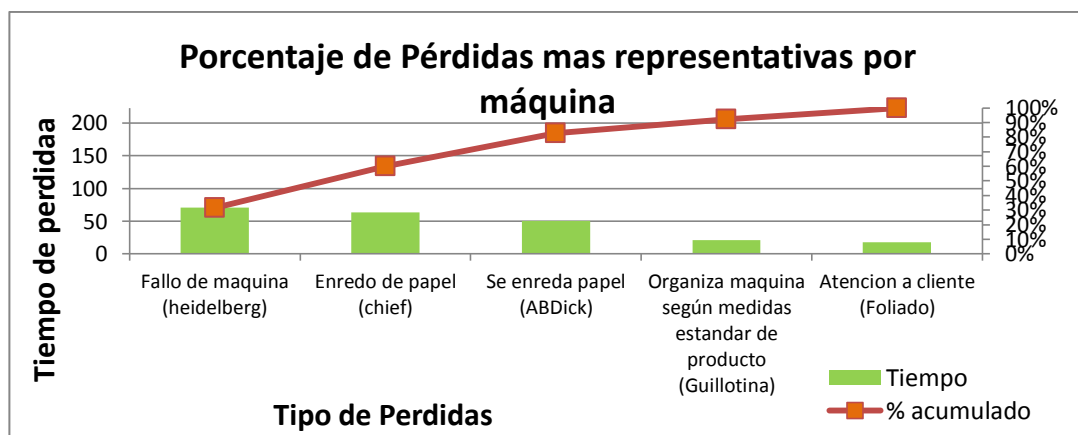


Ilustración 33. Ejemplo de diagrama de Pareto, empresa objeto de estudio

8.3.1 Análisis financiero

Dentro de la elaboración del diagnóstico ha de realizarse un análisis financiero que revele cual es el valor de las pérdidas económicas que representan las pérdidas dentro del sistema productivo, dentro de este análisis se tiene en cuenta:

1. Realizar una evaluación de los costos unitarios del proceso, identificando cada uno de los elementos tanto directos como indirectos que formen parte del proceso de fabricación del producto, información de la producción anual, depreciación de equipos, horas laboradas al año, y calcular la tasa ideal de producción.
2. Luego de tener esta información se ha de analizar el comportamiento de sus ingresos mediante la evaluación de un flujo de caja de la empresa a lo largo de su trayectoria, de manera que se pueda el identificar índice del Rendimiento del activo (ROA).
3. El calcular del ROA nos dará conocimiento de cómo la empresa maneja sus activos fijos y variables a lo largo del tiempo, si estas están generando los ingresos esperados a la empresa o si sus recursos están siendo utilizados de la mejor manera.
4. El ROA está estrechamente relacionado con el comportamiento del OEE, por tal razón si se identifica que el ROA puede presentar un mejoramiento, se puede plantear un mejoramiento del OEE y sus componentes en donde la tasa de producción y las horas laboradas al año den razón de un incremento y así de esta manera se pueda observar un cambio en el índice del ROA, junto con los elementos directamente relacionados puedan de igual forma rebajas en los costos y mejorar los ingresos operacionales.
5. Realizar análisis de sensibilidad mediante la creación de escenarios elaborando variaciones del OEE una vez ya se hayan identificado las principales perdidas de cada elemento, de forma que se incremente el valor inicial de los indicadores Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

6. Calcular incremento en el OEE de acuerdo al OEE propuesto para el escenario, la tasa de producción ideal y el nuevo valor del tiempo calendario, posteriormente calcular el nuevo valor del costo de Mano de Obra en donde se podrá observar la reducción de este costo con respecto al valor que se tenía anteriormente en el análisis financiero.
7. Realizar cálculo de incremento en el valor del ROA, mediante un análisis financiero que incluya la disminución en los costos de Mano de obra, con el nuevo resultado del ROA obtenido se calcula el incremento porcentual del ROA anterior con nuevo ROA calculado, observan así como se reducen los costos totales de la empresa objeto de estudio.

8.3.2 Análisis final

Una vez se tenga identificada la pérdida crónica del sistema se debe atacar y de igual manera se debe identificar a que componente del OEE pertenece, luego de esto se procede a evaluar el mejoramiento de ese componente bien sea en Disponibilidad, Rendimiento y Calidad y se observa mediante un análisis de sensibilidad cuál de estos mejora el proceso de producción y el nivel del OEE para así tomar decisiones sobre las condiciones que deben mejorar en el ámbito laboral y en la configuración del área productiva de la empresa.

8.3.3 Configuración de sistemas productivos

En la tabla 41 se condensa la información que como actuar frente a un sistema productivo si se desea conocer los indicadores de eficiencia en una empresa.

Tabla 43. Cómo actuar frente a la configuración del sistema.

	Configuración Paralelo	Configuración Serie	Configuración Stand-by
Disponibilidad	1. Tener el valor de la disponibilidad de cada máquina que intervenga en el proceso. 2. Tener identificado la configuración del sistema de producción. 3. Identificar las máquinas que se encuentren en paralelo. 4. Utilizar la Ecuación 14 para el cálculo de la disponibilidad de las máquinas que se encuentren en paralelo. 5. Calcular la disponibilidad de todo el sistema.	1. Tener el valor de la disponibilidad de cada máquina que intervenga en el proceso. 2. Tener identificado la configuración del sistema de producción. 3. Calcular la disponibilidad de todo el sistema, de acuerdo a la ecuación 1.	1. Tener el valor de la disponibilidad de cada máquina que intervenga en el proceso. 2. Tener identificado la configuración del sistema de producción. 3. Identificar las máquinas que se encuentren en stand by. 4. Utilizar la Ecuación 16 para el cálculo de la disponibilidad de las máquinas que se encuentren en stand by. 5. Calcular la disponibilidad de todo el sistema.

Rendimiento	1. Tomar el valor de rendimiento más bajo entre la máquinas que se encuentran en paralelo. 2. Teniendo el valor del rendimiento del sistema en paralelo se compara con los otros rendimientos del sistema y se escoge el menor, este será el rendimiento global.	1. Tomar el valor de rendimiento más bajo de todo el sistema de producción.	1. Tomar el valor de rendimiento más bajo entre la máquinas que se encuentran en stand by. 2. Teniendo el valor del rendimiento del sistema en stand by se compara con los otros rendimientos del sistema y se escoge el menor, este será el rendimiento global.
Calidad	1. Tener información de los valores de productos buenos realizados en cada de máquina y el producto real producido, calcular entonces una calidad efectiva por cada máquina. 2. Tener identificado máquinas en paralelo y del 100% de la calidad que se pueda presentar restarle la multiplicación de lo que realmente no se produce con calidad en las máquinas involucradas.	1. Calcular el valor de calidad de todo el sistema mediante la multiplicación de todas las calidades involucradas de las máquinas en el proceso.	1. Tener el valor de calidad de cada una de las máquinas 2. Utilizar ecuación 5 para el cálculo de calidad del sistema.

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

- Se logró identificar el estado actual del proceso de producción dentro de la empresa mediante los indicadores de Disponibilidad, Rendimiento, Calidad, Motivación, Seguridad y Entregas.
- Se elaboró un modelo de determinación de beneficios económicos que permite a la empresa tener una visión de los beneficios que podría obtener llevando a cabo las mejoras que han sido propuestas, así como evaluar otros escenarios que no hayan sido esbozados.
- Se logró establecer el paso a paso de implementación del pilar de mejora enfocada para una empresa del sector litográfico, que permite una clara identificación del área crítica sobre la cual trabajar y una estratificación de pérdidas de acuerdo con los outputs que se cuantifica con los costos de producción y el OEE, esa estratificación o Pareto permite decidir en qué se debe enfocar el trabajo de mejora.
- Se plantearon dos propuestas para minimizar los costos unitarios incrementando el OEE a un 75% y a un 85%, ahorrando en el costo unitario de producción de talonarios \$8174 y \$8532 respectivamente.
- Luego de todo este estudio, se puede concluir que en comparación con las demás metodologías, este pilar del TPM ayuda en la identificación de las pérdidas generadas en los procesos que son crónicos y que impactan de forma importante la productividad, y sus causas raizales, mientras que otras metodologías tienen como objetivo identificar y resolver problemas que no necesariamente son crónicos.

- Finalmente, este estudio sirvió para adquirir experiencias y afianzar conceptos de ingeniería industrial. Gracias a la colaboración de la empresa objeto de estudio, que permitió el conocimiento de sus procesos internos, se logró la identificación de las pérdidas económicas y fallas que presenta el proceso de producción, determinando que esto se debía al desconocimiento de las causas o incluso de la existencia misma de las pérdidas y de un programa de mantenimiento. Lo anterior, lleva a la conclusión de que con la identificación del verdadero problema que puede presentar cualquier proceso productivo se puede determinar el modo de acción correcto de un plan de mejoramiento.
- Eliminar la pérdida crónica detectada para mejorar el indicador de Disponibilidad, realizar mantenimientos programados para lograr el máximo rendimiento, disminuir el número de unidades sobrantes y defectuosas para incrementar el OEE.
- Elaborar constantes despliegues del OEE y los indicadores de productividad, hacer seguimiento a estas variables con el fin de identificar y priorizar oportunidades de mejora y analizar los casos donde se presenten valores por fuera de lo esperado.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez Laverde, H. (1996). Ceroaverias. En H. Á. Laverde, *"Mision:Cero averias"*. Bogotá - Colombia: ICMPT.
- ANDIGRAF. (Julio de 2012). *ANDIGRAF*. Recuperado el septiembre de 2012, de www.andigraf.com.co
- Bellgran.M., A. C. (2011). Administración de rendimiento de la producción con eficiencia total de equipo (OEE)., (pág. 6). Wisconsin, US.
- CEROAVERIAS. (2012). *CEROAVERIAS*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2012, de www.ceroaverias.com
- Construsur. (s.f.). Recuperado el Septiembre de 2013, de www.organizacion.construsur.com.ar
- Construsur, O. I. (s.f.). *Construsur*. Obtenido de <http://www.construsur.com.ar>
- Correa, I. (05 de 2013). Entrevista durante visitas a empresa objeto de estudio. (O. R. Laura Aldana, Entrevistador)
- Eder Xochicali Sánchez, A. S. (2010). *Mejora enfocada aplicada a la manufactura*. Mexico: La nueva gestión organizacional.
- El Pais. (16 de Agosto de 2012). *"Urge formalizar más empresas del sector gráfico": presidenta de Andigraf*. Recuperado el 09 de 2014, de www.elpais.com
- Hansen, R. C. (2001). Financial Aspects Of OEE. En *Overall Equipmet Effectiveness* (págs. 57-58). Industrial Press Inc, New York.
- Khamba, I. A. (2008). Total productive maintenance:literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 49.
- Miyoshi, A. (s.f.). Maximizacion de la eficiencia de la producción, Cap. 2. En *TPM en industrias de proceso* (pág. 21).

- Nakajima, S. (1991). *Introduccion al TPM. mantenimiento total productivo total*. España: TPM nyumon.
- Nakazato, K. (1994). Mejora Enfocada. En T. Suzuki, *TPM en industrias de proceso* (pág. 59). Productivity Press.
- Oechsner, R. (2003). From overall equipment efficiency(OEE) to overall Fab effectiveness. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 5, 333, 339.
- Orrego, W. (10 de 2012). Reuniones de Trabajo de Grado. (O. I. Laura Aldana, Entrevistador)
- P. Sharmaa, V. B. (2011). Mejora de la Eficacia de los equipos generales a través de PTM.
- Pophaley, M. (2010). Reexaminando el OEE como una metodologia de evaluacion para actividades TPM: una analisis pratico. *The IUP journal of operations management, Vol. IX*, 9.
- Ranteshwar Singh, A. M. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: a case study. *ELsevier Ltd*, 592-599.
- Reyes, F. G. (Agosto de 2007). *OEE, factor del exito*. Recuperado el 2013, de Vision industrial: <http://www.visionindustrial.com.mx/industria/operacion-industrial/oeefactordeexito.html>
- Robert C. Hansen. (2001). En R. C. Hansen, *Overall Equipment Effectiveness* (págs. 56-65). New York: Industrial Press Inc.
- Robert C. Hansen. (2001). New york: Industrial Press Inc.
- Suzuki, T. (s.f.). En T. Suzuki, *TPM en industrias de proceso*.
- Suzuki, T. (1994). Pérdidas y los seis resultados principales. En T. Suzuki, *TPM en industrias de procesos* (págs. 47-49). Productivity Press.
- Vasco Restrepo, L. F. (2007). El mejoramiento productivo total como ua herramienta de acercamiento hacia una produccion mas limpia en COLceramica S.A. *Producción mas limpia*, 7.

- Venkatesh, J. (16 de Abril de 2007). *An introduction to total productive maintenance*. Recuperado el Septiembre de 2013, de <http://reliabilityweb.com/>
- Vergara, C. C. (22 de Junio de 2010). *P&M*. Recuperado el 09 de 2014, de INDUSTRIA GRÁFICA ¿CÓMO VA COLOMBIA?: <http://www.revistapym.com.co/destacados/industria-gr-fica-c-mo-va-colombia>
- Verzini, I. R. (s.f.). *www.actiongroup.com.ar*. Recuperado el Septiembre de 2013, de <http://www.actiongroup.com.ar/los-pilares-del-mantenimiento-productivo-total-hoy/>
- Vittorio Cesarotti, Alessio Giuiusa and Vito Introna. (2012). Using Overall Equipemt Effectiveness for Manufacturing System Desing. En *Operations Management*. Italia.

ANEXOS

Anexo 1. Formato toma de tiempos para máquinas.

Velocidad de Impresión		Hojas / Min	Velocidad de Impresión	
Tipo de Trabajo	Tiempo de alistamiento (min)	Tiempo de Paradas (min)	Motivo Parada	
Nombre de Máquina				

Anexo 2. Encuesta de valoración del personal

Nombre:		
Sexo:		
En cada una de las preguntas siguientes, marque con una x la opción que mejor se adecúe a su opinión sobre la importancia del asunto en cuestión. La escala que aparece en la parte superior refleja las diferentes opiniones.		
Pregunta	Escala de importancia	
	Si	No
¿Sus funciones y responsabilidades están bien definidas?		
¿Recibe información de cómo desempeña su trabajo?		
¿Está motivado y le gusta el trabajo que desarrolla?		
¿Las condiciones salariales para usted son buenas?		
¿Le resulta fácil expresar sus opiniones en su grupo de trabajo?		
¿Se siente parte del equipo de trabajo?		
¿La comunicación interna dentro de su área de trabajo funciona correctamente?		
¿Ha sido tomada en cuenta por sus superiores alguna sugerencia de mejora propuesta por usted?		
¿Se han tomado acciones por irregularidades detectadas por usted?		
¿Se siente partícipe de los éxitos y fracasos de su área de trabajo?		
¿La empresa le proporciona oportunidades para su desarrollo profesional?		

Anexo 3. Plantilla de cálculo OEE

PLANTILLA CALCULO DEL OEE POR MAQUINA			
Tiempo Total Alistamiento	Tiempo Total Impresiones	Tiempo Total Paradas	
Min			
Total Impresiones Buenas	Total Defectuosos	Total Sobrantes	Total
DISPONIBILIDAD			
RENDIMIENTO			
CALIDAD			
OEE			

Anexo 4. Recolección de datos de órdenes de servicio

Recolección de datos de Ordenes de servicio						
Orden	Cantidad	Descripción	Valor	Fecha pactada de entrega	Fecha real de entrega	Días de Diferencia
0	TOTAL		\$			
		Cantidad de Ordenes	0			
		Cantidad de producto entregado				
		Cantidad de producto retrasado				
		Cantidad total de días de retraso				

Anexo 5.Formato registro de pérdidas

Día:	Maquina:	Trabajo No:
Tipo de trabajo (descripción):		
Día de entrega de trabajo:		
Cantidad de hojas requeridas para el trabajo:		
Cantidad de hojas utilizadas para colchón de seguridad:		
Cantidad de hojas sobrantes en el proceso:		
Molesto la maquina:		
Cuantas veces molesto:		
Porque motivo molesto la máquina:		
Cantidad de hojas dañadas durante el proceso:		
Cuantas hojas se imprimieron:		

Anexo 6. Muestra de tabla de toma de datos para el producto talonario.

	Velocidad de impresión		70	hojas /min		
TRABAJO NUMERO	Tiempo de alistamiento (min)	Tiempo de Paradas (min)	Motivo Parada	TOTAL IMPRESIONES		Impresiones en und iguales
1	36	1.57	Parada por enredo de papel			
		2.28	Parada por Fallo de la maquina	55 0	impresione s	7.857142857
		2.21	Parada por Fallo de la maquina	50	sobrantes	
		2.08	Parada por falta de alimentación de papel	14	defectuoso s	
		8.14				
2	28	2.00	Parada por recoger placa de impresión	29 5	impresione s	4.214285714
		2.97	Parada por acomodar y limpiando placa	39	dañadas	
		4.97				
3	40	4.85	Parada por cambio de tinta y Entinte de rodillos	58 1	Primera Impresión	8.3
		3.35	Parada por enredo de papel	12 2	Segunda impresión	1.742857143
		4.06	Parada por corte de papel	21 7	Tercera impresión	3.1
		2.96	Parada por cambio de tinta y Entinte de rodillos	19 8	Cuarta impresión	2.828571429
		3.20	Parada por cambio de tinta y Entinte de rodillos	55	hojas dañadas	
		2.17	Parada por distracción de operario			
		20.59				
4	31	2.14	Parada por enredo de papel	18 00	se imprimieron	25.71428571
		3.49	Parada por enredo de papel	13 3	defectuosa s	
		5.63				
5	38	4.79	Parada por falla del rodillo	20 00	impresos	28.57142857
		3.00	Parada por enredo de papel	11 9	defectuoso s	
		7.79		20 0	sobrantes	

Esta tabla es una muestra de la toma de datos tomados a la máquina Chief, este tipo de tablas de toma de datos se realizó a todas las máquinas que intervenían en el proceso de producción de la empresa objeto de estudio, por motivos de extensión en el trabajo no se mostraron en su totalidad.

Anexo 7. Tamaño de la Muestra

La determinación del tamaño de la muestra para el estudio de tiempos de cada proceso en donde intervenían las máquinas y las actividades manuales, se determinaron por medio de un muestreo simple:

Muestreo aleatorio simple:

Si no se conoce el tamaño de la población:

Ecuación 23 Ecuación tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

n: tamaño necesario de la muestra

Z: margen de confiabilidad o número de unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá un nivel deseado de confianza

σ : desviación estándar de la población conocida o estimada a partir de anteriores estudios o de una prueba piloto.

e: error o diferencia máxima entre la media muestral y la media de la población que se está dispuesto a aceptar con un nivel de confianza que se ha definido.

Dentro del análisis de la información se plantearon valores de:

- Z: en 1.96
- Máquina Chief, e: 30%
- Máquina ABDick, e: 28%
- Máquina Heidelberg, e: 28%
- Terminado en Guillotina, e: 30%
- Foliado de paquetes, e: 30%