

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE CON MENCIÓN EN  
MODELOS DE OPTIMIZACIÓN”**

**TEMA:**

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE LAS MÁQUINAS DE ALTA CAPACIDAD DE UNA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO MEDIANTE EL INDICADOR DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) Y LA METODOLOGÍA KAIZEN.

**AUTOR:**

LSI. LUIS ARMANDO UVIDIA ACHANCE

Guayaquil – Ecuador

2020

## RESUMEN

La empresa pertenece a la zona industrial plástica, tiene problema en el proceso de obtención del tiempo real la eficiencia de las máquinas. La información recopilada de cada máquina es anotada en hojas de papel para luego ser registrado en el sistema. El digitador demora en ingresar la información con uno o dos días de atraso. El cálculo del porcentaje del OEE se obtiene manualmente. El jefe de Planta se toma tres días para preparar la información y para saber las causas o motivos de la baja eficiencia del equipo, por lo cual no tiene argumentos para tomar decisiones inmediatas.

Se plantea como objetivo diseñar un sistema para registrar la información de la máquina en tiempo real para maximizar la eficiencia productiva del proceso, reducir los costos y tomar decisiones inmediatas aplicando el indicador OEE y la metodología Kaizen. Para cumplir el objetivo se evalúa la situación actual, se determina las variables críticas que tiene relación con el indicador OEE. También se utiliza estrategias para minimizar los diferentes tipos de paradas.

La metodología inicia con la recopilación y análisis de los datos para la estratificación de la máquina piloto. Se utiliza como base el indicador OEE para determinar las condiciones iniciales del equipo y mediante proceso de mejoramiento continuo se busca optimizar la productividad y reducir costos. Al aplicar la metodología se logra reducir tiempos muertos y cuellos de botella provocados por los paros no programados.

Al final, se presenta las soluciones para cada causa del problema identificado. Todas las soluciones están debidamente justificadas. Se muestra con un ejemplo datos reales de paros de tiempo y avance de la producción en distintos turnos según el cronograma de producción. Este ejemplo demuestra y valida que la metodología propuesta que es de gran ayuda para toma de decisiones inmediatas o futuras dentro de la empresa.

## **ABSTRACT**

*The company belongs to a plastic industrial zone. It has a problem in the process of obtaining the machines' efficiency in real time. The collected information from each machine is registered on sheets of paper and then recorded in the system. The operator takes about one or two days late to enter the information in the system and the calculation of the OEE percentage is obtained manually, therefore the plant manager takes three days to prepare the information and to find out the causes of low efficiency of the work team so he cannot take right decisions.*

*The objective of this project is to design a system to record machine information in real time and to maximize the efficiency of the productive process. Other objectives is also to reduce the financial costs and take urgent decisions by applying the OEE indicator and the Kaizen methodology. In order to accomplish with these objectives, the current situation is evaluated and the critical variables related to the OEE indicator are analyzed. Moreover, we will use strategies to minimize different types of stops.*

*The methodology begins with the collection and analysis of the data for the stratification of the pilot machine. The OEE indicator is used as a basis to determine the initial conditions of the equipment and the continuous improvement process. It seeks to optimize productivity and reduce costs. With the application of this methodology it is possible to reduce death time and bottlenecks caused by unscheduled stops.*

*Finally, It is shown solutions for each cause of the identified problems and all solutions are duly justified. With an example it is demonstrated real data of time stops and advance of the production in different shifts according to the production schedule. This example demonstrates and validates that the proposed methodology is a great tool for immediate or future decision-making in the company.*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Luis y Lucia por darme su apoyo incondicional. A mi esposa Patricia quien me ha estado ayudando en todas las etapas de la carrera. También a todas las personas que me supieron colaborar con sus conocimientos y consejos para seguir adelante y lograr culminar este nuevo reto. A mis amigos que me supieron alentar y aconsejar en los momentos que deseaba dejar este proyecto.

Luis.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradeciendo a nuestro Padre Dios por la vida, salud y las bendiciones derramadas en mí y en mi familia. A mi amada esposa por su apoyo y fuerza para seguir adelante. A mis amigos del trabajo que compartieron sus conocimientos y supieron orientarme de una manera amable para llegar a cumplir con las soluciones propuesta en el proyecto. A mi tutor Kleber Barcia, Ph.D. por la ayuda, dedicación y colaboración en la culminación de la tesis.

Luis.

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este proyecto de titulación me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo corresponde exclusivamente a la escuela superior politécnica del litoral.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del trabajo de titulación referido.



\_\_\_\_\_  
Lsi. Luis Armando Uvidia Achance

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

M.Sc. David de Santis Bermeo  
PRESIDENTE



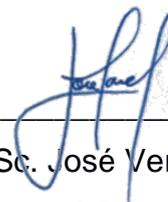
---

Kleber Barcia Villacreses, Ph.D.  
DIRECTOR



---

M.Sc. Pedro Ramos de Santis  
VOCAL 1



---

M.Sc. José Vera Aray  
VOCAL 2

## **ABREVIATURAS**

OP	Orden de producción
BOM	Bill of materials (lista de materiales)
TPM	Total Productive Maintenance (mantenimiento productivo total)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (efectividad total de los Equipos)
TOC	Theory of Constraints (teoría de restricciones)
SMED	Single-Minute Exchange of Dies (cambio de matriz en menos de 10 minutos)
PDCA	Planificar, hacer, verificar y actuar
VSM	Value Stream Mapping (mapa del flujo de valor)
EOQ	Economic order quantity (cantidad económica de pedido)

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ABREVIATURAS.....	VII
ÍNDICE GENERAL .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1. OBJETIVOS Y GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación del problema .....	7
1.4 Objetivos .....	8
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	8
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	8
1.5 Metodología.....	9
1.6 Estructura del proyecto.....	9
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>11</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1 Productividad.....	11
2.1.1 <i>Productividad vs Eficiencia</i> .....	11
2.1.2 <i>Eficiencia</i> .....	12
2.1.3 <i>Rendimiento</i> .....	12
2.1.4 <i>Calidad</i> .....	13
2.2 Eficiencia general de los equipos OEE.....	13
2.2.1 <i>Concepto del OEE</i> .....	13
2.2.2 <i>Elementos del OEE</i> .....	14
2.2.3 <i>Disponibilidad en OEE</i> .....	14
2.2.4 <i>Disminución de rendimiento en OEE</i> .....	15
2.2.5 <i>Pérdidas de calidad en OEE</i> .....	16

2.2.6	<i>Cálculo del OEE</i> .....	16
2.2.7	<i>Utilización del OEE</i> .....	17
2.2.8	<i>Análisis del OEE</i> .....	17
2.3	Tipos de pérdidas.....	18
2.4	Método Kaizen .....	19
2.5	Investigaciones realizadas sobre el OEE .....	22
<b>CAPÍTULO 3</b>	.....	<b>25</b>
<b>3. DESARROLLO DEL PROCESO</b>	.....	<b>25</b>
3.1	Generalidades de la empresa .....	25
3.1.1	<i>Industria de plástico</i> .....	25
3.1.2	<i>Proceso productivo</i> .....	26
3.1.3	<i>Máquina de la Planta</i> .....	28
3.1.4	<i>Diagrama de flujo del proceso de producción</i> .....	28
3.1.5	<i>Productos elaborados en la Planta</i> .....	31
3.2	Problemática .....	34
<b>CAPÍTULO 4</b>	.....	<b>37</b>
<b>4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA</b>	.....	<b>37</b>
4.1	Seleccionar máquina piloto .....	37
4.1.1	<i>Causas de paros más frecuentes</i> .....	40
4.1.2	<i>Organización de las causas</i> .....	41
4.1.3	<i>Aplicación del diagrama de Ishikawa</i> .....	42
4.1.4	<i>Matriz Causa y Efecto</i> .....	43
4.1.5	<i>Causas significativas</i> .....	44
4.1.6	<i>Verificación de causas seleccionadas afecta al OEE</i> .....	45
4.1.6.1	Falta de espacio para moldes .....	45
4.1.6.2	Falta de repuestos estratégicos .....	46
4.1.6.3	Daño de resistencia por mala manipulación .....	48
4.1.6.4	Cambio de moldes para elaborar otro producto .....	48
4.1.6.5	Causas raíz aplicando técnica 5 WHY´S (5 por qué) .....	50
4.2	Planteamiento de soluciones.....	52
4.2.1	<i>Causas raíz vs Solución</i> .....	52
4.2.2	<i>Cuadro económico para soluciones</i> .....	53

4.2.3 Matriz de esfuerzo vs impacto.....	54
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>55</b>
<b>5. IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES.....</b>	<b>55</b>
5.1 Reorganización del área de mantenimiento para moldes.....	55
5.1.1 Limitar área para mantenimiento de moldes .....	55
5.1.2 Limpieza de la nueva área de mantenimiento.....	57
5.1.3 Organización de la nueva área de mantenimiento .....	58
5.1.4 Retirar producto terminado del área.....	59
5.1.5 Política de mantenimiento para el área de molde .....	60
5.2 Organización y clasificación de los repuestos estratégicos en función de su disponibilidad.....	60
5.3 Minimización de cambios de molde por daño de resistencia.....	65
5.4 Elaboración de flujograma para el proceso de preparación de moldes.....	70
5.5 Cambio de moldes para otro producto .....	71
5.6 Cronograma de mantenimiento de moldes basado a la programación .....	72
5.7 Sistema de control para minimizar los costos del proceso.....	73
5.8 Resultados del OEE aplicando las mejoras posibles para la máquina 1850	
82	
5.9 Desarrollo del modelo matemático .....	86
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>93</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
6.1 Conclusiones.....	93
6.2 Recomendaciones.....	94
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO A: FOTOS – PERSONAL Y MATERIALES DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO B: FOTOS – SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO C: POLÍTICA DE MANTENIMIENTO PARA MOLDES .....</b>	<b>105</b>

<b>ANEXO D: LISTADO DE REPUESTOS ESTRATÉGICOS.....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO E: POLÍTICA PARA CAMBIO DE MOLDES .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO F: CRONOGRAMA DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO G: MODELIZACIÓN EN GAMS .....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Disponibilidad.....	6
Figura 1.2 Rendimiento.....	7
Figura 1.3 Calidad.....	7
Figura 2.1 Relación TPM - OEE.....	24
Figura 3.1 Ejemplo de lista de materiales Mesa Báltica.....	26
Figura 3.2 Diagrama de flujo del proceso de producción.....	29
Figura 3.3 Grupo 500-468 vs Grupo de artículos.....	31
Figura 3.4 Grupo 725-600 vs Grupo de artículos.....	32
Figura 3.5 Grupo 850-780 vs Grupo de artículos.....	32
Figura 3.6 Grupo 900 vs Grupo de artículos.....	33
Figura 3.7 Grupo 1200 vs Grupo de artículos.....	33
Figura 3.8 Grupo 1600 vs Grupo de artículos.....	33
Figura 3.9 Grupo 1850 y 2800 vs Grupo de artículos.....	34
Figura 3.10 OEE grupo de máquina alto consumo.....	34
Figura 4.1 Análisis OEE por grupo de máquina.....	38
Figura 4.2 Tiempos de paros por motivo.....	39
Figura 4.3 Disponibilidad – Pareto máquina HT-1850.....	39
Figura 4.4 Diagrama de Ishikawa.....	43
Figura 4.5 Gasto operacional por mes.....	45
Figura 4.6 Costo dólar por minuto.....	46
Figura 5.1 Esquema actual de Rotomoldeo máquina 1850 y 2800.....	55
Figura 5.2 Esquema actual del área de Mantenimiento.....	56
Figura 5.3 Área limitada para Moldes y Producto Terminado.....	57
Figura 5.4 Áreas para limpieza y de moldes disponibles.....	58
Figura 5.5 Ejemplo de tablero para herramientas.....	59
Figura 5.6 Proceso actual de cambio de molde.....	66
Figura 5.7 Proceso actualizado para el cambio de molde.....	67
Figura 5.8 Proceso actualizado para el cambio de molde.....	68
Figura 5.9 Flujograma para la preparación de moldes.....	71
Figura 5.10 Registro en el sistema.....	73
Figura 5.11 Menú operaciones.....	76
Figura 5.12 Menú operaciones.....	77

Figura 5.13 Menú Regulación .....	77
Figura 5.14 Menú Regulación .....	78
Figura 5.15 Paros de máquina.....	79
Figura 5.16 Reporte web.....	80
Figura 5.17 Reporte por máquina .....	81
Figura 5.18 Registro datos de la máquina, operador y avance de la producción..	82
Figura 5.19 Registro de causas de paro .....	82
Figura 5.20 Registro de causas de paro .....	85
Figura 5.21 Valoración cualitativa del OEE .....	86
Figura 5.22 Resultado: Disponibilidad diaria por turno.....	90
Figura 5.23 Resultado: Rendimiento diario por turno.....	91
Figura 5.24 Resultado: Calidad diaria por turno.....	91
Figura 5.25 Resultado: Función objetivo.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tabla de altos Consumos.....	4
Tabla 1.2 Tabla de OEE Año 2018 .....	4
Tabla 1.3 Tabla de producción año 2018.....	5
Tabla 1.4 Tabla de producción año 2018.....	5
Tabla 1.5 Tabla de artículos año 2018.....	6
Tabla 3.1 Características de las máquinas .....	28
Tabla 4.1 Grupos de máquina con menor OEE .....	37
Tabla 4.2 Grupo por máquina .....	38
Tabla 4.3 Causas de paros más frecuentes.....	40
Tabla 4.4 Organización de las causas .....	42
Tabla 4.5 Matriz Causa y Efecto .....	44
Tabla 4.6 Causas significativas.....	44
Tabla 4.7 Tiempos de llegada.....	46
Tabla 4.8 Cambio de molde .....	48
<b>Tabla 4.9 Tiempos por cambio de color.....</b>	<b>49</b>
Tabla 4.10 Cambio de molde año 2018 .....	50
Tabla 4.11 Causas raíz vs Solución.....	52
Tabla 4.12 Inversión vs No inversión .....	53
Tabla 4.13 Matriz de esfuerzo vs impacto.....	54
Tabla 5.1 S (costo de pedido) .....	61
Tabla 5.2 H (costo de mantenimiento de inventario).....	61
Tabla 5.3 Fórmulas adicionales .....	62
Tabla 5.4 Repuesto estratégico .....	62
Tabla 5.5 Datos del Repuesto estratégico .....	62
Tabla 5.6 Datos del Repuesto estratégico .....	63
Tabla 5.7 Pedidos a realizar.....	63
Tabla 5.8 Costos asociados.....	63
Tabla 5.9 Ahorro en costos de inventario.....	64
Tabla 5.10 Diagrama de flujo del proceso cambio de molde actual .....	69
Tabla 5.11 Diagrama de flujo del proceso cambio de molde mejorado.....	70
Tabla 5.12 Datos de la máquina .....	74
Tabla 5.13 Datos de producción .....	74

Tabla 5.14 Datos de paro.....	74
Tabla 5.15 Análisis de movimientos y tiempos del proceso actual.....	75
Tabla 5.16 Análisis de movimientos y tiempos del proceso mejorado .....	80
Tabla 5.17 Análisis de movimientos y tiempos del proceso mejorado .....	83
Tabla 5.18 Agrupación de motivos de paros .....	83
Tabla 5.19 Agrupación de motivos de paros.....	84

# CAPÍTULO 1

## 1. OBJETIVOS Y GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

El plástico y sus productos son uno de los principales componentes en la vida cotidiana. Debido a la gran facilidad que hay para trabajar este material y sus diversas funciones, es un insumo fundamental para la producción, así como parte de los equipos que se utilizan para los hogares. También es empleado para las diversas actividades de la economía en general.

En Ecuador, la industria de plásticos es de gran importancia, no solamente por su peso en la economía, sino por su vinculación con el resto de las actividades. El impacto y vigor de esta industria conlleva a analizar desde la producción de plásticos, su evolución y participación en la economía nacional y comercio exterior, así como los encadenamientos y la postura de los principales actores del sector.

Esta actividad no ha mantenido un crecimiento constante, pero en su evolución se observa el impacto de las medidas de restricción comercial. Una de las principales características de la producción de plásticos es la dependencia que existe frente a las materias primas que no se producen internamente.

El plástico, como materia prima, ha venido sustituyendo a muchos materiales tradicionales como el hierro, la madera, el vidrio, el cristal, etc. Esto debido a que su practicidad, resistencia y economía han ido captando la atención y preferencia de hogares e industrias en todo el mundo. La gama de productos plásticos es amplia y va desde plásticos desechables, pasando por innumerables formas de plásticos reutilizables, hasta llegar a tuberías y otros materiales de construcción.

La industria de plástico en Ecuador innova, investiga, genera empleo y exporta en medio de desafíos. De acuerdo con estadísticas de la Asociación

Ecuatoriana de Plásticos, el sector está compuesto por unas 600 empresas, de las cuales 120 pertenecen a la Asociación. Las empresas productoras se ubican en su mayoría en Guayaquil.

(Lideres, 2018), “Nuestro sector cree en el Ecuador, por lo que no solo hemos invertido recursos económicos, también hemos sido protagonistas en procesos de innovación y tecnología”.

La empresa en la que se va a realizar el estudio radica en la ciudad de Guayaquil, fabrica diversas líneas de artículos para el hogar y la industria. Desde el año 2016, la empresa ha tenido una tendencia a la baja en las ventas, por tal motivo, no cubre todos sus gastos. Adicional a esto, los competidores han incrementado en el mercado las líneas antes mencionadas.

Otro incremento representativo para la empresa es el aumento del precio de la materia prima, por tal motivo, el margen de rentabilidad del producto es menor y esto obligó a disminuir precios para competir en el mercado. La empresa solicitó a todas las áreas buscar estrategias para optimizar procesos, minimizar gastos y no castigar en el costo del producto.

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar las eficiencias de las máquinas y sus procesos a través del uso de una herramienta que permita obtener información de los productos fabricados en línea. Esta herramienta también permite medir variables como la capacidad de las líneas de proceso, la calidad de la producción y de los productos elaborados, la disponibilidad de las máquinas y del operador, entre otros.

El entorno del desarrollo de este proyecto de titulación se centra en el área de producción de inyección, ubicada en la ciudad de Guayaquil. Esta área consta aproximadamente de 74 máquinas operativas, las cuales se encuentran funcionando parcialmente por falta de mantenimiento y a la espera de usar su capacidad máxima de producción.

Los datos que se utilizan en este proyecto corresponden al año 2018 y están relacionados con los costos de producción, averías de las máquinas y principalmente de la disponibilidad del personal.

## 1.2 Planteamiento del problema

La empresa se dedica a la producción de varios artículos de plásticos de uso doméstico para consumo en el mercado local. Actualmente la Planta de producción cuenta con máquinas de alta y de baja capacidad. El área de ventas recibe gran cantidad de pedidos de los diversos clientes, como son cadena, distribuidores e industriales. Entre los principales productos se puede citar menajes de casa, cajoneras, sillas, gavetas de diferentes tamaños, pallets, etc. Debido a la gran demanda los vendedores colocan varios pedidos, los mismos que llegan al área de planificación.

El área de planificación realiza la programación de los artículos para la producción en Planta. Este cronograma se realiza en un archivo Excel donde determinan las diferentes fechas de entrega. El área de producción cuenta con un ERP donde crean las órdenes de producción, luego realizan la entrega de la materia prima al piso de producción y para finalizar se realiza el consumo del material para generar el producto semielaborado o terminado. Todos los reportes del avance de la producción de cada producto que se va realizando en las máquinas se los lleva manualmente, en hojas de formatos definidos en Excel.

En estas hojas de Excel el operador registra, por cada máquina, el tiempo real de cada lote de producción y los diversos tipos de parada, por ejemplo, cambio de moldes, cambio de color, falta de supervisor, falta de materia prima, etc. En este Excel también se registra los productos que cumplen y no cumplen con los estándares de calidad. Toda esta información es registrada al ERP después de dos o tres días de la ejecución o producción, es decir que la misma no es registrada en tiempo real.

La Planta de producción consta de muchas máquinas con diferentes tonelajes, por ese motivo las tiene divididas en:

- Alto Consumo
- Bajo Consumo

La prioridad la tiene las máquinas de alto consumo, las mismas que se encuentra agrupadas en varios grupos. Actualmente consta de nueve grupos. En la siguiente tabla 1.1 se observará los nombres de cada grupo.

**Tabla 1.1 Tabla de altos Consumos**

TIPO DE PRODUCCION	GRUPO MAQUINA
ALTO CONSUMO	850-780
	725-600
	2800
	1850
	1000
	900
	500-468
	1600
	1200

Fuente: Autor, 2019

Actualmente el indicador OEE se lo realiza manualmente. En un Excel se recopila toda la información necesaria para realizar los respectivos cálculos que intervienen para obtener el porcentaje del indicador OEE. A continuación, se presenta en forma detalla el resultado del OEE por grupo, utilizando los valores desde el mes de julio hasta diciembre del año 2018 en la tabla 1.2.

**Tabla 1.2 Tabla de OEE Año 2018**

Grupo Máquina							
Año		2018					
Grupo Máquina	Mes	7	8	9	10	11	12
850-780		75.29%	75.55%	72.68%	72.94%	71.61%	73.68%
725-600		63.83%	71.03%	66.06%	70.19%	64.50%	68.87%
2800		76.68%	74.09%	74.86%	79.67%	66.83%	59.01%
1850		28.32%	33.42%	5.40%	38.88%	66.51%	72.39%
1000		76.15%	75.09%	71.59%	75.76%	67.38%	71.35%
900		74.56%	82.96%	75.17%	82.12%	75.28%	73.01%
500-468		69.17%	70.90%	69.90%	65.97%	58.78%	64.00%
1600		63.05%	62.80%	70.35%	66.07%	65.63%	82.46%
1200		78.36%	70.85%	70.43%	76.76%	67.55%	66.45%

Fuente: Autor, 2019

Por ser un reporte manual en Excel, el Gerente De Planta no puede visualizar la eficiencia de los grupos de máquinas en tiempo real. Actualmente generar este reporte toma tres días luego de cada cierre de mes.

De toda esta gama de Altos Consumos la más importante es la del grupo 850-780, porque este tiene la producción del Core del negocio según la tabla 1.3.

**Tabla 1.3 Tabla de producción año 2018**

Grupo máquina	% Ventas
850-780	60%
725-600	13%
2800	5%
1850	5%
1000	4%
900	4%
500-468	3%
1600	3%
1200	3%

Fuente: Autor, 2019

El grupo 850-780 está conformado por 10 máquinas, las cuales cinco pertenecen al tonelaje 850 y 5 al tonelaje 780. A continuación, ver tabla 1.4.

**Tabla 1.4 Tabla de producción año 2018**

#	Tonelada	Máquina
1	850	850 MILACRON
2	850	850A MH
3	850	850B MH
4	850	850D VH850-232
5	850	JM850C
6	780	HT-800-B
7	780	HT-800-C
8	780	HTMA800
9	780	HTMA8000
10	780	MAICO 800

Fuente: Autor, 2019

En el grupo 850-780 se fabrica o produce variedad de productos. Cada máquina de este grupo puede utilizar varios tipos moldes para realizar diversos productos. Los productos a fabricar se detallan en la tabla 1.5.

**Tabla 1.5 Tabla de artículos año 2018**

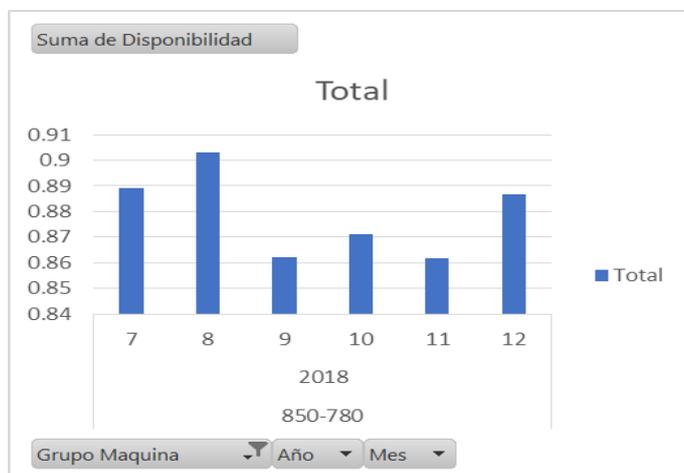
Artículos	% Participación
SILLAS	50.36%
KAVETAS	25.16%
TACHOS	6.42%
CAJONERAS	5.30%
CESTOS	3.47%
MESAS	3.10%
ARMARIO BASICO	1.51%
CANASTILLAS	1.13%
ARMARIOS	0.91%
MACETERO	0.55%
LAVACARAS	0.45%
CANASTILLA	0.37%
BAÑERA	0.32%
ORGANIZACIÓN	0.30%
MODULAR INSPIRA	0.28%
ARMADORES	0.21%
DECO MADEIRA	0.08%
BAÑERAS	0.07%
ESCRITORIO	0.00%
BACINILLAS	0.00%
<b>Total General</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Autor, 2019

Para obtener la tabla se utilizó el análisis del diagrama de Pareto, el cual se basa en la regla del 80/20, donde se muestra que el 20% de las causas generan el 80% de los resultados.

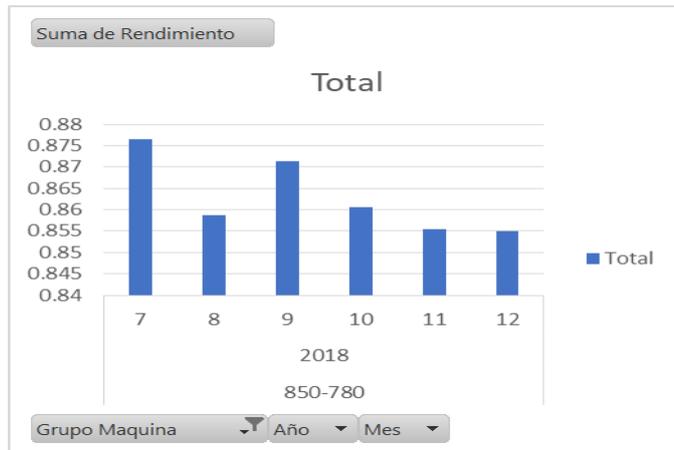
El cálculo del OEE está compuesto por tres variables que son la disponibilidad, el rendimiento y calidad. En las figuras 1.1, 1.2 y 1.3 se puede observar los resultados obtenidos de cada variable en base a los datos registrados en las hojas de cálculos de Excel.

**Figura 1.1 Disponibilidad**



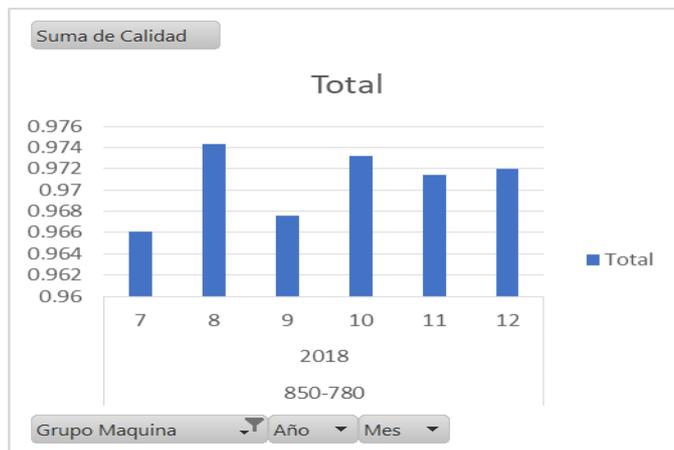
Fuente: Autor, 2019

**Figura 1.2 Rendimiento**



Fuente: Autor, 2019

**Figura 1.3 Calidad**



Fuente: Autor, 2019

El Gerente De Planta no tiene una visualización inmediata del desempeño del personal, así como de la eficiencia de las máquinas, ni de los altos costos por pérdida de tiempo en la producción, tampoco puede identificar los diferentes cuellos de botella, ni minimizar las entregas fuera de tiempo ni disminuir los desechos dentro del proceso, por tales motivos el Gerente no puede tomar decisiones inmediatas ni acertadas.

### 1.3 Justificación del problema

La Planta de producción necesita tener un mayor control del grupo de máquinas que generan mayor venta y rentabilidad al core del negocio. De estos grupos, el más importante es el grupo 800-750 donde se producen los artículos estrella.

Dada esta situación, surge la necesidad de implementar un sistema en el cual se pueda registrar en tiempo real la información necesaria para el cálculo del OEE, donde se registre las diferentes causas de paros de máquina, las producciones buenas y malas y el tiempo de paro. Con esta información se podrá observar las causas del porqué el OEE de este grupo está por debajo del 75%.

A fin de mejorar este indicador, el Gerente De Planta procura eliminar las pérdidas de tiempo y de costos. Estas pérdidas pueden ser:

- Pérdida de tiempo por mal mantenimiento.
- Pérdida de tiempo por mala planificación.
- Pérdida de tiempo por ocio.
- Pérdida de reducción de velocidad causada por operador.
- Pérdida por problemas de calidad.
- Pérdida de tiempo por imprevistos.

Este proyecto tiene como finalidad implementar un sistema para mejorar la eficiencia productiva de las máquinas de alta capacidad mediante el indicador OEE y la metodología de mejora continua Kaizen.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema que permita el registro de la información de cada máquina analizando los datos y maximizando la eficiencia productiva del proceso, reducción de costos y permitiendo la toma oportuna de decisiones mediante la aplicación del indicador OEE y la metodología Kaizen.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la situación actual de las máquinas del área de producción mediante el cálculo del indicado OEE.
- Determinar variables críticas que tienen relación con el indicador de eficiencia general de equipos.

- Plantear estrategias minimizando los diferentes tipos de paradas de las máquinas.
- Proponer un sistema de control minimizando los costos del proceso.

## **1.5 Metodología**

El proyecto inicia con la descripción del proceso de fabricación de productos plásticos y con la recolección y análisis de datos para la estratificación de las máquinas de alta capacidad. Se utiliza como base el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad Global del Equipo) para determinar las condiciones iniciales de los equipos y mediante un proceso de mejoramiento continuo (Kaizen) se busca optimizar la productividad y reducir costos.

Se utiliza programación lineal para el cálculo del OEE de la situación actual y mediante un análisis de optimización de restricciones se plantea mejoras a la eficiencia de las máquinas. Esta metodología permite resolver problemas prácticos a través de la utilización de herramientas de análisis estadísticos, diagramas de Pareto, diagramas de causa efecto, programación lineal y no lineal, entre otros. A través del uso de estas herramientas se logrará reducir los tiempos muertos provocados por paros no programados en la línea de producción.

Esta metodología es conveniente para la Planta ya que ayuda a la disminución de cuellos de botella y desechos en la línea de proceso. Por otro lado, la utilización de ésta sirve para la toma de decisiones de nuevas inversiones ya que enlaza el rendimiento de las operaciones de la Planta con la toma de decisiones de carácter financiero.

## **1.6 Estructura del proyecto**

En esta parte se muestra una breve descripción de cada uno de los capítulos que conforma este proyecto de titulación.

Capítulo 1, en este capítulo se desarrolla los antecedentes del proyecto, se realiza una breve descripción de la fábrica de plásticos, su estructura, su

organización en referencia a las máquinas con las que cuenta la fábrica, se realiza el planteamiento del proyecto y sus principales objetivos.

Capítulo 2, en este capítulo se desarrolla el marco teórico y su relevancia para el proyecto. Adicional, se presenta herramientas técnicas que se usa para la aplicación de la metodología y se revisa al final investigaciones y aplicaciones realizadas relacionadas al tema del proyecto.

Capítulo 3, en este capítulo se describe la situación actual de la fábrica de plásticos y se analiza los diferentes problemas de cada máquina que pertenecen al grupo de alto consumo.

Capítulo 4, en este capítulo se realiza un análisis para seleccionar las máquinas piloto y los criterios, se ejecuta la implementación de un sistema en el cual se va a ingresar la data en línea.

Capítulo 5, en este capítulo se implementa el indicador OEE en las máquinas piloto. Así mismo, se presentan los resultados obtenidos del cálculo del OEE y las acciones de mejora.

Capítulo 6, en este capítulo se desarrollan las conclusiones y recomendaciones posterior a la implementación del indicador OEE en las máquinas piloto, así como los puntos claves que se deban mantener para dar seguimiento y continuidad en el resto de la implementación.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Productividad

La productividad en una empresa es fundamental para crecer o aumentar la rentabilidad. Para obtener una buena productividad se debe analizar con detenimiento los métodos utilizados y el cumplimiento de tiempos en los diferentes procesos. Además, se debe alcanzar las metas establecidas por la Gerencia, lo cual significa el empleo máximo de los recursos que posee la empresa y la reducción del gasto al mínimo posible.

La productividad consiste en todas las acciones que acercan a una compañía a su meta (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

#### 2.1.1 Productividad vs Eficiencia

Muchas personas preguntan si es posible ser productivo y eficiente al mismo tiempo y la respuesta es "Sí". Todo lo que tienes que hacer es analizar la tarea en cuestión y tratar de averiguar qué es lo que más requiere; si se trata de cantidad o calidad (Ortega, 2017).

Si no se está bien informado, se puede cometer el error de pensar que productividad y eficiencia son sinónimos y cumplen la misma función en una organización. Confundir estos dos términos podría llegar a crear problemas de comunicación dentro de los equipos de trabajo y mal interpretación de los objetivos que se tienen como meta.

Algunas definiciones describen la productividad como la eficiencia de hacer alguna cosa. Esta interpretación se rechaza porque eficiencia, con relación a la producción, es una medida relativa de lo que se ha producido en comparación con algún estándar de lo que teórica o realmente podría haberse producido. Siendo una comparación, es un valor relativo y se mide en porcentaje. Sin embargo, nada dice de la magnitud de lo productivo (Mohr Barría, 2012).

Ser eficiente es algo que evidentemente traerá beneficios a la organización, es importante recalcar que en algunos mercados y para algunos clientes el factor decisivo es la cantidad y tiempo de entrega, y no solamente la calidad del producto (aunque ésta siempre es deseable).

Es necesario que las empresas evalúen su entorno y procesos para identificar hacia dónde deben dirigir sus esfuerzos, ya sea hacia el aumento de la productividad, el incremento de la eficiencia o bien la búsqueda de un balance entre ambos.

### **2.1.2 Eficiencia**

La eficiencia se trata de la comparación entre lo que realmente está siendo producido o realizado versus lo que puede producirse teniendo en cuenta la misma cantidad de recursos, tales como: dinero, tiempo y mano de obra. En términos más simples la eficiencia mide si hay algún derroche en su empresa. Es decir, se es eficiente cuando no existen recursos sobrantes (Ortega, 2017).

### **2.1.3 Rendimiento**

El rendimiento está asociado al trabajo realizado por las máquinas en la fabricación de un producto o pieza. Se refiere a todas aquellas causas que provocan que los procesos de producción funcionen a menor velocidad de su máxima posible, por ejemplo, tiempos lentos, pequeñas paradas. Es el total de producto que ha fabricado durante el tiempo de planificación. Se registran las paradas frecuentes de corta o larga duración, velocidad y forma de funcionamiento. Hay dos tipos de pérdidas donde el rendimiento se ve afectado. Pérdidas de la velocidad por paradas inesperadas o por reducción de velocidad (Vargas Toscano, 2017).

#### **2.1.4 Calidad**

Se mide según la calidad de producto producido. Si hay un reproceso del producto defectuoso la máquina estaría gastando tiempo y energía (Vargas Toscano, 2017).

La calidad del producto o servicio se convierte en objetivo fundamental de la empresa; pero, si bien con la visión tradicional se trataba de conseguirla a través de una función de inspección en el área de producción, en el enfoque moderno la perspectiva se amplía, considerando que va a ser toda la empresa la que va a permitir alcanzar esta meta, fundamentalmente a través de la prevención (Guillo, 2007).

### **2.2 Eficiencia general de los equipos OEE**

#### **2.2.1 Concepto del OEE**

El OEE es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial y que se utiliza como herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua. Sus siglas corresponden al término inglés “Overall Equipment Effectiveness” o “Eficacia Global de Equipos Productivos”. Su objetivo es ver y analizar las pérdidas que se presenten en la capacidad instalada dentro de las organizaciones (Salgarra Rodríguez & Siera Parga, 2018, pág. 26).

El indicador OEE sirve en las empresas para poder cuantificar la productividad y eficiencia de los procesos productivos. Además, hay que tener en cuenta que sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. El indicador OEE es una herramienta capaz de indicar mediante un porcentaje la eficacia real de cualquier proceso productivo. Esto es un factor clave para poder identificar y atacar posibles ineficiencias que se originen durante el proceso de fabricación.

La ventaja de la implementación de un sistema OEE repercute directamente en el rendimiento que se va a obtener del proceso de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de

botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto minimizando reprocesos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso, y no sólo eso, sino que también permite mostrar información confiable en tiempo real del proceso.

Adicionalmente, otra ventaja es el aumento de la eficiencia de los empleados y facilidad en su trabajo (Touron, 2016). Se puede considerar una desventaja o limitación obtener la información a pie de máquina y procesarla en tiempo real (puede contener errores en las capturas manuales, desfases horarios, olvidos, etc.). Lo que no se mide, no se conoce (Círculo de Economía, 2014).

### **2.2.2 Elementos del OEE**

Son tres los elementos que intervienen para obtener el OEE (Medina Santana, 2006).

- La Eficiencia por Disponibilidad, representa la porción de tiempo operativo del equipo en comparación al tiempo total disponible del Equipo.
- La Eficiencia por Rendimiento, representa la cantidad de productos producidos en relación con la producción teórica.
- La Eficiencia por Calidad, representa la cantidad de productos en buena calidad con respecto al total producido.

### **2.2.3 Disponibilidad en OEE**

Aparecen siempre que se produce una parada de la máquina (averías, cambio de formato, falta de material, falta de personal, arranque de máquina, entre otros) (Vilema Romero, 2018).

Se puede definir este concepto como el tiempo durante el cual la máquina debería haber estado produciendo, pero no lo ha estado o como el tiempo en el que ningún producto sale de la máquina. Las pérdidas son:

- Averías: Un repentino e inesperado fallo o avería genera una pérdida en el tiempo de producción. Ejemplo: Error al operar la máquina, mantenimiento pobre del equipo, etc. El OEE considera este tipo de pérdida a partir del momento en el cual la avería aparece.

- Esperas: El tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera. La máquina puede quedarse en estado de espera por varios motivos, por ejemplo; debido a un cambio, por mantenimiento, o por un paro para ir a merendar o almorzar. Para el OEE, el tiempo de cambio es el tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto.

Para obtener la disponibilidad del OEE, se utiliza la fórmula de la ecuación 2.1 (Sejzer, 2016):

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo improductivo o paros}}{\text{Tiempo Disponible}} \quad (2.1)$$

#### 2.2.4 Disminución de rendimiento en OEE

Cuando la máquina no ha parado, pero fabrica a una velocidad inferior a la teórica. Incluye las micro paradas (paradas de muy poca duración, pero muy frecuentes) y el funcionamiento degradado o (reducción de velocidad por problemas de calidad, por inicio de fabricación, entre otros) (Vilema Romero, 2018).

Existen pérdidas:

- Pérdidas de velocidad por pequeñas paradas.
- Pérdidas de velocidad por reducción de velocidad.

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:

- Micro paradas: cuando una máquina tiene interrupciones cortas y no trabaja a velocidad constante, estas micro paradas y las consecuentes pérdidas de velocidad son generalmente causadas por pequeños problemas tales como bloqueos producidos o falta de abastecimiento.
- Velocidad Reducida: es la diferencia entre la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías.

Para obtener el rendimiento del OEE, se utiliza la fórmula de la ecuación 2.2 (Guerrero, 2017):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Prevista}} \quad (2.2)$$

### 2.2.5 Pérdidas de calidad en OEE

Cuando fabricamos un producto no conforme, hemos consumido tiempo de la máquina y hemos incurrido en pérdidas por calidad. También ocurre cuando reprocesamos el producto defectuoso (Vilema Romero, 2018).

La OEE sólo considera productos buenos, los que se salen conformes la primera vez, no los reprocesadas.

Se pueden diferenciar dos tipos de pérdidas de calidad:

- Desechos (Scrap): son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos por calidad. El objetivo es cero defectos. Un tipo específico de pérdida de calidad son las pérdidas en los arranques.
- Reproceso: los productos reprocesados son también productos que no cumplen los requisitos de calidad desde la primera vez, pero pueden ser reprocesados y convertidos en productos de buena calidad.

Para obtener el rendimiento del OEE, se utiliza la fórmula de la ecuación 2.3 (Guerrero, 2017):

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Unidades totales} - \text{Unidades producto no conforme}}{\text{Unidades Totales}} \quad (2.3)$$

### 2.2.6 Cálculo del OEE

El OEE se expresa en porcentaje. La forma de hacer el cálculo es mediante el producto de las ratios que lo constituyen, es decir: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad (Vélez Suárez & Castillo Macías, 2015) como se muestra en la ecuación 2.4.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad} \quad (2.4)$$

### **2.2.7 Utilización del OEE**

Se puede utilizar el OEE de las siguientes maneras (Mohr Barría, 2012):

- **Recolección e ingreso de datos:** en cada turno los operadores de máquina deben registrar los datos de pérdidas en un formato de papel o en el sistema. Para ingresar es necesario tener codificada las seis grandes pérdidas. El supervisor es el encargado de verificar que la información que está registrada sea de la manera correcta.
- **Acciones de la gerencia:** el reporte del OEE es sobre todo una herramienta de gerencia para la supervisión y seguimiento del OEE en la Planta. Incluso permite planear las inversiones del capital. Además, los supervisores pueden supervisar la productividad de las máquinas y tomar acciones o dar sugerencias de acciones correctivas.

### **2.2.8 Análisis del OEE**

Para realizar el análisis del OEE, se necesita establecer metas mensuales para ir comparando los resultados reales de cada mes, es decir, OEE meta vs OEE real. Existirán lotes de producción que serán más convenientes que otras al momento de establecer mejoras, esto dependiendo del ciclo de vida del equipo (Mohr Barría, 2012).

Es importante encontrar los cuellos de botella y restricciones del proceso con el fin de priorizar los problemas que provocan una parada o elevan mucho los costos. Muchas veces existe la tentación de aplicar técnicas de mejoras continuas para la operación en la Planta. Con el OEE, se debe resistir esta tentación si se quiere obtener mejores resultados, porque la teoría de las restricciones (TOC) (Diaz Cuba, 2017) dice que el proceso de una parte no puede ir más rápido que la operación más lenta ya que esto formaría cuellos de botella.

La meta principal de la empresa es hacer dinero ahora y en el futuro. Por lo tanto, depende si el mercado está dispuesto a recibir el producto; es decir, no se puede producir más de lo que se puede vender. Si se lo hace, estaría

aumentando los niveles de inventario de manera ineficiente y perdiendo dinero.

### **2.3 Tipos de pérdidas**

Uno de los mayores objetivos del OEE es reducir y/o eliminar lo que se conoce como grandes pérdidas o las causas más comunes de pérdida de eficiencia en manufactura. Las pérdidas también consideran lo mínimo necesario de recursos para fabricar un producto (Medina Santana, 2006). Los diferentes tipos de pérdidas son:

- Paradas programadas: este tipo de pérdida corresponde a la paralización periódica programada. Ejemplo: reemplazo de partes, limpieza, etc.
- Falla de equipo mayores a 10 minutos: el tiempo corresponde a las paradas del equipo mayores a 10 minutos por fallas mecánicas.
- Cambios de producto, arranque: tiempos necesarios para preparar el equipamiento entre una parada y la puesta en marcha para la siguiente producción. Se contabiliza el tiempo desde que se paró hasta que el equipo se encuentra nuevamente a la velocidad del diseño inicial.
- Cambio de piezas gastadas: tiempo no planificado para cambio de piezas desgastadas. Incluye reemplazo de moldes, cuchillas, etc.
- Partida y parada de producción: el tiempo de la partida es utilizado desde el arranque de la producción hasta alcanzar las condiciones estándares. La detención es el tiempo que se requiere para apagar la máquina.
- Falla de equipos menores a 10 minutos: tiempo que corresponde a las paradas del equipo menores a 10 minutos por fallas mecánicas. Este tipo de pérdida tiende a ser considerado un problema de importancia secundaria y normalmente no es registrado.
- Velocidad: las pérdidas por velocidad es el tiempo de diferencia entre la velocidad teórica proyectada versus la velocidad real del funcionamiento de la máquina o equipo.
- Defectos y reprocesos: este tipo pérdidas sucede cuando son detectados productos con defectos o de calidad inferior.

- Pérdida por deficiencias de gestión: este tipo de pérdida es generado por la deficiencia en la gestión, las causas de este tiempo perdido pueden ser: falta de suministros, repuestos, materias primas, falta de instrucciones, servicios de terceros, etc. Tiempos en que se deja de producir debido a la desorganización.
- Movimientos operacionales: estas pérdidas están constituidas en el resultado de los diferentes niveles de experiencias de los operadores y de la ubicación física de los equipos. Ejemplo: distancias entre máquinas complementarias, etc.
- Pérdidas por organización ineficiente en la línea de producción: esta pérdida se genera por la falta del recurso humano.
- Logística: pérdida de tiempo ocasionado por una ineficiente distribución de máquinas dentro de la línea de producción donde generan atrasos en la distribución de materia prima o semielaborado.
- Mediciones y ajustes: son pérdidas de tiempo debido a mediciones, controles y ajustes demasiado frecuentes realizados por el operador como consecuencia de procesos inestables.
- Pérdida de energía: esta pérdida está asociada a la energía utilizada (agua, vapor, combustible, aire comprimido, etc.) en forma ineficiente dentro del procesamiento industrial.
- Repuestos: esta pérdida está relacionada con la vida útil de los recursos utilizados para el mantenimiento de los equipos.
- Pérdidas de rendimiento de materiales: esta pérdida está asociada con el dinero adicional gastado para reemplazar herramientas, moldes, resultado de tantas roturas o desgaste por el uso.

## **2.4 Método Kaizen**

Kaizen significa “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”, esta palabra proviene de Japón. Tiene dos pilares fundamentales: los equipos de trabajo y la ingeniería industrial. Es decir, se enfoca en la gente y en la estandarización de los procesos (Kaizen: Un caso de Estudio, 2010).

El objetivo principal es aumentar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, eliminación de desperdicios y de los métodos de trabajo por operación. Existen muchos beneficios del KAIZEN, se mencionan los siguientes (Kaizen: Un caso de Estudio, 2010):

- Se pone mayor énfasis en la etapa de planeación.
- Las personas concentran su atención en los asuntos de mayor importancia.
- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados.
- Disminución en la cantidad de accidentes.
- Reducción en fallas de los equipos y herramientas.
- Reducción en los tiempos de preparación de maquinarias.
- Aumento en los niveles de satisfacción de los clientes y consumidores.
- Importante caída en los niveles de fallas y errores.
- Mejoramiento en la autoestima y motivación del personal.
- Altos incrementos en materia de productividad.
- Importante reducción en los costes.
- Aumento en los beneficios y rentabilidad.
- Menores niveles de desperdicios y despilfarros.
- Mejora en la actitud y aptitud de directivos y personal para la implementación continua de cambios.

El Kaizen opera sobre la base de cuatro principios fundamentales que son (Kaizen: Un caso de Estudio, 2010):

- El Principio de restricciones positivas: significa crear condicionantes que impidan el procesamiento de productos con defectos o fallas.
- El Principio de restricción negativa: se basa en la existencia de “cuellos de botella” que tienden a disminuir o interrumpir o hacer más lento el normal desarrollo de las actividades y procesamiento de los productos o servicios.
- El Principio de enfoque: las empresas tienen un número limitado de recursos, y la mejor forma de aprovechar de ellos es enfocándolos a

las actividades en las cuales la organización posee mayor competitividad.

- El Principio de facilitador: principio de facilitación de las tareas, actividades y procesos, los procesos de simplificación, la automatización (comprendida la robotización), la reingeniería de procesos, entre otros.

Las herramientas y métodos utilizados en el kaizen son (Rojas Jauregui & Gisbert Soler, 2017):

- Ciclo de Deming: conocido como círculo PDCA (del inglés plan-do-check-act, esto es, planificar-hacer-verificar-actuar) o espiral de mejora continua.
- Justo a tiempo Kanban: justo a tiempo.
- Poka yoke: término japonés que significa: Poka: “error no intencionado, equivocación” y Yoke: “evitar”, es decir, “evitar equivocaciones”.
- TPM: mantenimiento Productivo Total.
- SMED: método de reducción de los desperdicios en un sistema productivo.
- Cinco S: cambios organizativos y culturales y un magnífico apoyo para mejorar los sistemas productivos.
- Control de Calidad Total o Gerencia de Calidad Total.
- “3M” Diagrama causa efecto: diagrama de causa-efecto.
- Sistema de sugerencias: pretenden fomentar y dar curso a esas ideas, aprovechando así todo el potencial del personal y aumentando su motivación (Guerrero, 2017).

Los pasos para implementar el KAIZEN son los siguientes (Kaizen: Un caso de Estudio, 2010):

- Planear:
  - Definir el problema (Kaizen: Un caso de Estudio, 2010).
  - Estudiar la situación actual.
  - Analizar las causas potenciales.
- Hacer
  - Implementar la solución.

- Verificar
  - Verificar los resultados.
- Actuar
  - Estandarizar la mejora.

## **2.5 Investigaciones realizadas sobre el OEE**

En el presente proyecto se ha recopilado información de varias tesis con soluciones que hayan aplicado la técnica del OEE. (Lopez, 2017) en la tesis presenta como propuesta el incremento de productividad utilizando la manufactura esbelta.

Se utilizó la técnica de 5's para la disminución de desperdicios en los procesos de producción. Resultó clave el segregar la medición de los indicadores de merma por responsable de área, fue a partir de este momento que el operador tomó conciencia de su actuar diario. Donde se obtuvo un incremento de productividad del 1.08 % comparado contra la situación inicial de la empresa. (Alarcon, 2014) esta tesis demuestra que el OEE (Overall Equipment Effectiveness) unido al SMED (Single Minute Exchange of Die) se muestran como técnicas útiles y aplicables a cualquier máquina.

Estas técnicas permiten verificar la manera en que se está midiendo la productividad y así proponer un método mediante la utilización de un KPI apropiado y eficiente. Con la técnica SMED se consiguió la reducción de los costos de producción y así obtener mayor competencia en el mercado. Además, se debe hacer saber a los operadores y supervisores que el OEE no puede ser usado como “herramienta de castigo” o para medir el desempeño de los operadores, porque esto puede llevar al fracaso de la implementación.

(Silva, 2017) tuvo como objetivo detectar los diferentes daños o gastos por cada máquina, porque el costo de parada o desperfecto de las máquinas es demasiado costoso. Por ese motivo no cumplía con las fechas de entrega a los clientes. Para incrementar la eficiencia de la producción de las máquinas y reducir costos de mantenimiento siguieron los pasos propuestos de TPM en la Planta.

Aplicando esta filosofía descubrieron varios inconvenientes o fallas, como tiempos de máquina sin operar, desorden y falta de organización, falta de capacitación para operar las máquinas, etc. Los beneficios obtenidos utilizando TPM fueron los mejores, se redujeron los mantenimientos, paradas intempestivas y desperfectos de las máquinas.

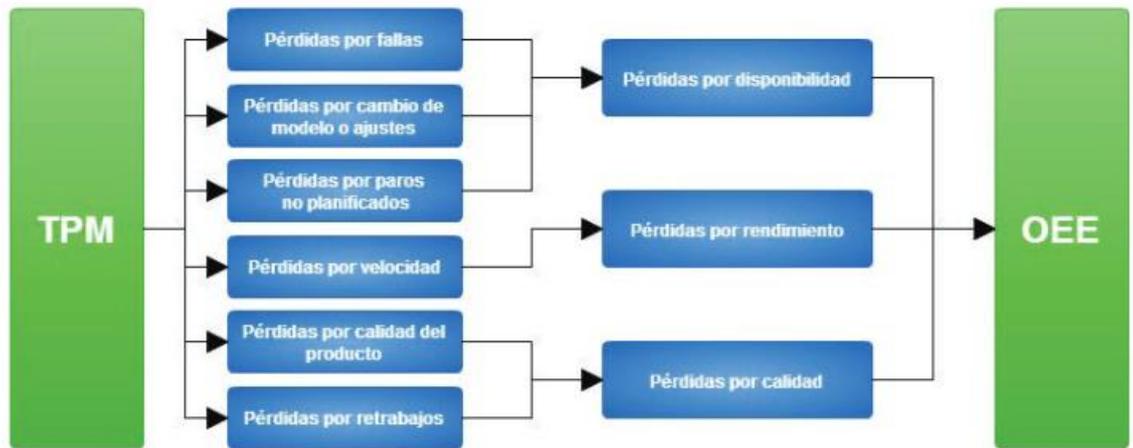
(Castro, 2016) la siguiente tesis presenta una propuesta de implementación de la Filosofía Lean Manufacturing, con la cual permitirá revisar o verificar el proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso.

Aplicando los siguientes métodos SMED, mantenimiento autónomo y OEE por máquina o equipo para llevar a cabo eficientemente la implementación de indicadores se debe asignar al personal que está dispuesto al cambio y que tenga deseos de progresar en su aprendizaje diario. El OEE en la línea PET era de 62.1 % antes de la implementación. Con la metodología el OEE cambió a 63.1%. Es importante dar seguimiento continuo para revisar y analizar futuras paradas o cuellos de botella en el proceso o máquinas.

(Lares, 2015) la empresa, en busca de mejorar su competitividad en el mercado, está buscando cómo ser más eficiente en sus procesos y así poder competir en un mercado globalizado. Se enfocaron en cuatro fases previamente definidas: reconocimiento de las instalaciones y procesos, análisis de los procesos, detección de oportunidades de mejora para incrementar el OEE y priorizar acciones para la mejora de este.

Antes del proceso, el OEE era de 65%, con la nueva mejora en el proceso el OEE fue de 85%. Para mejorar el OEE se detectaron diecisiete oportunidades de mejora entre máquinas y personal operativo. En la figura 2.1 se observa la relación TPM y el OEE, donde la meta principal es eliminar y/o reducir las grandes pérdidas de tiempo. Son seis pérdidas más comunes que muestra en la figura, las mismas que hace perder la eficiencia en la máquina. Cada pérdida se relaciona con la categoría del OEE.

Figura 2.1 Relación TPM - OEE



Fuente: Autor, 2019

# CAPÍTULO 3

## 3. DESARROLLO DEL PROCESO

Este capítulo tiene como objetivo describir las características principales de la empresa de plásticos y cómo está conformado su proceso de producción. Además, saber qué tipos de máquinas utiliza para la fabricación de los productos. También se menciona las características particulares de cada producto. Para finalizar se explica la problemática del proyecto con su respectiva recopilación de información.

### 3.1 Generalidades de la empresa

La empresa inicia sus actividades con la producción de artículos plásticos para el hogar en el año 1961, reside en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, con dos máquinas inyectoras y seis obreros, siendo una cubeta de hielo el primer artículo producido y comercializado por la empresa. Entre los años 1963 y 1964 inicia la producción de calzado con botas de PVC.

Durante la década del 70 se produjo el mayor crecimiento y desarrollo de la compañía, en donde la empresa incursiona también en la línea de calzado de lona y juguetería. Hoy en día es una de las industrias de plásticos más importantes de la región Andina, generando empleo a más de 1.000 colaboradores y es reconocida como la empresa líder en el sector plásticos del Ecuador.

#### 3.1.1 Industria de plástico

Todas las empresas industriales plásticas tienen varias líneas de proceso, las mismas tienen como objetivo la elaboración de una diversidad de productos requeridos por el cliente o mercado, estos productos deben ser elaborados dentro de los estándares de calidad y en el tiempo que se requieran, por ese motivo, es importante un adecuado plan y efectivo funcionamiento de las máquinas que son utilizadas para la elaboración de los productos plásticos.



- Maquinarias y Operarios: las máquinas y operarios deberán estar asignados a un centro de trabajo. Todas las máquinas y operarios tienen asignados un tiempo de ciclo para la fabricación de un producto.
- Centros de trabajo: zona específica conformada por máquinas y operarios, donde se ejecutan distintos procesos de producción para la creación de un producto terminado, ejemplo: inyectado de materia prima, ensamble de subproductos y empaque.
- Rutas: cada artículo tiene definida una ruta. Existe ruta primaria y secundaria. En la ruta se define el costo y tiempo de máquina y mano de obra. La ruta secundaria se utiliza para manufactura externa o alguna modificación de costo o tiempo.
- Órdenes de producción: en la orden de producción se digita el artículo a producir con su respectiva ruta y proceso a utilizar. Además, se debe incluir la cantidad de unidades a fabricar, piso de producción donde se va a dar el alta de las unidades elaboradas y fecha de finalización de OP. La orden de producción tiene diferentes estados:
  - Crear o Listar: es cuando se va a crear la orden de producción.
  - Lanzada: es cuando esta liberada para realizar las respectivas acciones y comenzar con la fabricación del artículo.
  - Parcialmente recibida: es cuando se han realizado consumos parciales para la elaboración del producto final, pero no en la totalidad de la orden de producción.
  - Completa: es cuando la orden de producción ha consumido todo para la elaboración del producto final.
  - Cancelada: es cuando se anula la orden de producción que está creada o lanzada siempre y cuando no tenga ningún movimiento sobre la misma.

### 3.1.3 Máquina de la Planta

La Planta para cumplir con las operaciones de fabricación de artículos cuenta con muchas máquinas porque tiene variedades de productos para fabricar.

A continuación, se mencionará algunas máquinas que se utilizan para la producción de los diferentes artículos. En la tabla 3.1 se detalla nombre, tonelaje, tipo y procedencia de la máquina.

**Tabla 3.1 Características de las máquinas**

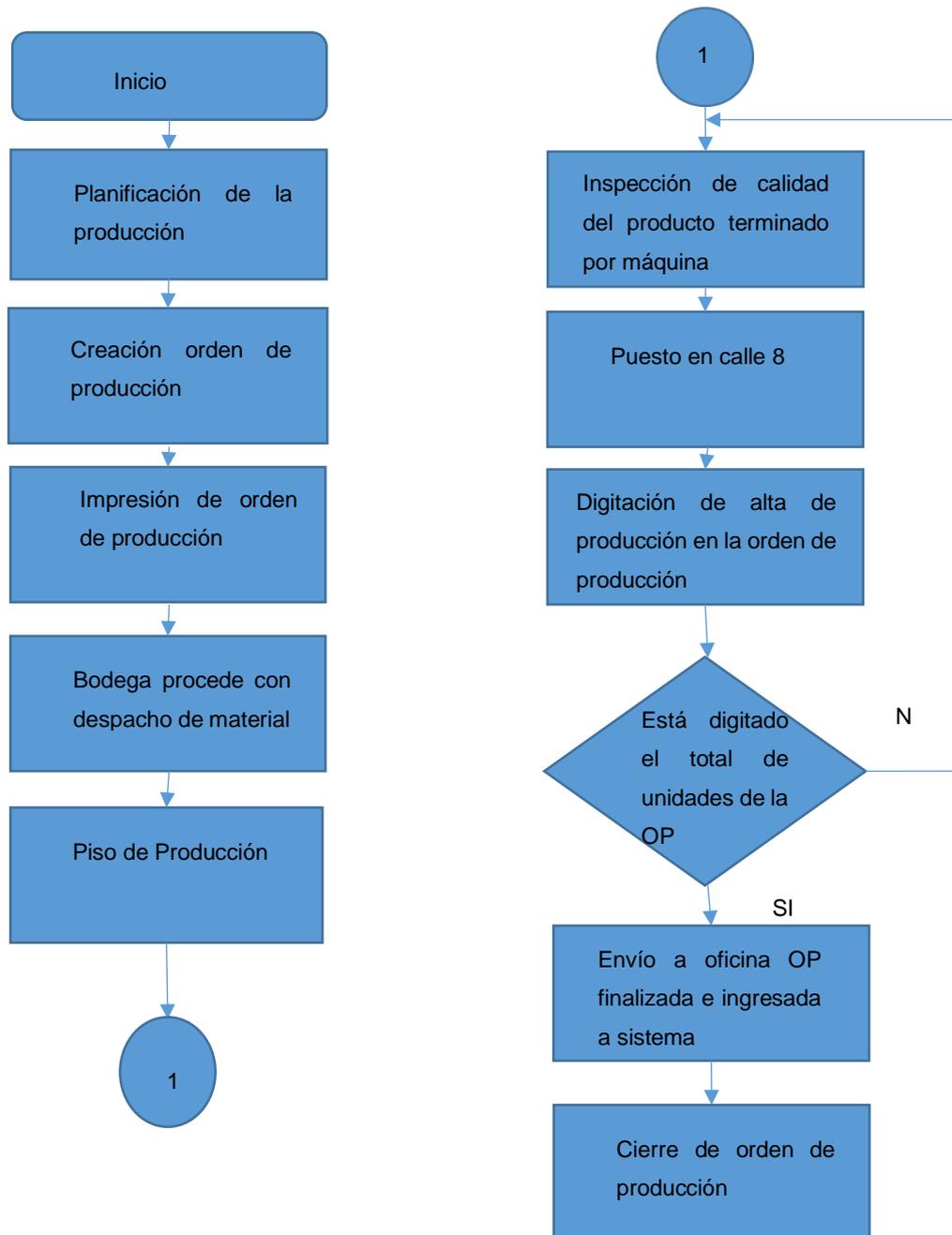
Máquina	Tonelaje	Tipo	Procedencia
MIR 1600	1600	Inyectora	Italiana
850 MILACRON	850	Inyectora	EEUU
FULTECH 480V	480	Inyectora	China
HTMA12000/8400	1200	Inyectora	China
HT-800-B	800	Inyectora	China
HAITIAN 9000/6800	900	Inyectora	China
MAICO-900	900	Inyectora	Italiana
JM468	468	Inyectora	China
HT600- A	600	Inyectora	China
INY.HT MA700	700	Inyectora	China

Fuente: Autor, 2019

### 3.1.4 Diagrama de flujo del proceso de producción

Se procedió a realizar el diagrama de flujo del proceso de producción, el cual se muestra en la figura 3.2.

**Figura 3.2 Diagrama de flujo del proceso de producción**



Fuente: Autor, 2019

El proceso de producción inicia en el área de planificación con la entrega del plan de producción, la misma es recibida por el área de producción, con ese plan empieza la creación de la ordenes de producción (OP). La creación de las OP es realizada por el digitador ubicado en el área antes mencionada. Luego se imprime las OP para ser entregadas a las bodegas de la Planta.

El bodeguero recibe las impresiones físicamente de cada OP y procede a ingresar al sistema informático, luego efectúa el respectivo despacho de la

materia prima o componentes a utilizar en la máquina asignada para la operación.

Continuando el proceso, la persona encargada de la máquina recibe el material que va a ser utilizado para la elaboración del producto terminado o subproducto. El material es ubicado al costado de cada máquina. El supervisor se encarga de hacerle llegar al operador de la máquina la OP con los detalles del artículo y unidades a producir.

Luego, el operador es el encargado de reportar cualquier novedad durante el proceso. Existen varias personas que van registrando en un formato de papel las diferentes novedades o paros de máquinas, tiempo, unidades buenas y malas durante la corrida de producción. El operador al terminar de producir el producto procede a llamar al supervisor.

El supervisor llama al inspector de calidad para la respectiva inspección, él es el encargado de revisar la producción en cada máquina, con la autorización del inspector de calidad se procede a ubicar el producto terminado en la zona franca (calle ocho). El supervisor llena en un formato de papel el número de la OP y unidades buenas.

En la calle ocho está un digitador, quien es el encargado de recibir la respectiva documentación emitida por el supervisor de Planta. El digitador procede a registrar en el sistema informático el alta de producción, alta que da existencia en las bodegas de Planta. Existe casos de OP con muchas unidades a producir y por este motivo se pueden realizar altas parciales de producción.

Luego de terminar de producir las unidades solicitadas en la OP, se procede a enviar la documentación firmada a la oficina de producción. El coordinador de producción verifica con la documentación recibida que esté registrado en el sistema informático. El mismo coordinador procede con el cierre de la orden de producción.

### 3.1.5 Productos elaborados en la Planta

Cada producto fabricado en Planta tiene la consigna de mantener la calidad, la misma que ha sido el pilar fundamental para sobresalir a la competencia y mantenerse en el mercado de plástico. El portafolio de productos de la empresa es demasiado extenso.

Por ese motivo, cada artículo está relacionado dentro de una clasificación o unidad de negocio. Cada clasificación está agrupada para ser trabajada en un grupo de máquinas. A continuación, se mencionará la relación de grupo de máquinas vs grupo de artículos:

- Grupo de máquina 500-468 toneladas, se producen 22 artículos diferentes. Teniendo al grupo de cajoneras con el mayor porcentaje de producción (figura 3.3).

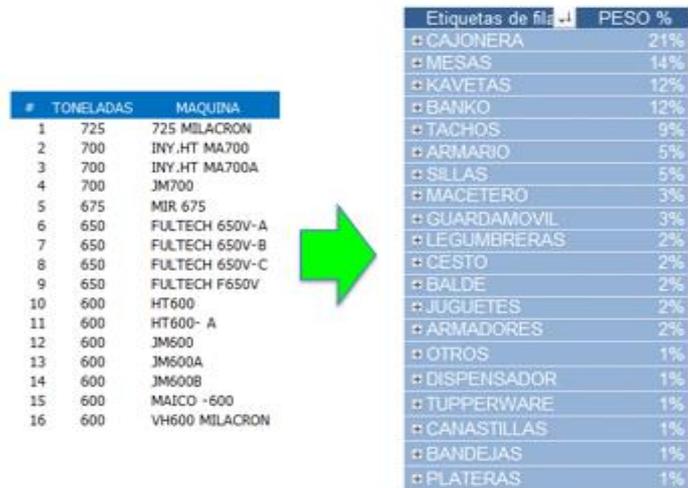
**Figura 3.3 Grupo 500-468 vs Grupo de artículos**



Fuente: Autor, 2019

- Grupo de máquina 725-600 toneladas, se producen 20 artículos diferentes. Teniendo al grupo de cajoneras con el mayor porcentaje de producción (figura 3.4).

**Figura 3.4 Grupo 725-600 vs Grupo de artículos**



Fuente: Autor, 2019

- Grupo de máquina 850-780 toneladas, se producen 9 artículos diferentes. Teniendo al grupo de sillas con el mayor porcentaje de producción (figura 3.5).

**Figura 3.5 Grupo 850-780 vs Grupo de artículos**



Fuente: Autor, 2019

- Grupo de máquina 900 toneladas, se producen 15 artículos diferentes. Teniendo al grupo de cesto con el mayor porcentaje de producción (figura 3.6).

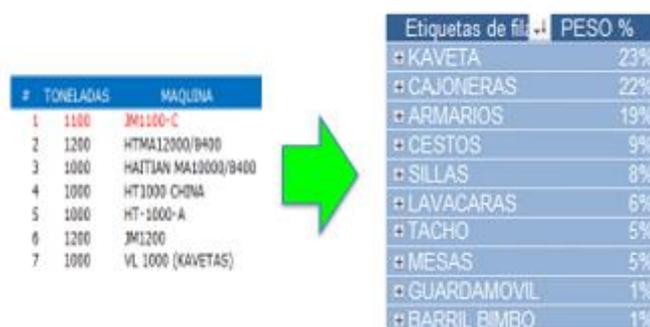
**Figura 3.6 Grupo 900 vs Grupo de artículos**



Fuente: Autor, 2019

- Grupo de máquina 1200 toneladas, se producen 10 artículos diferentes. Teniendo al grupo de kaveta y cajoneras con el mayor porcentaje de producción (figura 3.7).

**Figura 3.7 Grupo 1200 vs Grupo de artículos**



Fuente: Autor, 2019

- Grupo de máquina 1600 toneladas, se producen 6 artículos diferentes. Teniendo al grupo de sillas con el mayor porcentaje de producción (figura 3.8).

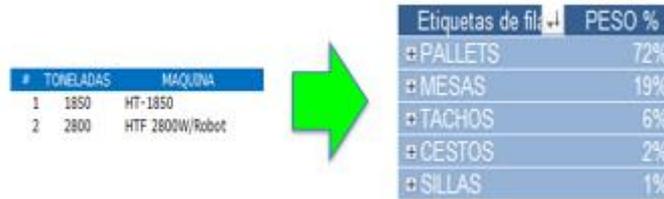
**Figura 3.8 Grupo 1600 vs Grupo de artículos**



Fuente: Autor, 2019

- Grupo de máquina 1850 y 2800 toneladas, se producen 5 artículos diferentes. Teniendo al grupo de pallets con el mayor porcentaje de producción (figura 3.9).

**Figura 3.9 Grupo 1850 y 2800 vs Grupo de artículos**



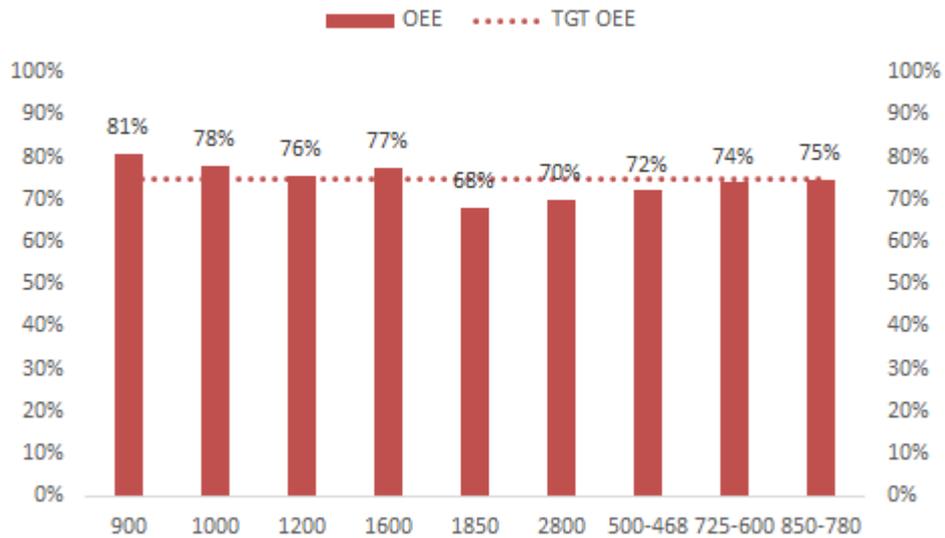
Fuente: Autor, 2019

### 3.2 Problemática

A continuación, se preparó un resumen de los resultados de eficiencia general del grupo de máquinas de alto consumo utilizando el período del 2018:

**Figura 3.10 OEE grupo de máquina alto consumo**

#### ANALISIS OEE POR GRUPO DE MAQUINA



Fuente: Autor, 2019

La figura 3.10 muestra los diferentes resultados o porcentajes del cálculo del OEE, toda la información está contenida en una hoja de Excel, con el objetivo de tener una visión más clara sobre qué grupo de máquina se podría mejorar.

La meta estándar de eficiencia para cada grupo de máquina es de 75%. Basado a la meta estimada se observa lo siguiente:

- Grupos que sobrepasan o es igual a la meta: 900, 1000, 1200, 1600 y 850-780.
- Grupos que están en el rango menor a la meta son: 1850, 2800, 500 - 468 y 752-600.

Al recopilar la información para obtener los datos del OEE se observó que no existe una buena comunicación entre el área de planificación y producción. El área de planificación recibe los pedidos del área comercial en un Excel, con esa información se procede a realizar la planificación que es realizada en otro archivo de Excel. El proceso crítico es:

- Diferentes versiones de Excel.
- Varios canales de comunicación.

Al momento de realizar la planificación no se está revisando o verificando los estados de las máquinas para programarlas en el día o semana. Incluso, hay ocasiones en que se utilizan máquinas que están en mantenimiento y son programadas. El proceso crítico es:

- Planificación no tiene reporte para revisar estado de las máquinas.
- Falta de inventario en componentes para subproducto o producto terminado.

Luego, planificación envía archivo de Excel con la programación diaria o semanal al área de producción. El archivo es recibido por el coordinador de órdenes de producción, el mismo que es revisado y confirmado para la ejecución del plan.

Bodeguero recibe las OP creadas de una manera informal, es decir entregan las OP en un fajo envuelto. A veces, el bodeguero no está en su escritorio y proceden a dejar los documentos encima del mismo sin informar. Otro problema es al momento de despachar el material cuando no existe saldo en inventario. Al suceder este caso, el bodeguero camina al área de planificación para informar el problema.

El proceso crítico es:

- Falta de formalidad en entrega de OP.

Al culminar proceso de emisión de OP, el bodeguero despacha el material para el uso en la máquina. Todos los materiales son llevados por personas llamados dentro del proceso como abastecedores. Ellos reciben el material físicamente y el control de entrega lo llevan en una hoja cualquiera. Se observó demasiados errores en el traslado del material a la máquina de destino. El proceso crítico es:

- Falta de control para abastecimiento de máquina.
- No se puede diferenciar entre operario y abastecedor.

El operador de la máquina recibe el material para comenzar el proceso de producción asignada. En este proceso se observó varios puntos a resaltar. El proceso crítico es:

- Máquina no estaba lista para trabajar.
- Falta de operador en la máquina programada.
- Regulador no disponible.
- Disponibilidad de molde.
- Cambio de molde no realizado.

Al culminar el proceso de producción de la OP, se procede a realizar los respectivos registros en el sistema informático. Antes del registro, el departamento de calidad realiza un muestreo para detectar productos malos dentro de la producción. El proceso crítico es:

- Personal de calidad no disponible para la revisión.
- No existe identificación de bultos revisados por calidad.

La Planta tiene varios puntos a mejorar para el proceso de producción y para mejorar la eficiencia de las máquinas con el indicador del OEE. La Planta consta de 54 máquinas para el grupo de alto consumo. Debido a la existencia de muchas máquinas en el grupo antes mencionado, se procederá a escoger un grupo que tenga OEE por debajo de la meta para realizar un plan piloto.

# CAPÍTULO 4

## 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para entender de manera más sencilla la propuesta de la metodología, se presentará a continuación las diferentes actividades a seguir.

Además, en este apartado se seleccionará la máquina piloto en la cual se va a implementar la Eficiencia Total del Equipo. Para esta selección se realizarán diferentes análisis de tiempo, calidad y rendimiento.

### 4.1 Seleccionar máquina piloto

Para la selección del plan piloto, se procederá a escoger de la clasificación de alto consumo el grupo que tenga menor eficiencia, para posteriormente escoger una o varias máquinas para la ejecución de las pruebas de mejora.

La información recopilada fue evaluada dando como resultado lo siguiente:

1. Alto consumo tiene nueve grupos, de las cuales existen cuatro grupos que están por debajo de la meta, ver tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Grupos de máquina con menor OEE**

Grupos	OEE	Meta
1850	68%	75%
2800	70%	75%
500-468	72%	75%
725-600	74%	75%

Fuente: Autor, 2019

2. Grupo 1850 tiene un OEE del 68%, por tener el menor porcentaje se procederá a escoger la máquina HT-1850. Ver tabla 4.2.

**Tabla 4.2 Grupo por máquina**

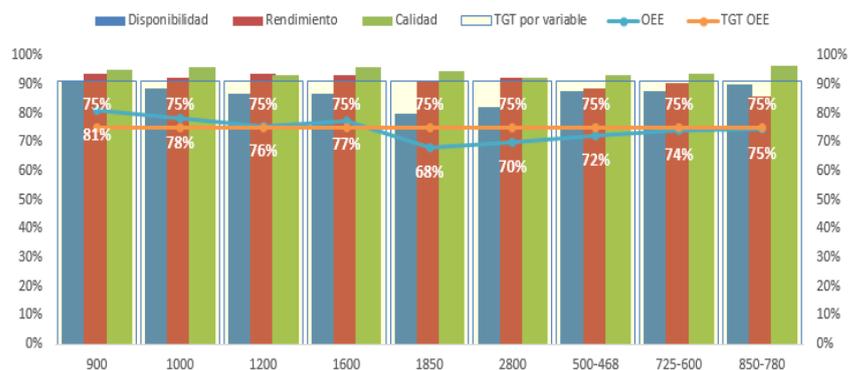
Grupo	Máquina
1850	HT-1850
2800	HTF 2800W/Robot
500-468	FULTECH 480V
	FULTECH 480V-A
	FULTECH 480V-B
	FULTECH 480V-C
	HAITIAN 470
	HT MA 4700-A
	HT MA 4700-B
	HT-470-E
	HT-470-F
	INY.HT MA4700-C
	INY.HT MA4700-D
	JM468
	JM468A
JM468B	
JM468C	

Fuente: Autor, 2019

- Una vez definida la máquina, se evaluará las tres variables utilizadas para el cálculo del OEE. La siguiente figura 4.1, permite observar el comportamiento de las variables.

**Figura 4.1 Análisis OEE por grupo de máquina**

ANALISIS OEE POR GRUPO DE MAQUINA VS ENFOQUE EN VARIABLE



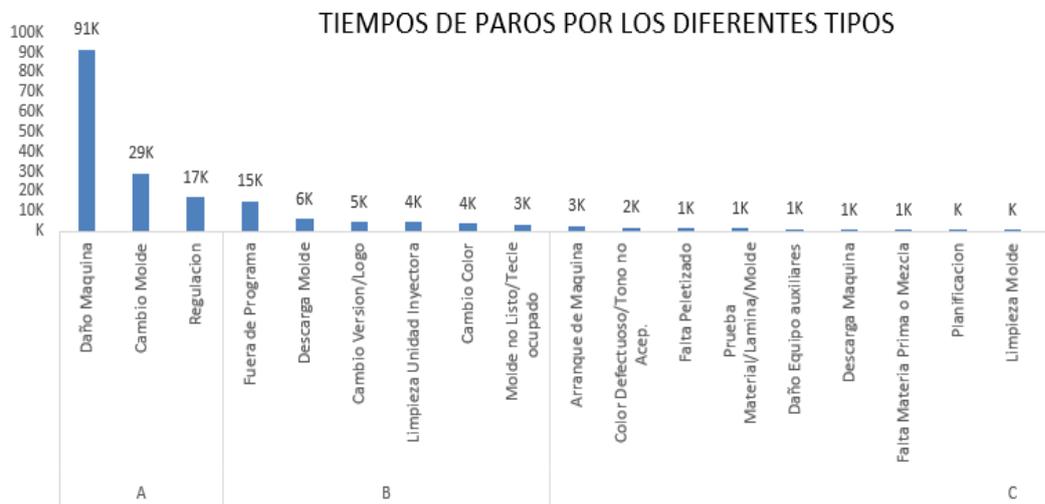
Fuente: Autor, 2019

Analizando la gráfica se puede observar dos de las variables que cumplen con la meta, dando el siguiente porcentaje: rendimiento 90% y calidad 95%. Pero la variable disponibilidad tiene un porcentaje del 80%. La meta

para las tres variables es del 90%. Se debe hacer énfasis en la búsqueda de los diferentes motivos que están afectando a la variable disponibilidad.

4. Con la información recopilada de la máquina HT-1850, se procedió a buscar los motivos de paros que están afectando a la variable disponibilidad. Se realizó un diagrama de Pareto para determinar dónde está concentrado el mayor tiempo de paro. Para visualizar los paros de máquinas se presentan los siguientes gráficos (ver figura 4.2):

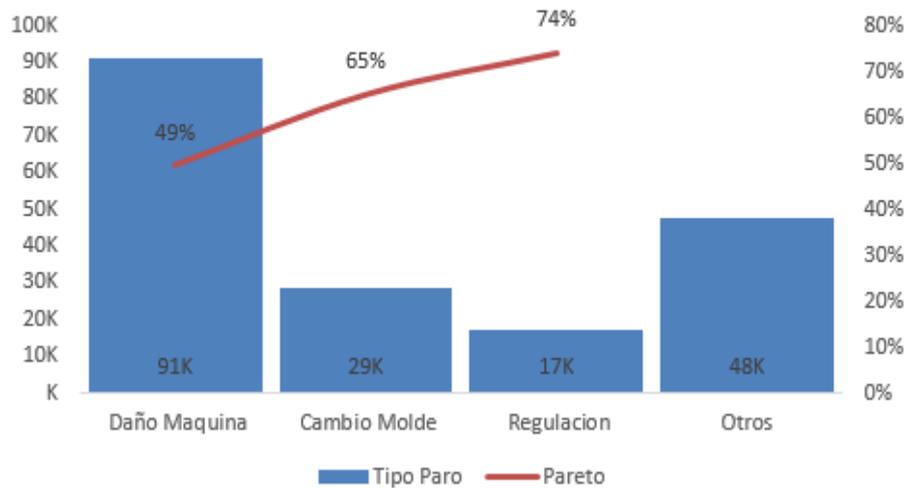
**Figura 4.2 Tiempos de paros por motivo**



Fuente: Autor, 2019

**Figura 4.3 Disponibilidad – Pareto máquina HT-1850**

**DISPONIBILIDAD - PARETO DE TIPOS DE PARO MAQ 1850**



Fuente: Autor, 2019

Según el diagrama de Pareto los paros más frecuentes son (ver figura 4.3):

- Daño de máquina.
- Cambio de molde.
- Regulación.

Con toda esta información, se procederá a realizar las acciones necesarias para mejorar la eficiencia de la máquina HT-1850.

#### 4.1.1 Causas de paros más frecuentes

Para saber las diferentes causas o motivos de los paros de máquina, cambio de molde y regulación, se procede a entrevistar al personal de las áreas implicadas. Donde se obtuvo la siguiente información (ver tabla 4.3).

**Tabla 4.3 Causas de paros más frecuentes**

<b>COORDINADOR DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN</b>	
1	Falta de mantenimiento en máquina
2	Cambio de repuesto a tiempo
3	No existe control de la vida útil de la máquina
4	Falta de capacitación al personal de mantenimiento
<b>JEFE DE MANTENIMIENTO DE MOLDES</b>	
5	Preparación de moldes ocupa tres horas
6	Falta de espacio para los moldes en taller mecánico
7	Falta de disponibilidad de tecles para traslado de moldes
8	Para el molde de gaveta se ocupa más tiempo en limpieza
9	Daño de resistencia en moldes
10	Daño de cilindro o sellos
11	Pernos rotos en base del cilindro
12	Pines rotos en moldes
13	Escape de gas en moldes
14	Molde pegado en máquina
15	Producto pegado en molde
16	Falta de herramienta
17	Falta de cáncamo
18	Falta de material para fabricar botadores
19	Sensores dañados en moldes
20	Moldes no disponibles para mantenimiento programado
21	Reconstrucción de moldes
22	Cambio de moldes por área de planificación
23	Demora de traslado de moldes a lugar externo para reparación
24	Moldes obsoletos ocupan espacio en taller
25	Falta de dotación para personal de moldes

26	Falta de lugar para guardar herramientas
<b>JEFE DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS</b>	
27	No abren o cierran prensa de la máquina
28	Falla al inyectar
29	No trabaja los CORES
30	Daño de resistencia en máquina
31	Fuga de aceite en válvulas, cañerías, mangueras y cilindros
32	Daños en seguros hidráulico, mecánico y eléctrico
33	Falla en válvula neumática
34	Pantalla de la máquina no prende
35	Robot no trabaja
36	No trabaja altura del molde
37	Daño de finales de carrera (microswitch)
38	Daño de potenciómetros lineales
39	Daño de tarjetas electrónicas
40	Daño de fuentes
41	Daño de sensores y relay
42	Daño de ventiladores
43	Falta de repuestos estratégicos
44	Falta de equipos de protección de seguridad
45	Falta de capacitación al personal
46	Desmotivación en personal
47	Daño en variador de frecuencia
48	Desgaste en tornillo
49	Falla en arranque de máquina
50	Cambio de programación por planificación
51	Máquina inhibida al prender
52	Falta de personal en turno de la noche
<b>JEFE DE REGULACIÓN</b>	
53	Falta de capacitación al personal de regulación y cambio de molde
54	Material defectuoso para la producción
55	Limpieza de molde mal realizada
56	Falla de máquina
57	Seleccionar personal con el conocimiento adecuado
58	Regulación del producto silla a gaveta toma una hora
59	Falta de eléctricos
60	Cambio de programación solicitada por planificación

Fuente: Autor, 2019

#### 4.1.2 Organización de las causas

Luego de identificar las diversas causas de paro, se realizará una depuración de estas para tener información organizada. Ver tabla 4.4.

**Tabla 4.4 Organización de las causas**

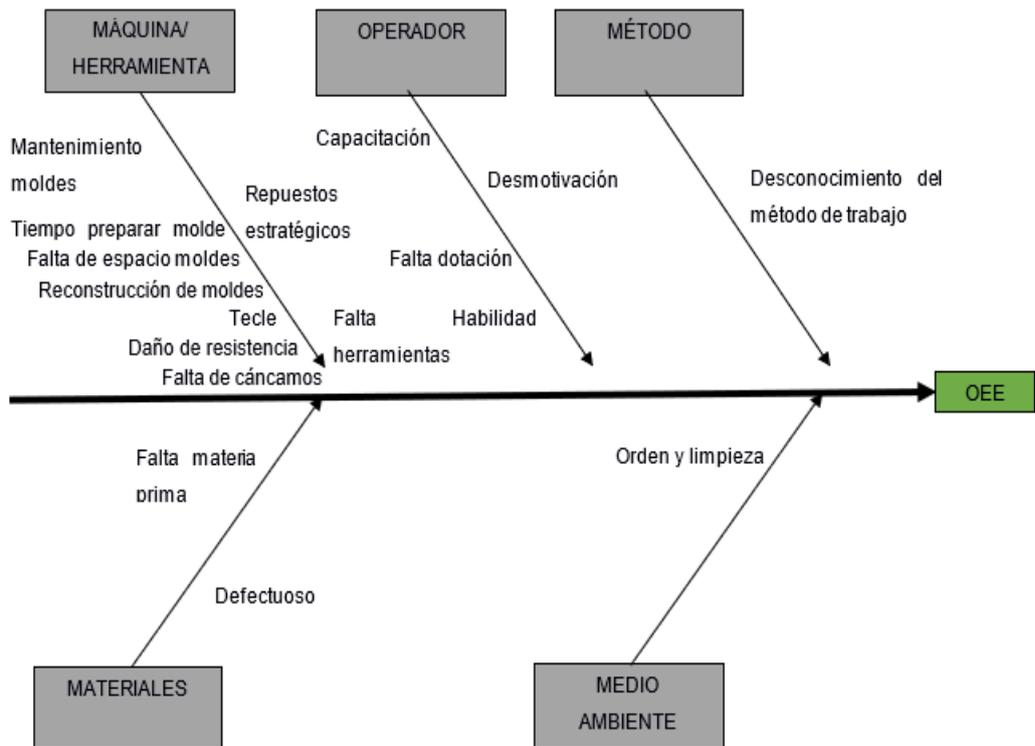
1	Falta de mantenimiento preventivo para moldes
2	Falta de capacitación para el personal mecánico
3	Falta de espacio para moldes
4	Tiempo para preparar un molde es de 3 horas
5	Falta de disponibilidad de tecele
6	Daño de resistencia
7	Falta de herramientas para arreglar moldes
8	Falta de cáncamos para moldes
9	Falta de materia prima para fabricar botadores
10	Reconstrucción de moldes dañados
11	Falta de mantenimiento preventivo para máquinas
12	Falla en robot de la máquina
13	Falta de repuestos estratégicos
14	Desmotivación del personal
15	Materia prima defectuosa
16	Cambio de molde para elaborar otro producto
17	Falta de dotación de equipos de protección
18	Falta de orden y limpieza en las áreas

Fuente: Autor, 2019

#### **4.1.3 Aplicación del diagrama de Ishikawa**

Para tener un mejor entendimiento de todas las causas ya depuradas, se procederá a agruparlas en varios grupos. Se utilizará el diagrama de Ishikawa, el mismo que constará de cinco grupos: máquina y herramienta, operador, método, materiales y medio ambiente. Todos los grupos tienen como primordial mejorar el proceso del OEE. (Ver figura 4.4)

**Figura 4.4 Diagrama de Ishikawa**



Fuente: Autor, 2019

#### 4.1.4 Matriz Causa y Efecto

Se procederá a utilizar la matriz causa y efecto para la evaluación de las potenciales causas. En la matriz se ubicarán las causas principales, las mismas estarán evaluadas en intervalos de 0 - 9, siendo 0 de menor criticidad y 9 de mayor criticidad. En el llenado de la matriz participó el siguiente personal:

- Técnico de moldes.
- Técnico de máquinas.
- Reguladores.
- Coordinadores de producción y planificación.

Se procedió a consolidar los valores puntuados de cada persona, quedando de resultado la siguiente tabla 4.5.

**Tabla 4.5 Matriz Causa y Efecto**

<b>MATRIZ CAUSA Y EFECTO</b>						
<b>Para mejorar Eficiencia de OEE</b>						
<b>La persona encuestada tiene la opción de dar su respectiva puntuación a cada causa mencionada. Solo puede utilizar la escala indicada</b>						
	<b>CAUSAS</b>	0	1	3	6	9
1	Falta de espacio para moldes			1		4
2	Falta de repuestos estratégico		1			4
3	Daño de resistencia			1		4
4	Cambio de molde para elaborar otro producto				1	4
5	Falta de mantenimiento preventivo para moldes			1	1	3
6	Falta de capacitación para el personal mecánico		1	1	1	2
7	Falta de disponibilidad de tecla		1		2	2
8	Falta de materia prima para fabricar botadores		1	1	1	2
9	Falta de orden y limpieza en las áreas	1	1	1		2
10	Tiempo para preparar un molde es de 3 horas				3	1
11	Falta de mantenimiento preventivo para máquinas		1	3		1
12	Falta de herramientas para arreglar moldes		1		3	
13	Falla en robot de la máquina			2	3	
14	Falta de cáncamos para moldes		1	3	1	
15	Reconstrucción de moldes dañados			5		
16	Desmotivación del personal			2	3	
17	Materia prima defectuosa	1	1	3		
18	Falta de dotación de equipos de protección			2	3	

Fuente: Autor, 2019

#### **4.1.5 Causas significativas**

Luego de la encuesta realizada a las diferentes áreas, se procedió a recopilar la información para ser tabulada en la misma matriz. La causa con intervalo 9 es la de mayor prioridad, dando como resultado cuatro principales causas. En la siguiente tabla 4.6 se mencionan las causas seleccionadas:

**Tabla 4.6 Causas significativas**

1	Falta de espacio para moldes	4
2	Falta de repuestos estratégicos	4
3	Daño de resistencia	4
4	Cambio de molde para elaborar otro producto	4

Fuente: Autor, 2019

## 4.1.6 Verificación de causas seleccionadas afecta al OEE

### 4.1.6.1 Falta de espacio para moldes

#### Por observación

No existe un área definida para el respectivo mantenimiento del molde. Actualmente existe un área provisional. A continuación, se detalla otras observaciones en el área:

- Sitio ocupado por otros materiales, ejemplo: pallets, tachos, etc.
- Lugar no tiene asignado límites para mantenimiento.
- El producto elaborado por la máquina está acumulado en el sitio.
- Encargado de retirar producto va tres veces al día.

#### Analítica

Para realizar el cálculo se necesitó obtener la siguiente información:

- Cantidad de moldes para la máquina.
- Tiempo de mantenimiento por molde.
- Gasto operacional.
- Minutos totales por mes operativo.

Con esta información podemos verificar la cantidad de minutos perdidos para un mantenimiento de molde con los respectivos dólares. Ver figuras 4.5 y 4.6.

**Figura 4.5 Gasto operacional por mes**

GASTO OPERACIONAL MES	\$ 8,500	MINUTOS MES	900
#MOLDES	TIEMPO POR MOLDE HORA	HORA	TOTAL MINUTOS
2	3	6	360

Fuente: Autor, 2019

**Figura 4.6 Costo dólar por minuto**

COSTO DÓLAR POR MINUTO	\$ 9.44
MINUTO PERDIDO	\$ PERDIDO
540	\$ 5,100.00

Fuente: Autor, 2019

#### 4.1.6.2 Falta de repuestos estratégicos

##### Por observación

Se evidenció los problemas que se generan en el momento que hace falta uno o varios repuestos para el arreglo de máquina. Se procedió a realizar una tabla donde está el código del repuesto, descripción, cantidad, precio unitario, fecha de pedido, fecha de llegada, tiempo real en llegar, tiempo prometido por proveedor.

Con la información obtenida se procedió a verificar cuantos días se demora en llegar a bodega. Obteniendo los días reales de llegada se comparó contra los días prometidos por parte del proveedor, dando como resultado altos días de diferencia. Es por esta razón que los repuestos no están cuando se los necesita para la reparación o daño de la máquina. El detalle se puede observar en tabla 4.7.

**Tabla 4.7 Tiempos de llegada**

Descripción	Fecha Pedido	Fecha Final	Tiempo llegada en Días	Tiempo promesa en Días
INNER HEXAGON BOLT M36x140-12.9-201045	2019/02/17	2019/05/25	97	35
INNER HEXAGON BOLT M30x90-12.9-201062	2019/02/17	2019/05/25	97	35
END CAP HTF2500E-01-02-01A-501037XA	2019/02/17	2019/05/25	97	35
END CAP HTF2000W1-01E-02- 501180	2019/02/17	2019/05/25	97	35
NOZZLE HTF2500E-01-01-01ZS-502004ZS	2019/02/17	2019/05/25	97	35
SCREW TIP ?170 T-01-03-20C-506042XA	2019/02/17	2019/05/25	97	35
COLLAR SEAT HTF2100WC-01- 04-185-508053SK	2019/02/17	2019/05/25	97	35
INNER HEXAGON PLUG SCREW R1-571108	2019/02/17	2019/05/25	97	35
INNER HEXAGON PLUG SCREW R3-571109	2019/02/17	2019/05/25	97	35
MIXING RING HTF2000W1-01E-10(168.8)-L507A311	2019/02/17	2019/05/25	97	35
SCREW COLLAR HTF2400WB- 01-05-185(LY)-L509A064	2019/02/17	2019/05/25	97	35

VALVULAS SAFETY - 150 PSI	2019/02/27	2019/06/02	95	35
BOMBA QT4N-31.5F-SV	2019/04/08	2019/07/11	94	35
BOMBA QT6N-100E	2019/04/08	2019/07/11	94	35
BOMBA QT8N-200F	2019/04/08	2019/07/11	94	35
VENTILADOR 39308564	2019/03/31	2019/07/01	92	35
BARREL JU2400 B-01-06-500A242	2019/03/31	2019/07/01	92	35
SCREW HTF2400WB-01-07PX-LY-L503C190	2019/03/31	2019/07/01	92	35
BOMBA HIDR.QT62-125FS	2018/11/15	2019/02/09	86	35
MOULD CLAMPING PISTON 02-01-04B	2018/08/08	2018/10/25	78	35
CLAMP BORAD 02- 01-11	2018/08/08	2018/10/25	78	35
INNER HEXAGON BOLT M20x60-10.9	2018/08/08	2018/10/25	78	35
GUIDE BAND GP7506400- C480	2018/08/08	2018/10/25	78	35
GUIDE BAND GP7506400-Z80	2018/08/08	2018/10/25	78	35
TRING (TERUIBAOSG)PT0806400-T46N	2018/08/08	2018/10/25	78	35
CUT RING BU4302700- PT00	2018/08/08	2018/10/25	78	35
ORING (PARKER)272X5.33	2018/08/08	2018/10/25	78	35
TIE BAR 02-63BHA	2018/08/09	2018/10/25	77	35
ACOPLE DE AGUA	2019/01/17	2019/03/23	65	35
VALVULA SEGURIDAD SAFETY 1/4" 60PSI	2019/06/20	2019/08/24	65	35
TRANSDUCER (MTS) SPESIAL D-0100MA	2018/07/18	2018/09/20	64	35
GUIA DE CABLE DE ACERO	2018/11/15	2019/01/10	56	35
ENCODER # 86579	2018/09/27	2018/11/17	51	35
VALV.PROPORCIONAL SPV-15 220V.	2018/06/12	2018/07/30	48	35
SENSOR INDUCTIVO PNP1NO	2018/08/17	2018/09/24	38	20
INVERSOR DE FRECUENCIA - INVERTER	2018/03/21	2018/04/18	28	20
BOTONERA D'MANDO DST7SP221	2019/06/22	2019/07/17	25	20
FILTRO ELECTR. DL-200 -032015	2019/08/19	2019/09/13	25	20
FILTRO ELECTRONICO DL-150	2019/08/19	2019/09/13	25	20
BOMBA HIDRAULICA V20	2018/03/13	2018/04/07	25	20
BOMBA HIDR.QT62-80-E	2018/11/21	2018/12/16	25	20
RELAY, AUTO CONTROL STD 39403290	2019/01/09	2019/02/03	25	20
SERVO MOTOR	2018/10/12	2018/11/06	25	20
DRIVER MMR7-0901	2019/08/16	2019/09/10	25	20
PANTALLA CRISTAL LIQ.LM65261XUFC	2018/06/25	2018/07/20	25	20
CARGADOR AUTOMATICO DE MATERIAL	2019/08/21	2019/09/15	25	20
ENCODER 73030805	2018/09/10	2018/10/05	25	20
UPS POWERWARE 9120	2018/07/18	2018/08/12	25	20
UPS SUA 1000 ICH 60HZ	2018/07/18	2018/08/12	25	20
AUTO LOADER 1 HP 220V 60HZ 30PH	2018/10/18	2018/11/12	25	20

Fuente: Autor, 2019

### 4.1.6.3 Daño de resistencia por mala manipulación

#### Por observación

Para este tema se procede a escoger como muestra todo el año 2018, con esta información se conocerá cuántos cambios de molde se realizaron y cuántos daños fueron por causa de resistencia. Se puede evidenciar que al año existieron 45 cambios de moldes por daño de resistencia. Provocando una serie de retrabajo en diferentes áreas técnicas e incumpliendo con la programación planificada, afectando considerablemente la eficiencia de la máquina. En la siguiente tabla 4.8 se presenta el detalle consolidado.

**Tabla 4.8 Cambio de molde**

CAMBIO DE MOLDE AÑO 2018		
Máquina 1850		
Mes	Cuenta Cambio de Molde	Cuenta Daño de resistencia
1	16	5
2	12	6
3	15	5
4	10	3
5	16	8
6	10	3
7	2	0
8	8	3
9	1	0
10	15	8
11	3	2
12	7	2
TOTAL	115	45

Fuente: Autor, 2019

### 4.1.6.4 Cambio de moldes para elaborar otro producto

#### Por observación

- Tabla de tiempo por cambio de cada color.

Para esta observación se necesitó estar tres días en el proceso de elaboración de producto. A continuación, la información recopilada se detalla en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9 Tiempos por cambio de color**

TIEMPOS PARA CAMBIO DE COLOR EN MINUTOS									
	GRIS	BEIGE	CAFÉ	NEGRO	AZUL	BLANCO	VINO	VERDE	ROJO
GRIS		60	45	45	60	110	70	70	70
BEIGE	45		45	45	60	60	60	60	60
CAFÉ	180	180		45	160	180	160	180	160
NEGRO	180	180	160		20	180	130	180	120
AZUL	120	120	60	45		130	120	120	120
BLANCO	60	45	60	45	60		60	60	60
VINO	160	160	45	45	70	160		140	120
VERDE	120	120	60	45	60	140	120		120
ROJO	120	120	60	45	45	130	130	110	

Fuente: Autor, 2019

- Tabla de números de cambios de color.

Para esta observación se recopiló información de doce meses. La información fue proporcionada por el área de moldes. Los cambios de color no estaban dentro de la planificación inicial. Este tipo de cambio es solicitado de manera forzosa o fuera de tiempo por parte del planificador de la producción. Haciendo parar la máquina que está en proceso. Provocando que la eficiencia de la máquina baje.

También influye en pagar horas extras al personal de la parte operativa y de mantenimiento. A continuación, se detalla los resultados en la siguiente tabla 4.10.

**Tabla 4.10 Cambio de molde año 2018**

CAMBIO DE MOLDE AÑO 2018				
Máquina 1850				
Mes	Cuenta de Cambio Color		Mes	Cuenta de Cambio Color
1	12		7	2
2	8		8	5
3	1		9	1
4	2		10	8
5	6		11	2
6	6		12	2

Fuente: Autor, 2019

#### **4.1.6.5 Causas raíz aplicando técnica 5 WHY'S (5 por qué)**

La técnica del 5 porque es una herramienta sencilla, fácil y eficaz para encontrar las causas raíz de un problema. La técnica está basada en preguntas consecutivas, las mismas que están enfocadas en descubrir las causas raíces de un problema y de esa manera saber dónde aplicar la solución a este.

Se inicia con el análisis de las causas:

#### **Falta de espacios para moldes**

1. ¿Por qué? No existe un área definida para mantenimiento de los moldes.
2. ¿Por qué? El diseño inicial estaba considerado solo para máquinas y ubicación de la producción.
3. ¿Por qué? No contemplaron área para moldes.
4. ¿Por qué? Falta de visibilidad de proyección de crecimiento a largo plazo para establecer el área requerida para plan de mantenimiento preventivo.

**Acción de mejora:** En Planta se procederá hacer una reorganización o adecuación para asignar espacio para el mantenimiento.

### **Falta de repuestos estratégicos**

1. ¿Por qué? Falta de repuestos claves en inventario.
2. ¿Por qué? Repuestos no están clasificados.
3. ¿Por qué? Las personas están acostumbradas a trabajar sobre mantenimientos correctivos.

**Acción de mejora:** Organizar y clasificar inventario de repuesto basado a su nivel de importancia.

### **Daño de resistencia**

1. ¿Por qué? Falta de mantenimiento posterior al desmontaje del molde.
2. ¿Por qué? Personal ocupado en mantenimiento y preparación en otro molde para montaje.
3. ¿Por qué? Falta de tiempo para hacer cumplir los mantenimientos programados.
4. ¿Por qué? Existen muchos cambios imprevistos de moldes.

**Acción de mejora:** Minimizar imprevistos de cambio de moldes según lo planificado dentro de un período. Elaborar flujograma para limpieza de molde.

### **Altos tiempos de cambio de molde**

1. ¿Por qué? Moldes no preparados.
2. ¿Por qué? Moldes están en cola para preparación y mantenimiento.
3. ¿Por qué? Existe alta frecuencia de planificación de productos repetidos en el mes.
4. ¿Por qué? Horizonte de la programación es diaria y no existe análisis a mediano plazo.

**Acción de mejora:** Minimizar cambios en la programación realizada por planificación en un período. Realizar cronograma de mantenimiento de moldes basado a la programación.

## 4.2 Planteamiento de soluciones

### 4.2.1 Causas raíz vs Solución

En este apartado se procede a vincular las causas raíz con las diferentes soluciones.

En la tabla 4.11, se obtiene como resultado lo siguiente:

- Causa 1: Solución A
- Causa 2: Solución B
- Causa 3: Solución C, D y F
- Causa 4: Solución E y F

**Tabla 4.11 Causas raíz vs Solución**

CAUSAS SIGNIFICATIVAS		SOLUCIÓN	
1	Falta de visibilidad de proyección de crecimiento a largo plazo para establecer el área requerida para plan de mantenimiento preventivo.	A	En Planta se procederá hacer una reorganización o adecuación para asignar espacio para el mantenimiento.
2	Las personas están acostumbradas a trabajar sobre mantenimientos correctivos.	B	Organizar, clasificar y preparar inventario de repuesto basado a su nivel de importancia
3	Existen muchos cambios imprevistos de moldes	C	Minimizar imprevistos de cambio de moldes según lo planificado dentro de un período.
4	Horizonte de la programación es diaria y no existe análisis a mediano plazo.	D	Elaborar flujograma para limpieza de molde.
		E	Minimizar cambios en la programación realizada por planificación en un período.
		F	Realizar cronograma de mantenimiento de moldes basada a la programación.

Fuente: Autor, 2019

#### 4.2.2 Cuadro económico para soluciones

Para implementar soluciones se debe invertir tiempo y dinero. A veces, es complicado convencer a los jefes superiores sobre la necesidad de presupuestar dinero adicional para realizar mejoras. Por eso, se tiene que preparar un informe conciso, indicando el retorno de ganancia.

En este caso se muestra en la tabla 4.12 las soluciones donde se necesita invertir dinero. A pesar de que hay inversión involucrada en las mejoras, estas no son altas y todas son factibles de implementar.

**Tabla 4.12 Inversión vs No inversión**

SOLUCION		INVERSIÓN	NO INVERSIÓN
A	En planta se procederá hacer una reorganización o adecuación para asignar espacio para el mantenimiento.	X	
B	Organizar y clasificar inventario de repuesto basado a su nivel de importancia	X	
C	Minimizar imprevistos de cambio de moldes según lo planificado dentro de un periodo.		X
D	Elaborar flujograma para limpieza de molde.		X
E	Minimizar cambios en la programación realizada por planificación en un periodo.		X
F	Realizar cronograma de mantenimiento de moldes basada a la programación.		X

Fuente: Autor, 2019

### 4.2.3 Matriz de esfuerzo vs impacto

Haciendo el uso de la siguiente matriz se definirá cuál de las causas seleccionadas tendrá menor esfuerzo y mayor impacto. Ver tabla 4.13.

**Tabla 4.13 Matriz de esfuerzo vs impacto**

NIVEL DE ESFUERZO	ALTO	E	A B
	BAJO		C D F
		BAJO	ALTO
		IMPACTO ESPERADO	

Fuente: Autor, 2019

A continuación, se detalla los resultados de la matriz de esfuerzo vs impacto:

- 1.- Esfuerzo alto e Impacto bajo: E.
- 2.- Esfuerzo alto e Impacto alto: A y B.
- 3.- Esfuerzo bajo e Impacto alto: C, D y F

# CAPÍTULO 5

## 5. IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES

Las soluciones para cada caso encontrado proponen medidas de mejora que permitirán aumentar la disponibilidad de la máquina. Se establecerá una o varias actividades en las áreas involucradas para la mejora continua.

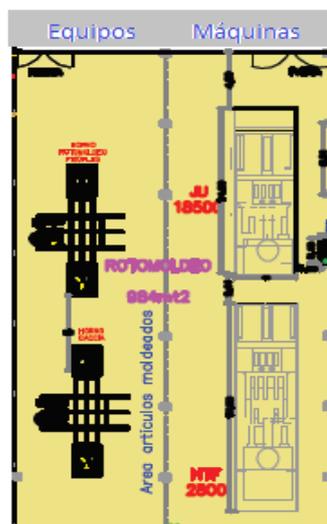
### 5.1 Reorganización del área de mantenimiento para moldes

Para esta solución se aplicará la metodología de las 5'S en el área de Rotomoldeo, entre las actividades que se realizarán para cumplir con la solución del problema detectado se tiene: limitar espacio entre áreas, organización, limpieza y la creación de un instructivo para futuras capacitaciones.

#### 5.1.1 Limitar área para mantenimiento de moldes

El área de Rotomoldeo consta de dos equipos para realizar trabajos de moldeo y dos máquinas de alto consumo HT1850 y HT2800 para la producción de varios productos. La misma área es utilizada para almacenar productos fabricados por cada máquina. Ver figura 5.1.

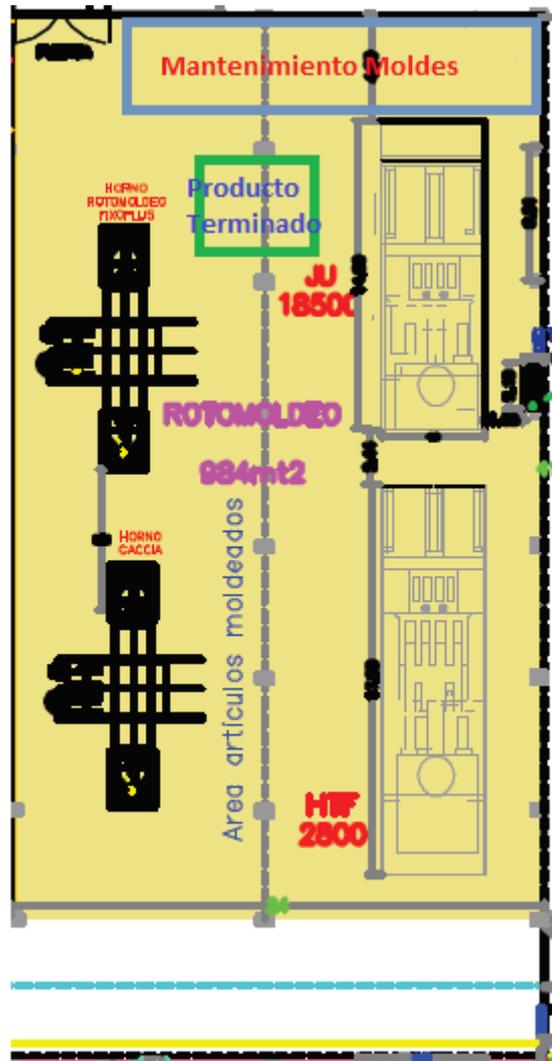
Figura 5.1 Esquema actual de Rotomoldeo máquina 1850 y 2800



Fuente: Empresa, 2019



Figura 5.3 Área limitada para Moldes y Producto Terminado



Fuente: Autor, 2019

### 5.1.2 Limpieza de la nueva área de mantenimiento

La nueva área establecida para el mantenimiento de moldes antes estaba ocupada por moldes obsoletos, herramientas en mal estado, repuestos dañados de máquinas, repuestos con fallas de moldes, cartones, fundas y producto terminado en buen estado (Ver anexo B).

En conjunto con los jefes de mantenimiento y molde y de seguridad industrial, se procedió a definir un día exclusivo para realizar la limpieza del área. Para esto, fue necesario el apoyo del personal de Planta y el uso de un montacargas para evacuar todos los desperdicios y transportarlos a la bodega de reciclaje (Ver anexo B).

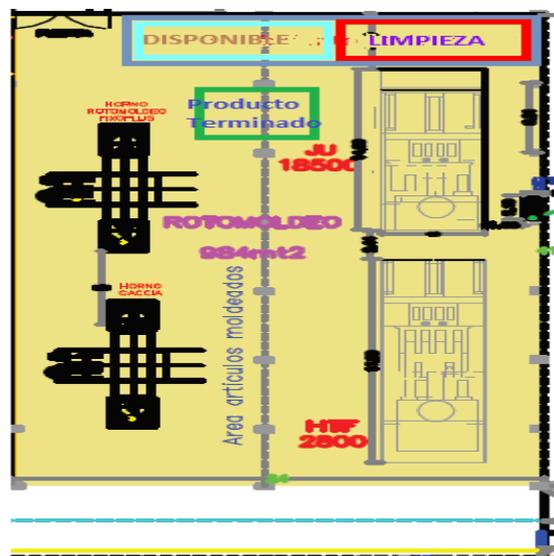
### 5.1.3 Organización de la nueva área de mantenimiento

Se procedió también a limitar la nueva área de mantenimiento de moldes de la siguiente manera:

- Área de moldes para limpiar y dar mantenimiento.
- Área para guardar moldes listos y preparados para el uso.

Realizando esta asignación el operador sabe dónde ubicar los moldes exclusivamente para mantenimiento. Además, sabe el lugar donde debe ubicar los moldes disponibles (Ver figura 5.4).

**Figura 5.4 Áreas para limpieza y de moldes disponibles**



Fuente: Autor, 2019

Para complementar la solución anterior también se implementará un tablero organizador donde se ubicarán las herramientas a utilizar antes y después del mantenimiento. Así, se minimiza el tiempo de búsqueda de estas ya que se podrá identificar de manera más rápida dónde se encuentran las herramientas para la limpieza o mantenimiento de los moldes. (Ver figura 5.5)

**Figura 5.5 Ejemplo de tablero para herramientas**



Fuente: okdiario, 2015

#### **5.1.4 Retirar producto terminado del área**

Dentro del área de Rotomoldeo se asignó un espacio para ubicar el producto terminado que sale de la máquina. Antes, el operador colocaba el producto en cualquier espacio disponible dentro del área, incluso a veces permanecía un día completo debido a que el operador encargado de retirar el producto realizaba solo dos visitas en el día y en ocasiones ninguna ya que la comunicación solo era entre el operador de la máquina y el operador del montacargas quedando por fuera el supervisor.

Para dar solución al caso se propone utilizar boquitoquis. En la actualidad utilizan estos equipos los supervisores de área y el montacarguista. Realizando el inventario de estos equipos se encontró dos disponibles, los cuales fueron asignados al operador de la máquina 1850.

Con esto finaliza el ciclo de comunicación entre el operador de máquina, montacarguista y supervisor. Así, el operador debe informar al montacarguista para la recolección del producto cuando el área asignada está copada y el supervisor estará al tanto de la operación para confirmar el cumplimiento.

### 5.1.5 Política de mantenimiento para el área de molde

Para garantizar el cumplimiento de las instrucciones mencionadas se propone la elaboración de una política para el área de mantenimiento de molde. Esta política deberá ser revisada con el departamento de Organización y Métodos para su respectiva aprobación, publicación y fomentación dentro de la empresa. En el Anexo C se podrá visualizar la política planteada.

## 5.2 Organización y clasificación de los repuestos estratégicos en función de su disponibilidad

El departamento de mantenimiento tiene como objetivo disponer de todos los repuestos críticos identificados en bodega para cualquier novedad o eventualidad que ocurra en la máquina 1850. Esta máquina consta de 552 repuestos. Para determinar los repuestos críticos se solicitó información a varias áreas, entre las cuales están: Sistemas, bodega de repuestos y compras.

Al final, se concilió la información entre el jefe y el asistente de mantenimiento para determinar la cantidad de repuestos que deben estar catalogados como repuestos estratégicos (Ver Anexo D). Una vez determinados los repuestos estratégicos se procedió a utilizar el Modelo de la cantidad económica de pedido (EOQ), con este modelo se identificará la cantidad óptima de pedido para cada repuesto. El cálculo se realizó con la ecuación 5.1.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (5.1)$$

Siendo los siguientes parámetros:

**D:** Demanda unidades por año

**S:** Costo de pedido

**H:** Costo asociado a mantener una unidad en inventario por un año

**Q:** Cantidad a ordenar

El parámetro **S** (costo de pedido) considera los datos detallados en la tabla 5.1, y para calcular el parámetro **H** (costo asociado a mantener una unidad en inventario por un año) los datos empleados se encuentran en la tabla 5.2.

**Tabla 5.1 S (costo de pedido)**

COSTO DE PEDIDO	<b>DESCRIPCIÓN PEDIDO</b>
	SALVAGUARDIA
	GASTOS L/C
	DERECHOS ARANCELARIOS
	FODINFA
	TASA DE MODERNIZACIÓN
	MULTAS
	TASA DE CONTROL
	CORPEI
	ICE
	SEGURO
	ALMACENAJE Y OTROS GASTOS
	TRANSPORTE
	CUSTODIA
	AGENTE DE ADUANA
	AD. AGENTE DE ADUANA
	INEN
CERTIFICADO DE VSITO BUENO	
OTROS	

Fuente: Autor, 2019

**Tabla 5.2 H (costo de mantenimiento de inventario)**

COSTO DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIO	<b>DESCRIPCIÓN ALMACENAMIENTO</b>
	SUELDOS & SALARIOS
	BENEFICIOS SOCIALES
	BENEFICIOS CONTRACTUALES
	MANTENIMIENTO Y REPARACION
	ENERGIA, AGUA & COMBUSTIBLES
	SUMINIST. OFIC. & MATER. CONSUMO
	DIVERSOS
	DEPRECIACIONES
	SEGUROS

Fuente: Autor, 2019

En la tabla 5.3 se detallan otras fórmulas que serán utilizadas en este estudio:

**Tabla 5.3 Fórmulas adicionales**

	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
<b>UNIDADES POR DIA</b>	Demanda/365	$d=D \text{ unidades} - \text{año}/365 \text{ días-año}$
<b>ROP (Unidades a pedir)</b>	Unidades por día * ltime	$ROP= d \text{ unidades} - \text{día} * L \text{ día}$
<b>NÚMERO DE PEDIDOS</b>	Demanda/Cantidad óptima	$n= D / Q \text{ pedidos al año}$
<b>COSTO ANUAL DE PEDIR</b>	(Demanda/Cantidad óptima) * Costo de pedido	$(D/Q) * S$
<b>COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	(Cantidad óptima/2) * Costo anual de mantenimiento	$(Q/2) * H$
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	[(Demanda/Cantidad óptima) * Costo de pedido] + [(Cantidad óptima/2) * Costo anual de mantenimiento]	$TRC= [(D/Q) * S] + [(Q/2) * H]$

Fuente: Autor, 2019

De la lista obtenida con los repuestos estratégicos, se escogió un solo artículo para obtener la cantidad óptima. En la tabla 5.4 se indica el nombre del artículo seleccionado y en la tabla 5.5 se detallan los datos generales del mismo.

**Tabla 5.4 Repuesto estratégico**

Código Artículo	Descripción
83203602	FILTRO ELECTRONICO DL-150

Fuente: Autor, 2019

**Tabla 5.5 Datos del Repuesto estratégico**

DATOS	
DEMANDA	10 unid.
COSTO UNITARIO	\$ 477.29
COSTO PEDIDO	\$ 26.52
COSTO ALMACENAMIENTO	\$ 30.38
INVENTARIO INICIAL	2 unid.
LTIME	20 días

Fuente: Autor, 2019

La tabla 5.6 muestra los cálculos realizados para obtener la cantidad óptima a pedir del repuesto estratégico.

**Tabla 5.6 Datos del Repuesto estratégico**

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	VALORES	RESULTADO
CANTIDAD ÓPTIMA	$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$	RAIZ((2*10*26.52)/30.38)	4 unid.
UNIDADES POR DÍA	d=D unidades- año/365 días-año	10/365	0.027 unid./día
STOCK DE SEGURIDAD	ROP= d unidades-día* L día	0.027 * 20	1 unid.
NÚMERO DE PEDIDOS	n= D / Q pedidos al año	10/4	3 pedido anual

Fuente: Autor, 2019

Una vez realizados los cálculos se obtiene la frecuencia con la que se debe realizar los pedidos y la cantidad óptima que se debe solicitar (ver tabla 5.7).

**Tabla 5.7 Pedidos a realizar**

TABLA DE PEDIDO													
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Requerimiento Bruto	1	2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	
Inventario Disponible	2	1	3	2	1	4	4	3	3	2	1	4	
Pedido Llegada	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	
Fecha de pedido	4			4						4			
Inventario Final	1	3	2	1	4	4	3	3	2	1	4	4	

Fuente: Autor, 2019

En la tabla de pedidos se puede observar lo siguiente:

- Se deben realizar tres pedidos en el año, en los meses de enero, abril y octubre.
- Se contará con inventario disponible asegurando la existencia del repuesto en la bodega en caso de que exista algún daño no programado.

La tabla 5.8 detalla los valores de los costos asociados al cálculo de la cantidad óptima a pedir para el repuesto estratégico seleccionado.

**Tabla 5.8 Costos asociados**

TABLA DE COSTOS			
COSTO ANUAL DE PEDIR	$(D/Q) * S$	$(10/4)*26.52$	\$ 66.30
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	$(Q/2) * H$	$(4/2)*30.38$	\$ 60.76
COSTO TOTAL ANUAL	$TRC= [(D/Q) * S] + [(Q/2) * H]$	$[(10/4)*26.52] + [(4/2)*30.38]$	\$ 127.06

Fuente: Autor, 2019

En la tabla 5.9 se procede a mostrar el ahorro en el costo de manejo de inventario para los repuestos estratégicos. Se visualiza la comparación entre el método normal y aplicando el modelo EOQ.

**Tabla 5.9 Ahorro en costos de inventario**

Artículo	Descripción del Artículo	Costo Total de Inventario Con EOQ (\$)	Costo Total de Inventario Sin EOQ (\$)	Ahorro en Costo de Inventario (\$)
89700275	INNER HEXAGON BOLT M36x140-12.9-201045	954.47	2162.88	1208.41
89700276	INNER HEXAGON BOLT M30x90-12.9-201062	231.73	631.20	399.47
89700278	END CAP HTF2500E-01-02-01A-501037XA	987.50	1014.64	27.14
89700279	END CAP HTF2000W1-01E-02- 02-501180	1041.09	1070.63	29.54
89700280	NOZZLE HTF2500E-01-01-01ZS-502004ZS	80.20	95.39	15.19
89700281	SCREW TIP ?170 T-01-03-20C-506042XA	1538.86	1621.14	82.28
89700282	COLLAR SEAT HTF2100WC-01- 04-185-508053SK	766.99	821.92	54.93
89700283	INNER HEXAGON PLUG SCREW R1-571108	57.23	491.70	434.47
89700284	INNER HEXAGON PLUG SCREW R3-571109	18.59	64.16	45.57
89700286	MIXING RING HTF2000W1-01E-10(168.8)-L507A311	527.58	544.15	16.57
89700287	SCREW COLLAR HTF2400WB- 01-05-185(LY)-L509A064	221.35	266.92	45.57
85707402	BOMBA QT4N-31.5F-SV	994.62	1071.33	76.71
85707403	BOMBA QT6N-100E	6216.13	8665.71	2449.58
85707404	BOMBA QT8N-200F	3069.24	3392.83	323.59
89700285	SCREW HTF2400WB-01-07PX-LY-L503C190	9753.92	10242.58	488.66
89700277	BARREL JU2400 B-01-06-500A242	37780.00	39991.18	2211.18
82420029	VENTILADOR 39308564	955.15	1489.44	534.29
86712363	VALVULAS SAFETY - 150 PSI	4013.53	6475.32	2461.79
85707222	BOMBA HIDR.QT62-125FS	3754.90	5462.64	1707.74
89701836	MOULD CLAMPING PISTON 02-01-04B	4742.74	5114.56	371.82
89701837	CLAMP BORAD 02- 01-11	392.99	412.49	19.51
89701838	INNER HEXAGON BOLT M20x60-10.9	29.95	197.04	167.09
89701839	GUIDE BAND GP7506400- C480	405.32	471.20	65.88
89701840	GUIDE BAND GP7506400-Z80	371.49	389.84	18.35
89701841	TRING (TERUIBAOSG)PT0806400-T46N	1478.18	1565.34	87.16
89701842	CUT RING BU4302700- PT00	42.72	57.91	15.19
89701843	ORING (PARKER)272X5.33	20.05	35.24	15.19
89701835	TIE BAR 02-63BHA	20553.35	22504.20	1950.85
86705215	VALVULA SEGURIDAD SAFETY 1/4" 60PSI	2515.07	3187.24	672.18
82931501	ACOPLE DE AGUA	1352.61	1472.21	119.61
89719916	TRANSDUCER (MTS) SPESIAL D-0100MA	3606.01	8186.08	4580.07
82614209	GUIA DE CABLE DE ACERO	883.61	1052.16	168.55
89730401	ENCODER # 86579	516.08	651.09	135.02

89732202	VALV.PROPORCIONAL SPV-15 220V.	5696.97	6490.17	793.20
88502140	SENSOR INDUCTIVO PNP1NO	1716.92	4319.03	2602.11
82429809	INVERSOR DE FRECUENCIA - INVERTER	6081.96	6452.34	370.38
89704847	CARGADOR AUTOMATICO DE MATERIAL	33369.14	75184.61	41815.47
87503708	SERVO MOTOR	92891.18	97726.15	4834.97
85707216	BOMBA HIDRAULICA V20	8025.19	8413.02	387.83
86107018	RELAY, AUTO CONTROL STD 39403290	1332.07	1904.30	572.23
85707223	BOMBA HIDR.QT62-80-E	4344.13	4522.06	177.93
88705705	DRIVER MMR7-0901	50620.85	53705.64	3084.80
89730404	ENCODER 73030805	1643.36	1902.76	259.40
89731311	UPS SUA 1000 ICH 60HZ	10924.06	11581.49	657.43
89731307	UPS POWERWARE 9120	1025.57	1051.26	25.70
89732203	AUTO LOADER 1 HP 220V 60HZ 30PH	14661.53	15614.13	952.61
83200902	FILTRO ELECTR. DL-200 -032015	6710.59	7290.88	580.29
83203602	FILTRO ELECTRONICO DL-150	4899.96	5341.91	441.95
82423609	BOTONERA D'MANDO DST7SP221	16703.47	17702.32	998.85
89702201	PANTALLA CRISTAL LIQ.LM65261XUFC	6633.25	6896.38	263.13
TOTAL AHORRO		377153.41	456970.81	79817.40

Fuente: Autor, 2019

El ahorro anual en dólares al realizar esta mejora es de: \$79,817.40. Además, se asegura inventario en la bodega de los repuestos estratégicos.

### 5.3 Minimización de cambios de molde por daño de resistencia

El daño de resistencia en los moldes se da por los cambios de programación solicitados de forma inesperada, también por la falta de espacio para realizar el mantenimiento o por no ejecutar correctamente la limpieza del molde. Para minimizar esta causa se logró fijar un área de mantenimiento de moldes para la máquina 1850 (apartado 5.1). Con el espacio asignado el jefe de mantenimiento podrá programar el mantenimiento, preparación o limpieza de moldes a tiempo.

Se procederá a describir el proceso actual de cambios de moldes, donde se involucra las respectivas áreas, personal a cargo y tiempo de ejecución. Para visualizar de manera clara lo indicado se utilizará el diagrama VSM (Value Stream Mapping). La nomenclatura para utilizar es la siguiente:

- VAT = Tiempo de ciclo que agrega valor
- NVAT = Tiempo de ciclo que no agrega valor

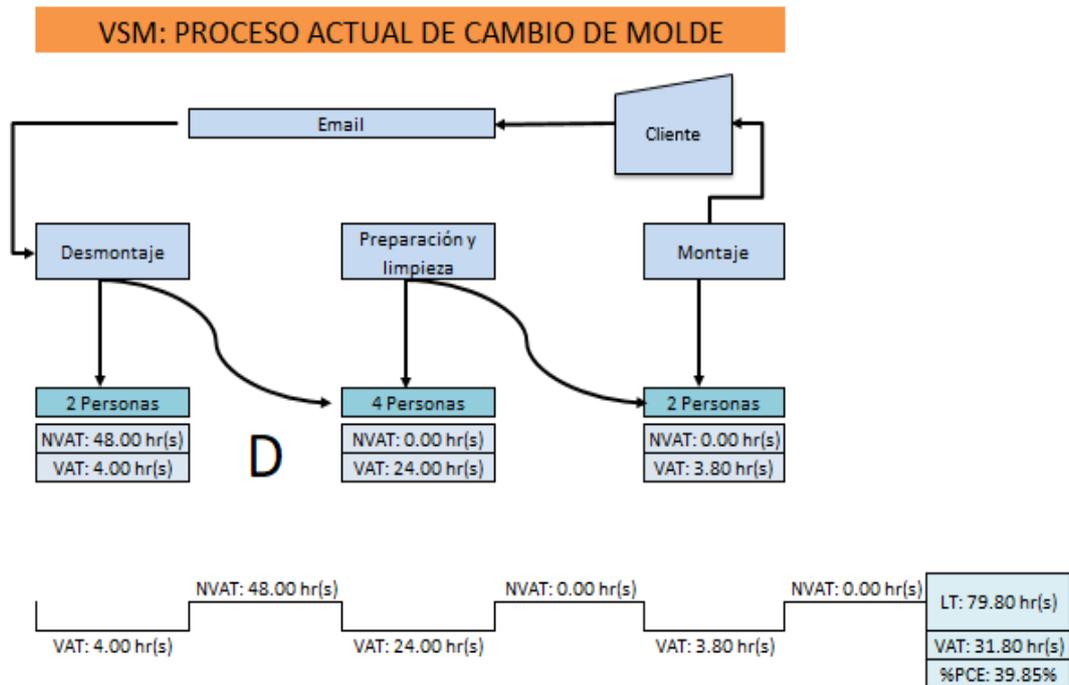
- PCE = Eficiencia del ciclo del proceso
- LT = Total de ciclo del proceso

La fórmula para utilizar se muestra en la ecuación 5.2:

$$PCE = \frac{VAT}{LT} \quad (5.2)$$

En la figura 5.6 se detalla el proceso actual para realizar los cambios de molde.

**Figura 5.6 Proceso actual de cambio de molde**



D= Espera

Fuente: Autor, 2019

El proceso actual para el cambio de moldes se divide en tres subprocesos:

1. Desmontaje: Utiliza dos personas, el tiempo que agrega valor es de 4 horas y el tiempo de espera es de 48 horas, dando un total de 52 horas hacia el otro proceso. Entre los subprocesos de desmontaje y preparación - limpieza se tiene 48 horas no productivas, el molde está aislado o guardado sin el respectivo mantenimiento.
2. Preparación y limpieza: Utiliza cuatro personas, el tiempo que agrega valor es de 24 horas y el tiempo de espera es de cero, dando un total

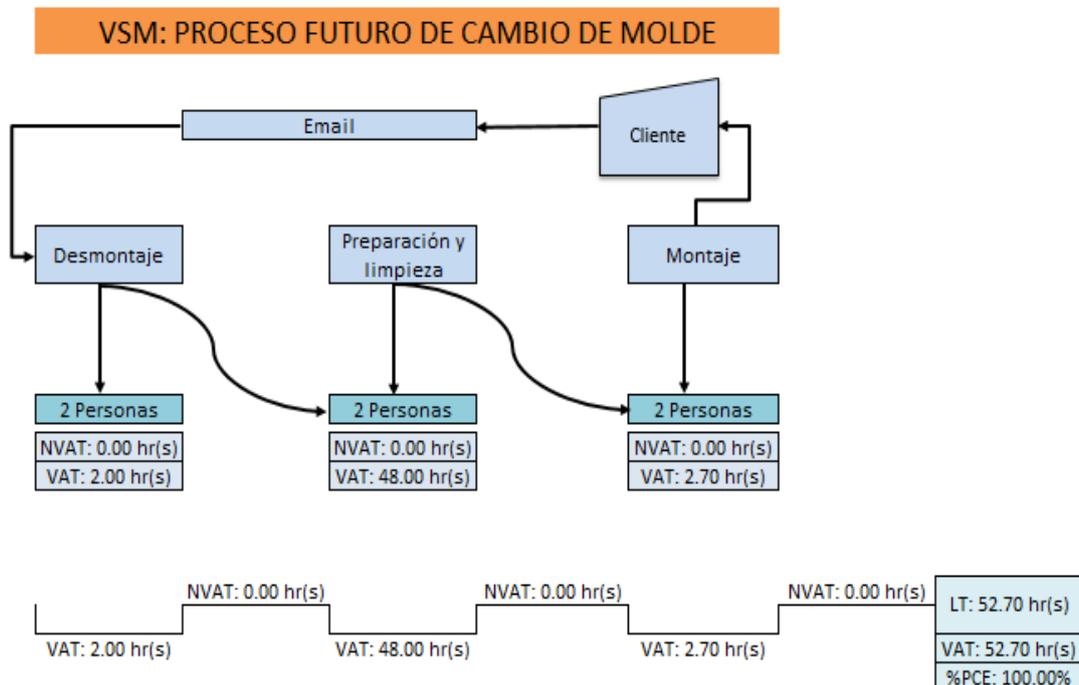
de 24 horas hacia el otro proceso. El jefe de moldes necesita 48 horas para realizar la preparación de un molde. Es decir, el área de planificación debe informar al área de moldes dos días antes del montaje del molde a la máquina. Con el VAT se evidencia la mala ejecución de la preparación y limpieza del molde.

3. Montaje: Utiliza dos personas, el tiempo de que agrega valor es de 3.80 horas y el tiempo de espera es de cero dando un total de 3.80 horas.

- La suma de todos los tiempos VAT y NVAT es de 79.80 horas.
- La suma de todos los tiempos de VAT es de 31.80 horas.
- Se obtiene una eficiencia del 39.85% en todo el proceso.

Con los cambios realizados según el apartado 5.1, se presenta el diagrama VSM actualizado dentro de este proceso (ver figura 5.7).

**Figura 5.7 Proceso actualizado para el cambio de molde**



Fuente: Autor, 2019

Con las mejoras planteadas el proceso de cambio de moldes se divide en tres subprocesos quedando de la siguiente manera:

1. Desmontaje: Utiliza dos personas, se mantiene el mismo número de personas. El tiempo que agrega valor es de 2 horas y no existe tiempo

de espera, dando un total de 2 horas para ir al siguiente proceso. En esta etapa el molde luego de ser desmontado pasa a la nueva área de mantenimiento asignado para su respectiva limpieza y revisión. Quedando listo para el uso y guardado en bodega o ingresado como molde dañado.

2. Preparación y limpieza: Utiliza dos personas, aquí existe la reducción de dos personas porque el molde está listo para ser utilizado y no existe apuro para limpiarlo. No existe tiempo de espera. El tiempo total para ir al siguiente proceso es de 48 horas. En esta etapa se reduce las fallas o daños en el molde porque el molde está listo para ser utilizada en la máquina.
3. Montaje: Utiliza dos personas, se mantiene el mismo número de personas. El tiempo de total es de 2.70 horas. No existe tiempo de espera.

- La suma de todos los tiempos LT es de 52.70 horas.
- La suma de todos los tiempos de VAT es de 52.70 horas.
- Obteniendo una eficiencia del 100% en todo el proceso.

### Tiempos y movimientos actuales

Para complementar el tema se procedió a realizar una tabla de analices de movimientos y tiempos de las diferentes etapas. En la figura 5.8 se detalla la simbología empleada para la realización de la tabla.

**Figura 5.8 Proceso actualizado para el cambio de molde**

Actividad	Símbolo	Resultado inmediato
Operación		Produce, completa, realiza algo
Transporte		Mueve, transporta, desplaza
Inspección		Verifica, comprueba algo
Almacenamiento		Guarda o protege algo
Operación-inspección		Combinación
Demora		Retrasa, interfiere un proceso

Fuente: Turmero, 2016

En tabla 5.10 se observará todos los procesos que intervienen con sus respectivos pasos a detalle, los tiempos que tardan en cambiar de un paso a otro y la respectiva distancia en caso de existir. El proceso actual mantiene los siguientes valores:

- Tiempo total = 79.8 Horas
- Tiempo operación e inspección = 30.8 Horas
- Total, pasos = 17
- Distancia total = 600 metros

**Tabla 5.10 Diagrama de flujo del proceso cambio de molde actual**

Diagrama de flujo del proceso cambio de molde actual								
Proceso	Operación	Inspección	Almacenamiento	Transporte	Demora	Total		
<b>Cantidad Total:</b>	9	2	1	3	2	17		
<b>Distancia Total:</b>	0 mts	0 mts	0 mts	600 mts	0 mts	600 mts		
<b>Tiempo Total:</b>	1798 min	50 min	2886 min	25 min	30 min	<b>79.8 H</b>	1848 min	<b>30.8 H</b>
Descripción	Simbología					Tipo	Tiempo	Distancia
								
El supervisor del área se traslada al departamento de mantenimiento a solicitar el molde						T	5 min	200 mts
Molde almacenado sucio						A	2886 min	
Molde procede a limpieza para ser utilizado						O	1434 min	
El supervisor del taller registra la salida del molde del taller en el sistema						O	2 min	
El mecanico inspecciona que el molde este listo						I	5 min	
El mecanico solicita el montacarga						O	3 min	
El mecanico espera la disponibilidad del montacarga						D	15 min	
El montacargista traslada el molde a la máquina						T	10 min	200 mts
El regulador realiza el desmontaje del molde actual						O	200 min	
El regulador maniobra el teclé para montar el molde a la máquina						O	5 min	
El regulador amarra el molde a la máquina						O	15 min	
El regulador configura la máquina (presiones y temperaturas)						O	110 min	
El regulador hace las inspecciones de que todo este bien armado						I	45 min	
El regulador realiza la limpieza purga de la máquina						O	28 min	
El mecanico solicita el montacarga						O	1 min	
El mecanico espera la disponibilidad del montacarga						D	15 min	
El montacargista traslada el molde al taller						T	10 min	200 mts

Fuente: Autor, 2019

## Tiempos y movimientos mejorado

El proceso mejorado elimina los tiempos de transporte y demora reflejando los siguientes valores (ver figura 5.11):

- Tiempo total = 52.7 Horas
- Tiempo operación e inspección = 52.7 Horas
- Total, pasos = 10
- Distancia total = 50 metros

**Tabla 5.11 Diagrama de flujo del proceso cambio de molde mejorado**

Diagrama de flujo del proceso cambio de molde mejorado								
Proceso	Operación	Inspección	Almacenamiento	Transporte	Demora	Total		
<b>Cantidad Total:</b>	8	1	1	0	0	<b>10</b>		
<b>Distancia Total:</b>	50 mts	0 mts	0 mts	0 mts	0 mts	<b>50 mts</b>		
<b>Tiempo Total:</b>	3127 min	35 min	0 min	0 min	0 min	<b>52.7 H</b>	3162 min	<b>52.7 H</b>
Descripción	Simbología					Tipo	Tiempo	Distancia
	●	■	▼	➔	D			
El supervisor 15 minutos antes de terminar la producción debe solicitar por radio el molde al taller	●					0	min	50 mts
El supervisor del taller registra la salida del molde del taller en el sistema de manera anticipada	●					0	min	
El regulador realiza el desmontaje del molde actual	●					0	120 min	
El regulador maniobra el tede para montar el molde a la máquina	●					0	5 min	
El regulador amarra el molde	●					0	15 min	
El regulador configura la máquina (presiones y temperaturas)	●					0	100 min	
El regulador hace las inspecciones de que todo este bien armado	●	●				I	35 min	
El regulador realiza la limpieza purga de la máquina	●					0	27 min	
Molde procede a limpieza y mantenimiento	●					0	2860 min	
Molde listo para trabajar	●					A	min	

Fuente: Autor, 2019

## 5.4 Elaboración de flujograma para el proceso de preparación de moldes

Como parte de la mejora continua se procedió a elaborar el flujograma para realizar la preparación de un molde. Intervienen tres áreas: planificación, taller de mantenimiento y regulación. Bajo el esquema actual no existe un flujo, por tanto, es necesario elaborarlo, de esta manera el área de mantenimiento sabrá todo lo que debe realizar para la preparación del molde.

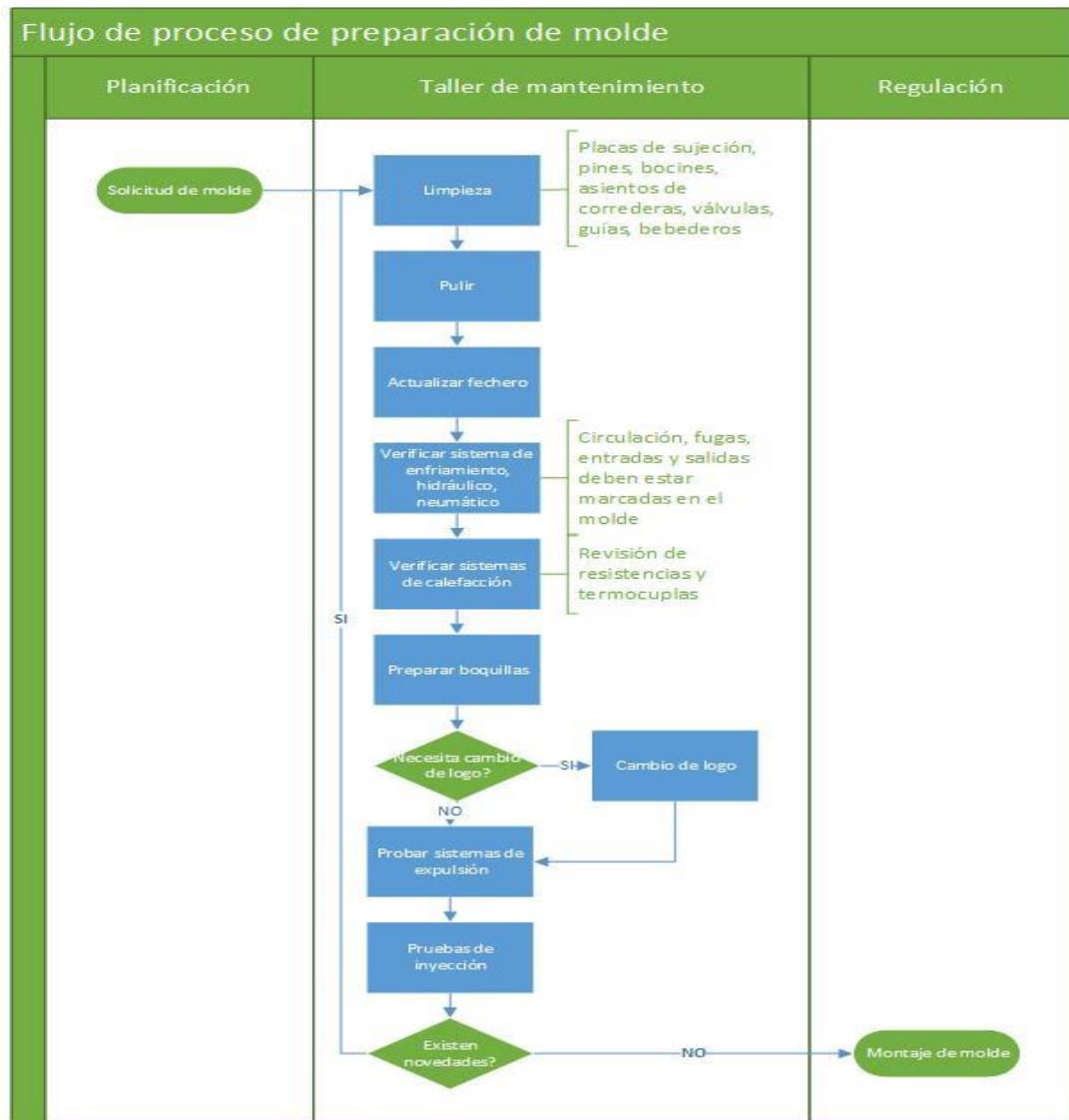
Además, sirve como guía de aprendizaje para el personal nuevo o que asciende al área de mantenimiento de moldes. A continuación, en la figura 5.9

se muestra el flujograma, donde se puede apreciar los pasos a realizar en cada área.

El flujograma representa a los procesos:

- Preparación y limpieza.
- Montaje.

**Figura 5.9 Flujograma para la preparación de moldes**



Fuente: Autor, 2019

### 5.5 Cambio de moldes para otro producto

En el análisis del porqué existen muchos cambios de moldes o configuración de color de un producto se identificaron algunas variaciones en el plan

semanal o diario. El plan que utiliza planificación está basado en la información entregada por el área comercial. Planificación internamente realiza la programación de los productos en la máquina y molde disponible.

Es en esta etapa donde se identificó que no existe una buena comunicación entre las siguientes áreas: Planificación, mantenimiento de máquina y mantenimiento de moldes y Supervisores de Planta.

Se encontró demasiados pedidos que se van a backorder, es decir que no existe disponibilidad para la venta. Por este motivo, se generan los cambios de moldes al apuro ocasionando el incumplimiento del plan en ejecución y daños de resistencia en los moldes.

Para solventar este tema se procederá a crear una política interna para cambios de moldes, la misma que será presentada al jefe de Planificación para su respectiva revisión y futura ejecución. (Ver Anexo E)

## **5.6 Cronograma de mantenimiento de moldes basado a la programación**

Actualmente los mantenimientos o limpieza de los moldes son realizados al momento de ser solicitado para el uso o trabajo de parte del área de planificación. Todos los mantenimientos son correctivos. Se sugiere crear un cronograma de mantenimiento preventivo para moldes.

La realización de este cronograma no depende solo del área del mantenimiento de moldes, también depende de otras áreas para lograr concretar la ejecución del plan de mantenimiento. Las áreas involucradas son: comercial, planificación, repuestos, mantenimiento, investigación - desarrollo y producción.

Una vez llegado al consenso toda el área, se debe proceder a la creación del cronograma de mantenimiento de moldes. La solución de este tema es extensa, por esa razón la elaboración del cronograma se procederá a incluir en la política interna para cambios de moldes que se explicará en la sección

5.5, la misma que será validada por el jefe de mantenimiento de moldes (Ver Anexo E).

### 5.7 Sistema de control para minimizar los costos del proceso

Adicionalmente a las soluciones implementadas se automatizó el sistema de control de procesos. Actualmente los registros de las órdenes de producción se llevan en un formato en papel, estos registros son llenados por los operadores o supervisores de cada turno. Luego son entregados al siguiente día al coordinador de órdenes de producción quienes son los encargados de ingresar los registros en el sistema. (Ver figura 5.10)

**Figura 5.10 Registro en el sistema**

The screenshot shows a software interface for entering production records. It is organized into several functional areas:

- Header Section:** Contains fields for 'Fecha' (date), 'Planta' (plant) with a dropdown 'CboPlanta', and 'Nro. Hoja' (sheet number).
- Production Order Section:** Includes 'C. Costo' (cost) with dropdown 'CboCCosto', 'Máquina' (machine) with dropdown 'CboMachine', 'Operador' (operator) with dropdown 'CboOperador', and 'U. Empaqu' (packaging unit).
- Turnos (Shifts) Section:** A group box containing three radio buttons for 'Turno 1', 'Turno 2', and 'Turno 3'.
- Guías de Producción (Production Guides) Section:**
  - Fields for '# Guia Prod.' (production order) with dropdown 'CboPlanProd' and 'Descrip.' (description).
  - Buttons for 'Insertar Guía', 'Borrar Guía'.
  - Fields for 'Fecha' (date), 'H. Inicial' (initial hour), 'H. Final' (final hour), 'Prod. Buenas' (good production), 'Prod. Malas' (bad production), 'Vuelt Real' (real return), 'Hora Real' (real hour), and 'Kg' (kilograms).
  - Fields for 'Tortas' (cakes) and 'Consumos' (consumptions).
- Paros de Máquinas (Machine Stoppage) Section:**
  - Fields for 'Duración' (duration), 'Mot. Paro' (stoppage reason) with dropdown 'CboMParo', and 'Observac.' (observation).
  - Buttons for 'Insertar Paro', 'Borrar Paro'.
- Data Tables:** Two tables with multiple columns and rows, used for recording detailed production data. The first table has a blue header row.

Fuente: Empresa, 2019

La pantalla consta de varias partes:

- Datos de la máquina. (Ver tabla 5.12)

**Tabla 5.12 Datos de la máquina**

Datos de máquina	
Fecha de registro	Máquina
Planta	Operador
Centro de Costo	Turno

Fuente: Autor, 2019

- Datos de la guía de producción. (Ver tabla 5.13)

**Tabla 5.13 Datos de producción**

Datos de producción	
Orden de producción	Productos buenos
Fecha de producción	Productos malos
Hora inicio	Hora real
Hora fin	

Fuente: Autor, 2019

- Datos de paro de la máquina. (Ver tabla 5.14)

**Tabla 5.14 Datos de paro**

Datos de paro	
Duración de paro	Observación del paro
Motivo del paro	

Fuente: Autor, 2019

El registro de la información al sistema lo realiza una persona que se asignó solo para esta actividad. Es decir, ocupando 5 horas. Toda esta información es reflejada al siguiente día en un reporte. El Jefe de Planta obtiene el reporte y lo descarga en formato Excel para proceder a realizar las diferentes tablas dinámicas y obtener el reporte final del OEE.

El tiempo que toma elaborar el reporte es de 2 horas diarias. Al poder visualizar los resultados después de dos días, el Jefe de Planta recién intentará tomar un plan de acción. Pero este plan queda obsoleto porque ya han transcurrido varios días.

## Tiempos y movimientos actuales

Para complementar el tema se procedió a realizar una tabla de analices de movimientos y tiempos de las diferentes etapas. En tabla 5.15 se observará todos los procesos que intervienen con sus respectivos pasos a detalle, los tiempos que tardan de un paso a otro y la respectiva distancia en caso de existir.

El proceso actual refleja los siguientes valores:

- Tiempo total = 12.3 Horas
- Tiempo operador, supervisor y digitador = 6.1 Horas
- Total, pasos = 8
- Distancia total = 506 metros

**Tabla 5.15 Análisis de movimientos y tiempos del proceso actual**

Proceso	Estudio de Tiempos y Movimientos					Total		
	Operador	Recolector	Supervisor	Digitador	Jefe de Planta			
<b>Cantidad Total:</b>	1	1	2	1	3	<b>8</b>		
<b>Distancia Total:</b>	0 mts	500 mts	6 mts	0 mts	0 mts	<b>506 mts</b>		
<b>Tiempo Total:</b>	8 min	240 min	55 min	300 min	135 min	<b>12.3 H</b>	363 min	<b>6.1 H</b>
Descripción	Simbología					Tipo	Tiempo	Distancia
	●	■	▼	➔	◐			
Operador digita en papel	●					O	8 min	mts
El recolector pasa recogiendo los papeles		■				R	240 min	500 mts
El supervisor recibe los documentos y valida la información			▼			S	45 min	mts
El supervisor entrega documentos a Coordinación de planta				➔		S	10 min	6 mts
Digitador ingresa información en el sistema					◐	D	300 min	mts
El Jefe de planta baja reporte a Excel						J	30 min	mts
El Jefe de planta crear reporte en Excel						J	90 min	mts
El Jefe de planta toma decisiones						J	15 min	mts

Fuente: Autor, 2019

Para mejorar la eficiencia de la recolección de datos se propone realizar un sistema de ingreso en tiempo real. Consiste en crear un software donde el operador de la máquina registre directamente la información al sistema informático.

La herramienta donde se instalará el programa es en una Tablet. La idea es que cada máquina tenga una Tablet asignada. Se buscará un lugar estratégico para la ubicación del equipo donde no interrumpa la operación.

El aplicativo tendrá el siguiente menú: Operaciones, Regulación y Paros. A continuación, se detallará cada pantalla del prototipo.

- Operaciones: En esta pantalla se debe digitar el operador de la máquina, la orden de producción que está en trabajo y motivo de la operación. En este caso como no existe un motivo anterior seleccionado, el primer paso es regulación. (Ver figura 5.11)

**Figura 5.11 Menú operaciones**

Último Estado MP

Máquina CACCIA

Operador Código Operador

OP OP

Artículo Artículo

Peso Estandar Peso Estandar

Ciclo Estandar Ciclo Estandar

Peso Real Peso Real Kg

Unidades Buenas Buenas Total

Unidades Malas Malas Total

Motivo Seleccione el motivo de la operación

Último registro: No tiene última hora de registro

GRABAR

Paro Regulación Operaciones

Fuente: Autor, 2019

Al llenar los campos de Operador, orden de producción y seleccionar la operación, se llena automáticamente la siguiente información: último estado de la máquina, nombre del operador, nombre del artículo, peso y ciclo estándar (ver figura 5.12).

**Figura 5.12 Menú operaciones**

Último Estado: MÁQUINA EN REGULACIÓN MP

Máquina: CACCIA

Operador: 35546 ZAMBRANO MUÑOZ, CARLOS MIGUEL

OP: 1597736

Artículo: (920159B0) SILLA PERUGIA BLANCO

Peso Estandar: 2.0 Kg

Ciclo Estandar: 51.0 segundos

Regulación: Buenas: 5, Malas: 10

Peso Real	Kg	Total
Buenas		5
Malas		10

Motivo: Seleccione el motivo de la operación

Último registro: No tiene última hora de registro

**GRABAR**

Paro | Regulación | Operaciones

Fuente: Autor, 2019

- Regulación: Al ubicarnos en los campos direccionados para digitar información, se habilita en la parte inferior un teclado numérico. Al salir del campo digitado el teclado se oculta. En esta pantalla se llena: Peso real, unidades buenas, unidades malas. Las unidades buenas y malas se van acumulando hasta cerrar la OP y cada proceso. (Ver figura 5.13)

**Figura 5.13 Menú Regulación**

Último Estado: MÁQUINA EN REGULACIÓN MP

Máquina: CACCIA

Operador: 35546 ZAMBRANO MUÑOZ, CARLOS MIGUEL

OP: 1597736

Artículo: (920159B0) SILLA PERUGIA BLANCO

Peso Estandar: 2.0 Kg

Ciclo Estandar: 51.0 segundos

Regulación: Buenas: 5, Malas: 10

Peso Real	Kg	Total
Buenas		5
Malas		10

Motivo: Seleccione el motivo de la operación

1	2	3
4	5	6
7	8	9
←	0	Realiz.

Fuente: Autor, 2019

Cuando el operador termina de digitar y quiere guardar la información, debe ir a la parte inferior donde hay un botón con el nombre Grabar y procede a guardar el registro en el sistema. Por cada registro guardado se presenta la última fecha de actualización.

En el momento que el regulador termina su proceso automáticamente cambia el motivo de la operación. En este caso el cambia a máquina operando. (Ver figura 5.14).

**Figura 5.14 Menú Regulación**

The screenshot displays a mobile application interface for machine regulation. At the top, the status is 'MÁQUINA OPERANDO' with a green 'MP' indicator. Below this, the machine name 'CACCIA' is shown. The operator is identified as '35546 ZAMBRANO MUÑOZ, CARLOS MIGUEL' with the ID 'OP 1597736'. The article being processed is '(920159B0) SILLA PERUGIA BLANCO'. Production statistics are provided: 'Regulación Buenas: 5' and 'Malas: 10'. The standard weight is '2.0 Kg' and the standard cycle is '51.0 segundos'. Real-time data shows 'Peso Real 2.0 Kg'. A table summarizes the units: 'Unidades Buenas Total 15' and 'Unidades Malas Total 12'. A dropdown menu for 'Motivo' is open, showing 'Seleccione el motivo de la operación' and a highlighted option 'Último registro: 15:24:32'. A 'GRABAR' button is located at the bottom of the form. The bottom navigation bar includes icons for 'Paro', 'Regulación', and 'Operaciones'.

Unidades	Total
Buenas	15
Malas	12

Fuente: Autor, 2019

- Paros de máquina: Al seleccionar la opción de paros se despliega varios motivos de paros. Los motivos están clasificados por dos tipos de colores. (Ver figura 5.15)

**Figura 5.15 Paros de máquina**

The screenshot displays a machine stoppage interface. At the top, it shows the machine's current state as 'MÁQUINA OPERANDO' (Machine Operating) with a green 'MP' indicator. Below this, the machine name 'CACCIA' is listed. The operator is identified as '35546 ZAMBRANO MUÑOZ, CARLOS MIGUEL' and the order number (OP) is '1597736'. The article being produced is '(920159B0) SILLA PERUGIA BLANCO' (White Perugia Chair), with a weight of '2.0 Kg' and a standard cycle time of '51.0 segundos'. A central panel contains two columns of buttons: blue buttons for 'ARRANQUE/DESCARGA', 'MANTENIMIENTO PREVENTIVO', 'CAMBIO DE MOLDE', 'FIN PROGRAMADO', and 'PRUEBAS'; and pink buttons for 'DAÑO', 'MATERIALES', 'MOLDES', 'PROCESO', and 'PERSONAL'. A grey button labeled 'FIN DE PARO' is positioned below these columns. At the bottom, a notification bar indicates 'Maquina funcionando correctamente' (Machine working correctly).

Fuente: Autor, 2019

Este proceso es dinámico y fácil de utilizar ya que solo interviene el regulador y el operador de la máquina. Lo importante de esta implementación es que nadie ingresa fecha y hora, esa información es registrada de manera automática por cada proceso y orden de producción.

También se debe considerar que la información registrada está en tiempo real porque se creó un proceso interno en la Tablet que permite replicar la información cada cinco minutos.

### **Tiempos y movimientos mejorado**

El proceso mejorado da como resultado los siguientes valores (ver tabla 5.16):

- Tiempo total = 0.4 Horas
- Tiempo operador, supervisor y digitador = 0.1 Horas
- Total, pasos = 2
- Distancia total = 0 metros

**Tabla 5.16 Análisis de movimientos y tiempos del proceso mejorado**

Estudio de Tiempos y Movimientos								
Proceso	Operador	Recolector	Supervisor	Digitador	Jefe de Planta	Total		
Cantidad Total:	1	0	0	0	1	2		
Distancia Total:	0 mts	0 mts	0 mts	0 mts	0 mts	mts		
Tiempo Total:	8 min	0 min	0 min	0 min	15 min	0.4 H	8 min	0.1 H
Descripción	Simbología					Tipo	Tiempo	Distancia
								
Operador digita en Tablet						0	8 min	mts
El Jefe de planta toma decisiones						J	15 min	mts

Fuente: Autor, 2019

### Reporte en tiempo real

Considerando que la información se está replicando cada cierto tiempo, se sugirió crear un reporte web que también se actualizara cada cinco minutos. La finalidad de este reporte es que el Jefe de Planta tenga una visibilidad inmediata de cómo están avanzando las órdenes de producción y la eficiencia de las máquinas para tomar inmediatamente decisiones correctivas. A continuación, se detalla la pantalla del reporte web. (Ver figura 5.16)

El Jefe de Planta consideró que para el reporte es importante visualizar los siguientes campos: máquina, orden de producción, código de artículo, nombre del artículo, cantidad de producción planificada y real, ciclo estándar y real, porcentaje de scrap y estado actual. Existen tres campos que se pintan de color verde, amarillo y rojo. Los campos son ciclo, scrap y estado actual. Siendo el color rojo el indicador de alerta para una revisión más detallada.

**Figura 5.16 Reporte web**

Máquina	#OP	Cod. Prod.	Producto	Cantidad	Ciclo (seg)	% Scrap	Estado actual
<a href="#">CACCTA</a>	1597736	920159B0	SILLA PERUGIA BLANCO	Plan: 1500 Real: 2100	Std: 51 Real: 0	0.03 %	----- -----
<a href="#">CMES0D</a>	1605393	92040434	SILLA PORTUGAL S/B PUB NARANJA CRISTAL	Plan: 2800 Real: 906	Std: 109 Real: 211	0.27 %	En operación ----- -----
<a href="#">ET450</a>	1330439	901703E1	CESTO IMPERIAL-TAPA CELESTE PMV	Plan: 300 Real: 521	Std: 39 Real: 1	7.84 %	En paro: Dato de molde 8727.1 horas
<a href="#">HT280</a>	1605393	92040434	SILLA PORTUGAL S/B PUB NARANJA CRISTAL	Plan: 2800 Real: 153	Std: 109 Real: 161	5.19 %	En operación ----- -----

Fuente: Autor, 2019

## Reporte por máquina

En el reporte se tiene como consulta principal la máquina. Al utilizar el reporte se tiene una mejor visualización de los valores estándares y reales, de la misma manera se puede verificar lo que está ocurriendo en la operación de la máquina seleccionada. Además, el Jefe de Planta puede tomar alguna acción correctiva inmediata para poder cumplir con la planificación establecida.

En la pantalla se puede visualizar el siguiente detalle:

- Número de la orden de producción en trabajo.
- Nombre del artículo.
- Valores estándares de ciclo y peso vs reales de ciclo y peso del artículo.
- Unidades planificadas vs reales.
- Estado actual de la máquina.
- Porcentaje de la disponibilidad, rendimiento y calidad,
- Porcentaje de eficiencia de la máquina, es decir, el OEE.

En caso de no estar algún parámetro dentro el rango, el Jefe de Planta podrá tomar la decisión de realizar alguna mejora. (Ver figura 5.17)

**Figura 5.17 Reporte por máquina**

The screenshot displays a web-based report for machine 'CACCIA' and product 'SILLA PERUGIA BLANCO'. The interface includes several input fields with numerical values:

Field	Value
Máquina	CACCIA
Producto	SILLA PERUGIA BLANCO
#OP	1597736
Ciclo estándar	51
Peso estándar	2.03
% Scrap	0.000330880177768866
Tiempo Setup	0.0000
Tiempo improductivo	0.0092
Cantidad Planificada	1500
Cantidad producida	2100
Disponibilidad	
Rendimiento	
Estado Actual	
Ciclo real (segundos)	0
Peso real(Kg)	2.07
Fin de producción estimado	0.000000
OEE	

Fuente: Autor, 2019

## 5.8 Resultados del OEE aplicando las mejoras posibles para la máquina 1850

Para determinar la evaluación del OEE después de las mejoras implementadas para la máquina piloto, hubo la necesidad de realizar un cronograma de producción (Ver anexo F), el mismo que fue evaluado y aprobado por las áreas de planificación, producción y comercial.

El seguimiento del ingreso de la información en la Tablet está a cargo del Supervisor de Planta. El mismo que debe validar que estén registrando todos los datos de manera correcta:

- Datos de la máquina, operador y avance de la producción (ver figura 5.18).
- Datos de causas de paro (ver figura 5.19).

**Figura 5.18 Registro datos de la máquina, operador y avance de la producción**

DATOS REGISTRADOS EN TABLET																	
Nro. Hoja Operador	Codigó Máquina	Máquina	Turno	Codigó Operador	Nombre	OP	Cod. Art.	Artículo	Día	Mes	Año	Buenas	Malas	Ciclo Real	Ciclo Estandar	Peso Real Gr.	Peso Estandar (kg)
300100	105	HT-1850	1	33567	RUBEN ENRIQUE A	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	3	2	2020	190	10	210	200	14,200	14
300110	105	HT-1850	2	32459	JONATHAN LUIS OR	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	3	2	2020	210	0	210	200	14,200	14
300118	105	HT-1850	1	33567	RUBEN ENRIQUE A	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	4	2	2020	200	0	210	200	14,200	14
300135	105	HT-1850	2	32459	JONATHAN LUIS OR	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	4	2	2020	205	0	210	200	14,200	14

Fuente: Autor, 2019

**Figura 5.19 Registro de causas de paro**

DATOS REGISTRADOS EN TABLET																	
Máquina	Codigó Operador	Nombre	OP	Cod. Art.	Artículo	Día	Mes	Año	Cambio Version/ Logo	Cambio Molde	Descarga Máquina	Regulac ión	Prueba Material/La mina/Molde	Arranque de Máquina	Cambio Color	Mat. Prima Defectuosa	Color Defectuoso
HT-1850	33567	RUBEN ENRIQUE A	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	3	2	2020		120		80		60			
HT-1850	32459	JONATHAN LUIS OR	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	3	2	2020									
HT-1850	33567	RUBEN ENRIQUE A	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	4	2	2020									
HT-1850	32459	JONATHAN LUIS OR	150501	593042NO	PALLET DE DOBLE CARA /TAP	4	2	2020									

Fuente: Autor, 2019

En la tabla 5.17 se detallan los cálculos realizados para obtener los valores de los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad que serán empleados para el cálculo del OEE y se escogerá los datos del producto Pallet de doble cara/tapa negro. También se realizó una agrupación por motivos de paros, la cual se muestra en la tabla 5.18.

**Tabla 5.17 Análisis de movimientos y tiempos del proceso mejorado**

FÓRMULA PARA CALCULAR OEE				
DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	CÁLCULO	RESULTADO	UNIDAD MEDIDA
Productivo estándar	producto bueno * (ciclo estándar/60)	805 *(200/60)	2683	minutos
Productivo real	producto bueno * (ciclo real/60)	805 *(210/60)	2818	minutos
Disponibilidad	[Productivo Real]/([Productivo Real]+[SETUP]+[Improductivo]+[Ausentismo]+[Planificación]+[Sin Programa])	2818 / (2818+200+60+0+0+0)	0.92	%
Rendimiento	[Productivo Standard]/[Productivo Real]	2683 / 2818	0.95	%
Calidad	[Buenas]/([Buenas]+[Malas])	805/ (805+10)	0.99	%
OEE	[Disponibilidad]*[Rendimiento]*[Calidad]	0.92*0.95*0.99	0.86	%

Fuente: Autor, 2019

**Tabla 5.18 Agrupación de motivos de paros**

AGRUPACIÓN DE PAROS	DESCRIPCIÓN DE PAROS
SETUP	Cambio Versión/Logo
	Cambio Molde
	Descarga Maquina
	Prueba Material/Lamina/Molde
	Regulación
IMPRODUCTIVO	Arranque de máquina
	Cambio de color
	Materia Prima Defectuosa
	Color Defectuoso/Tono no Aceptado
	Pale tizado Defectuoso
	Daño Equipo auxiliares
	Daño Maquina
	Descarga Molde
	Falta Servicio Básico (luz, agua)
	Falta Materia Prima o Mezcla
	Falta Subproducto
	Falta Peletizado
	Limpieza Molde
	Laminas Dañadas
Molde no Listo/Tecla ocupado	
Falta de Colorante	
Falla Operacional	
AUSENTISMO	Sin Operador

PLANIFICACIÓN	Planificación
SIN PROGRAMA	Fuera de Programa

Fuente: Autor, 2019

Respetando el cronograma de producción se utilizó los mismos cálculos mencionados en la tabla 5.17 para cada producto trabajado. Al finalizar la producción programada se obtuvo el detalle reflejado en la tabla 5.19, el mismo que permite observar:

- El total de horas de paros por cada grupo reflejadas en las columnas setup e improductivo.
- El Porcentaje de la disponibilidad, rendimiento y calidad.
- El Porcentaje del OEE en cada producto elaborado.
- El total del OEE mensual, el cual se obtiene de la multiplicación del promedio de cada indicador (se refleja en la última línea de la tabla sombreada de celeste) siendo este un total de 82%.

**Tabla 5.19 Agrupación de motivos de paros**

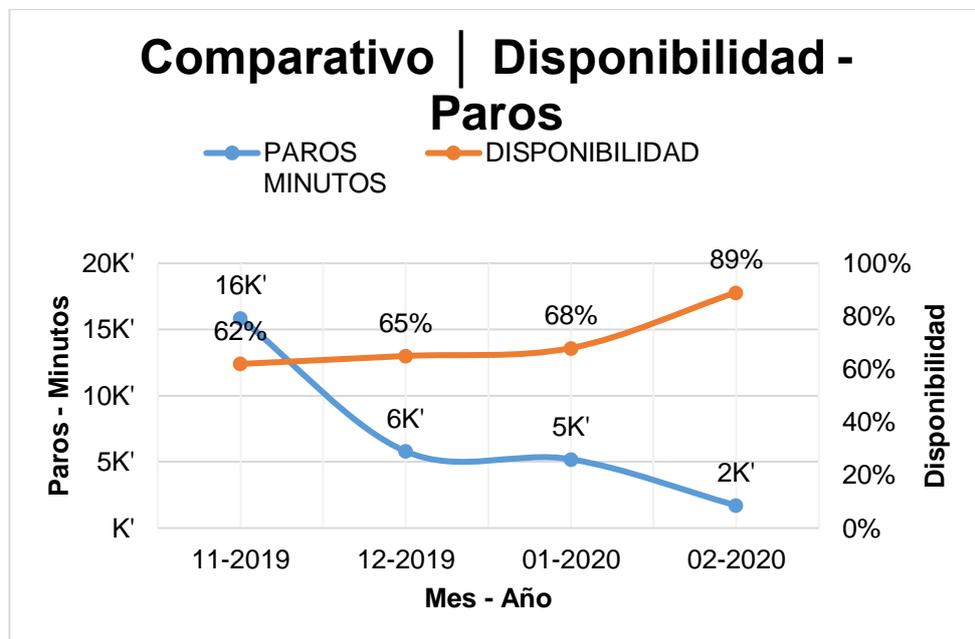
Máquina	Artículo	SETUP	Improductivo	Disponibilidad %	Rendimiento %	Calidad %	OEE %
HT-1850	PALLET DE DOBLE CARA /TAPA NEGRO	200	60	0.92	0.95	0.99	0.86
HT-1850	PALLET DE DOBLE/ BASE NEGRO	145	0	0.95	0.93	0.97	0.85
HT-1850	PALLET DE DOBLE CARA /TAPA NEGRO	120	180	0.95	0.93	0.97	0.86
HT-1850	PALLET DE DOBLE/ BASE NEGRO	260	90	0.94	0.96	0.97	0.87
HT-1850	TACHO RCJE HERK BUZ GDE B ROJO	170	200	0.74	0.98	0.98	0.71
HT-1850	TACHO CAPO CUADRADO BASE AZUL	120	120	0.83	0.89	0.97	0.72
HT-1850	PALLET PICA NEGRO	230	45	0.90	0.98	0.97	0.85
HT-1850	MESA BALTICA CONCHO DE VINO	215	160	0.79	0.96	0.98	0.74
HT-1850	MESA BALTICA BEIGE	115	60	0.93	0.97	0.97	0.88
HT-1850	MESA BALTICA BLANCO	130	60	0.91	0.94	0.97	0.83
<b>Resultado del mes</b>				<b>0.89</b>	<b>0.95</b>	<b>0.97</b>	<b>0.82</b>

Fuente: Autor, 2019

Con los resultados obtenidos de la producción en la máquina 1850, se procede a realizar un cuadro comparativo de la disponibilidad vs los paros de máquina (ver figura 5.20). Los datos recopilados corresponden al período comprendido entre noviembre del 2019 al mes de febrero del 2020, donde se aplicó las soluciones dadas en el capítulo 4 de la tabla 4.11.

Se puede evidenciar que aplicando las mejoras planteadas los minutos de paros ha disminuido con respecto a los meses anteriores, dando como resultado en el indicador de la disponibilidad un incremento del 68% al 89%.

**Figura 5.20 Registro de causas de paro**



Fuente: Autor, 2019

Según (Rodríguez, 2019) la figura 5.21 detalla la relación de la valoración cualitativa del OEE en función del valor obtenido para dicho indicador.

**Figura 5.21 Valoración cualitativa del OEE**

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados "World Class".
OEE > 95%	Excelente	Competitividad Excelente.

Fuente: Rodríguez, 2019

Bajo esta relación, el valor obtenido de 89% para el OEE en el presente estudio tiene una calificación buena en función de la competitividad.

### 5.9 Desarrollo del modelo matemático

En esta sección se explica el desarrollo del modelo matemático para maximizar el OEE haciendo uso del software GAMS (Sistema general de modelaje algebraico). A continuación, se detalla el modelo empleado.

#### Índices

**s:** Semana

**s(ss):** Semana escogida

**d:** Día

**i:** Ítem

**t:** Turno

#### Escalares:

**j:** Jornada laboral.

**k:** Porcentaje de penalización por la jornada laboral.

**p:** Periodo de planificación.

#### Parámetros:

**Escenario I(i):** Probabilidad de que el ítem i sea averiado.

**Escenario M(i):** Probabilidad de que durante la producción del ítem i sea de un paro de máquina.

**TH(i):** Tiempo de fabricación del Ítem i

**Producción(s,d,i,t):** Producción en la semana S en el día d en el ítem i en el turno t.

**RH(s,d,t):** Recursos en tiempo en la semana S del día D en el turno t.

**RM(s,d,t):** Recursos mantenimiento en la semana S del día D en el turno t.

**U(s,d,i,t):** Cantidad de paros en la semana S en el día d del ítem i en el turno t.

**V(s,d,i,t):** Cantidad de producción averiada en la semana S en el día d del ítem i en el turno t.

**Variables:**

**Z** Maximizar eficiencia de la OEE.

**OEE(s,d,t):** Eficiencia en la semana S en el día d en el turno t.

**X(s,d,i,t):** Cantidad a producir en la semana S en el día d del ítem i en el turno t.

**Disponibilidad(s,d,t):** La disponibilidad de producir en la semana S en el día d en el turno t.

**Rendimiento(s,d,t):** La productividad de producir en la semana S en el día d en el turno t.

**Calidad(s,d,t):** La calidad de producir en la semana S en el día d en el turno t.

**Variables Binarias:**

**Y(s,d,t):** Asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t.

**Modelo Matemático**

Función objetivo: maximizar la eficiencia del OEE.

Sumatoria de la eficiencia en la semana S en el día d en el turno t dividido para el periodo de planificación. (Ver ecuación 5.3)

$$\text{Max } Z = \sum_{s=1, d=1, t=1}^{S, D, T} OEE(s, d, t) / p \quad (5.3)$$

Restricción 1 de producción: Cantidad a producir en la semana S en el día d del ítem i en el turno t sea mayor o igual a la producción en la semana S en el día d en el ítem i en el turno t. (Ver ecuación 5.4)

$$i) \quad X(s, d, i, t) \geq \text{Produccion}(s, d, i, t) \quad \forall s \in SS \forall d \forall i \quad (5.4)$$

Restricción 2 de recurso: Sumatoria, cantidad a producir en la semana S en el día d del ítem i en el turno t multiplicado por el tiempo de fabricación del ítem i sea menor o igual a recursos en tiempo en la semana S del da D en el turno t. (Ver ecuación 5.5)

$$ii) \quad \sum_{i=1}^I X(s, d, i, t) * TH(i) \leq RH(s, d, t) \quad \forall s \in SS \forall d \forall t \quad (5.5)$$

Restricción 3 de mantenimiento: Asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t sea menor o igual al recurso mantenimiento en la semana S del día D en el turno t. (Ver ecuación 5.6)

$$iii) \quad Y(s, d, t) \leq RM(s, d, t) \quad \forall d \forall t \forall s \in SS \quad (5.6)$$

Restricción 4 variable binaria: Sumatoria, asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t es igual a uno. (Ver ecuación 5.7)

$$iv) \quad \sum_{s=1, d=1, t=1}^{S, D, T} Y(s, d, t) = 1 \quad \forall s \in SS \quad (5.7)$$

Restricción 5 disponibilidad: La disponibilidad de producir en la semana S en el día d en el turno t es igual a (la jornada laboral menos la sumatoria de la cantidad de paros en la semana S en el día d del ítem i en el turno t multiplicado por (uno menos la asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t)) dividido entre Jornada laboral más porcentaje de penalización por la jornada laboral por la asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t. (Ver ecuación 5.8)

$$v) \text{ Disponibilidad}(s, d, t) = \frac{J - \sum_{i=1}^I U(s, d, i, t) * (1 - Y(s, d, t))}{J} + k * Y(s, d, t) \quad \forall s \in SS \forall d \forall t \quad (5.8)$$

Restricción 6 rendimiento: La productividad de producir en la semana S en el día d en el turno t es igual a la sumatoria de la cantidad a producir en la

semana S en el día d del ítem i en el turno t multiplicado por (uno menos asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t) dividido entre (sumatoria de la producción en la semana S en el día d en el ítem i en el turno t) más el porcentaje de penalización por la jornada laboral por la asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t. (Ver ecuación 5.9)

$$vi) \text{Rendimiento}(s, d, t) = \frac{\sum_{i=1}^I X(s, d, i, t) * (1 - Y(s, d, t))}{\sum_{i=1}^I \text{Produccion}(s, d, i, t)} + k * Y(s, d, t) \quad \forall s \in SS \forall d \forall t$$

**(5.9)**

Restricción 7 calidad: La calidad de producir en la semana S en el día d en el turno t es igual a (sumatoria de la cantidad a producir en la semana S en el día d del ítem i en el turno t menos la cantidad de producción averiada en la semana S en el día d del ítem i en el turno t) multiplicado por (uno menos la asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t) dividido entre (uno más la cantidad a producir en la semana S en el día d del ítem i en el turno t) más el porcentaje de penalización por la jornada laboral por la asignación del mantenimiento en la semana S en el día d en el turno t. (Ver ecuación 5.10)

$$vii) \text{Calidad}(s, d, t) = (\sum_{i=1}^I X(s, d, i, t) - V(s, d, i, t)) * \frac{1 - Y(s, d, t)}{1 + X(s, d, i, t)} + k * Y(s, d, t) \quad \forall s \in SS \forall d \forall i \forall t$$

**(5.10)**

Restricción 8 eficiencia: Eficiencia en la semana S en el día d en el turno t es igual a la disponibilidad de producir en la semana S en el día d en el turno t multiplicada por la productividad de producir en la semana S en el día d en el turno t multiplicada por la calidad de producir en la semana S en el día d en el turno t. (Ver ecuación 5.11)

$$viii) OEE(s, d, t) = \text{Disponibilidad}(s, d, t) * \text{Rendimiento}(s, d, t) * \text{Calidad}(s, d, t) \quad \forall s \in SS \forall d \forall t$$

**(5.11)**

### Validación de variables

Las variables x, disponibilidad, rendimiento, calidad deben ser mayor a cero. (Ver ecuación 5.12)

$$ix) X(s, d, i, t), Disponibilidad(s, d, t), Rendimiento(s, d, t), Calidad(s, d, t), OEE(s, d, t) \geq 0 \quad \forall s \forall d \forall i \forall t \quad (5.12)$$

La variable Y pertenece a valor uno o cero. (Ver ecuación 5.13)

$$x) Y(s, d, t) \in \{0, 1\} \quad \forall s \in SS \forall d \forall t \quad (5.13)$$

El mismo modelo se procedió a transcribir en gams, adicionando las tablas a utilizar para ejecutarlo (Ver Anexo G).

Luego de validar que el modelo matemático funciona, se procede a ver los resultados devuelto por el software en un archivo de texto.

El ejemplo se basa a la recolección de información de una semana según la programación planificada. A continuación, se detalla los resultados:

### Disponibilidad diaria por turno

**Figura 5.22 Resultado: Disponibilidad diaria por turno**

Medicion de Disponibilidad en la Semana s en el Dia D en Turno t			
8	L	1	0.50
8	M	1	0.92
8	W	1	0.92
8	J	1	0.92
8	V	1	0.92
8	S	1	0.92
8	D	1	0.92
8	L	2	0.92
8	M	2	0.92
8	W	2	0.92
8	J	2	0.92
8	V	2	0.92
8	S	2	0.92
8	D	2	0.92

Fuente: GAMS, 2019

## Rendimiento diario por turno

**Figura 5.23 Resultado: Rendimiento diario por turno**

Medicion de Productividad	en la Semana	s en el Dia	D en Turno	t
8	L	1		0.50
8	M	1		0.96
8	W	1		0.98
8	J	1		0.99
8	V	1		0.99
8	S	1		0.98
8	D	1		0.99
8	L	2		0.95
8	M	2		0.95
8	W	2		0.99
8	J	2		0.99
8	V	2		0.99
8	S	2		0.99

Fuente: GAMS, 2019

## Calidad diaria por turno

**Figura 5.24 Resultado: Calidad diaria por turno**

Medicion de Calidad	en la Semana	s en el Dia	D en Turno	t
8	L	1		0.50
8	M	1		0.96
8	W	1		0.98
8	J	1		0.99
8	V	1		0.99
8	S	1		0.98
8	D	1		0.99
8	L	2		0.95
8	M	2		0.95
8	W	2		0.99
8	J	2		0.99
8	V	2		0.99
8	S	2		0.99

Fuente: GAMS, 2019

Obteniendo un OEE del 76%.

Con los cambios implementados se logra subir la eficiencia de la máquina del 68% al 76% y sobrepasa la meta actual del 75%.

**Figura 5.25 Resultado: Función objetivo**

Objective	0.76			
Produccion del Item i en la Semana s en el Dia D en Turno t				
8	L	E	1	166.00
8	M	E	1	170.00
8	W	F	1	318.00
8	J	F	1	267.00
8	J	G	1	319.00
8	V	G	1	607.00
8	S	H	1	395.00
8	D	H	1	604.00
8	L	E	2	160.00
8	M	E	2	162.00
8	W	F	2	676.00
8	J	G	2	598.00
8	V	G	2	592.00
8	S	H	2	620.00

Fuente: GAMS, 2019

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber analizado, procesado y ejecutado las mejoras para aumentar la eficiencia de la máquina, se procede a dar las respectivas conclusiones y recomendaciones para mantener las mejoras y en el futuro aplicarlas en otras áreas o máquinas.

### 6.1 Conclusiones

- Se logró evaluar la situación actual de las máquinas utilizando el cálculo del indicador OEE, mediante el cual se identificó la máquina 1850 que tiene menor eficiencia dentro del grupo de máquina de alto consumo.
- Mediante el indicador OEE se pudo identificar que la variable disponibilidad tenía bajo porcentaje. Esta variable se la determinó realizando entrevistas y recopilación de datos históricos de paros de máquinas.
- Se determinó estrategias como clasificación de repuestos, limitaciones de zonas, cálculos de EOQ y diseños de diagramas de procesos para minimizar los diferentes tipos de paradas.
- Se diseñó un sistema de registros en línea, la misma que se utiliza para visualizar la información en tiempo real y poder tomar decisiones oportunas. También se logró disminuir los costos de recurso humano.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda mantener una buena comunicación entre las áreas comercial, planificación, producción, mantenimiento de máquina y moldes para lograr sincronizar una buena programación, de esta manera se evitará cambiar el cronograma elaborado para un período de tiempo.
- Es importante escuchar las sugerencias dadas por el personal de Planta para continuar con las mejoras en los procesos. Capacitación continua al personal técnico, reguladores y operados de máquinas para retroalimentarse de información actualizada.
- El área de Gestión Humana debería realizar campañas de mejoras continuas de los procesos, con esto se logrará incentivar al personal con su creatividad e imaginación para optimizar y ahorrar costos de algún proceso.
- También se recomienda mantener el apoyo del Director De Planta, él juega un papel muy esencial para aprobar toda iniciativa buena que genere ahorro en tiempo y dinero. Sin la ayuda del director no podría ser posible la ejecución de la metodología aplicada en este estudio.
- Es necesario realizar un cronograma de mantenimiento de máquinas - moldes y planificación de la producción con secuenciación y análisis profundo, se sugiere poderlas aplicar en futuras tesis o investigaciones.

# BIBLIOGRAFÍA

- Alarcon, A. (2014). *repositorio.ug.edu.ec*. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>
- Castro, J. (2016). *http://dspace.unitru.edu.pe*. Obtenido de  
<http://dspace.unitru.edu.pe>:  
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8365/Castro%20V%C3%A1squez%20Jes%C3%BAs%20lv%C3%A1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones producción y cadena de suministros*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Círculo de Economía. (2014). *Círculo de Economía*. Obtenido de Círculo de Economía: <http://www.circuloeconomiaalicante.com/actualidad/lo-que-no-se-mide-no-se-conoce-el-indicador-oe/>
- Diaz Cuba, C. (2017). *repositorio.uss.edu.pe*. Obtenido de repositorio.uss.edu.pe:  
<http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4071/TESIS-USS-%20Diaz%20Cubas%20Santa%20Cruz%20P%C3%A9rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerrero, J. (09 de 10 de 2017). *www.leanroots.com*. Obtenido de [www.leanroots.com](http://www.leanroots.com): <https://www.leanroots.com/wordpress/2017/10/09/oe/>
- Guillo, J. J. (2007). *Calidad Total: Fuente de ventaja competitiva*. Espagarfic. Kaizen: Un caso de Estudio, 45 (2010).
- Lares, B. (2015). *159.90.80.55/tesis*. Obtenido de 159.90.80.55/tesis:  
<http://159.90.80.55/tesis/000170401.pdf>
- Lideres. (2018). *www.revistalideres.ec*. Obtenido de [www.revistalideres.ec](http://www.revistalideres.ec):  
<https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>
- Lopez, J. (2017). Obtenido de <http://148.204.210.201/tesis/1503338629339INCREMENTODEP.pdf>
- Medina Santana, C. A. (2006). *Desarrollo e Implementación del Indicador Eficiencia Total del Equipo en el Área de Envasado de una Planta de Detergentes*. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/28792765\\_Desarrollo\\_E\\_Implementacion\\_Del\\_Indicador\\_Eficiencia\\_Total\\_Del\\_Equipo\\_En\\_El\\_Area\\_De\\_Envasado\\_De\\_Una\\_Planta\\_De\\_Detergentes](https://www.researchgate.net/publication/28792765_Desarrollo_E_Implementacion_Del_Indicador_Eficiencia_Total_Del_Equipo_En_El_Area_De_Envasado_De_Una_Planta_De_Detergentes)

- Mohr Barría, P. (2012). Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de los equipos en líneas de producción. Chile.
- Ortega, P. F. (17 de 05 de 2017). *Linkedin*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/productividad-vs-eficiencia>
- Raffino, M. (10 de 2019). *concepto.de*. Obtenido de [concepto.de](https://concepto.de/proceso-de-produccion/): <https://concepto.de/proceso-de-produccion/>
- Rodriguez, J. (15 de noviembre de 2019). *SPC*. Obtenido de [SPC](https://spcgroup.com.mx/oee-el-indicador-clave-del-rendimiento-de-un-proceso/): <https://spcgroup.com.mx/oee-el-indicador-clave-del-rendimiento-de-un-proceso/>
- Rojas Jauregui, A. P., & Gisbert Soler, V. (22 de 12 de 2017). *HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS*. Obtenido de [www.3ciencias.com](http://www.3ciencias.com): [https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art\\_14.pdf](https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_14.pdf)
- Salgarra Rodríguez, I. L., & Siera Parga, C. C. (2018). Estudio de la efectividad global de los equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa INEMFLEX S.A. Bogotá, Colombia.
- Sejzer, R. (14 de 07 de 2016). *Calidad Total*. Obtenido de [www.ctcalidad.blogspot.com](http://ctcalidad.blogspot.com): <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/07/que-es-la-oee-y-como-se-calcula-ejemplo.html>
- Silva, D. (2017). <http://repositorio.uigv.edu.pe>. Obtenido de <http://repositorio.uigv.edu.pe>: <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1331/TRABAJO%20DE%20SUFICIENCIA%20PROF.%20David%20Antonio%20Silva%20Yactayo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Touron, J. (09 de 03 de 2016). *www.sistemasoe.com*. Obtenido de [www.sistemasoe.com](http://www.sistemasoe.com): <https://www.sistemasoe.com/definicion-oee/>
- Vargas Toscano, G. (11 de 2017). Medición de eficiencias de los procesos de recibo y desgrane en maíz para la planta de semillas de Zamorano. Honduras.

Vélez Suárez, B. A., & Castillo Macías, O. F. (2015). *www.dspace.espol.edu.ec*.  
Obtenido de *www.dspace.espol.edu.ec*:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89183/D-88106.pdf>

Vilema Romero, J. O. (2018). Análisis y Mejoramiento del proceso de envasado en una industria de Agroquímicos por medio de la Aplicación del Sistema OEE (Eficiencia Global de Equipos) y Manufactura Esbelta. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

# ANEXOS

## ANEXO A: FOTOS – PERSONAL Y MATERIALES DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Resistencia para moldes



Revisión de proceso para mantenimiento de moldes



**Repositorio para repuestos**



C

**Casilleros de repuestos no cuenta con seguro**



## Estándares para guardar repuestos de máquina y moldes



## Recopilando información de repuestos estratégicos



**Manguera de repuesto para máquina**



## **ANEXO B: FOTOS – SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO**

**Producto terminado y basura en máquina**



**Espacio no limitado para mantenimiento de molde**



**Moldes esperando recibir mantenimiento y área ocupada por otros materiales**



**Producto esperando ser evacuado por montacarguista**



**Producto esperando ser evacuado por montacarguista**



**Producto terminado averiado por falla de máquina**



**Área definida para mantenimiento de moldes**



**Área ocupada por producto terminado**



**Moldes listo para mantenimiento**



**Area definida para ubicar y retirar producto terminado**



# ANEXO C: POLÍTICA DE MANTENIMIENTO PARA MOLDES

 ABASTECIMIENTO/GESTIÓN Y PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN						
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		POLÍTICA PARA MANTENIMIENTO DE MOLDES				CODIGO
						PK-PO-PMM-001
FECHA EMISIÓN:		FECHA REVISIÓN:		No. REVISIÓN:	1	PÁGINA: 1/3

## 1. OBJETIVO:

Establecer la metodología para la preparación y reparación de los moldes usados en la Planta de Inyección y Rotomoldeo asegurando la eficiencia de las operaciones de producción.

## 2. ALCANCE:

Este procedimiento es aplicable a todos los moldes que se usan en la Planta de Inyección y Rotomoldeo.

## 3. RESPONSABILIDADES:

- El Jefe de Mantenimiento de Moldes es responsable de la elaboración de este procedimiento.
- El Gerente de Producción es responsable de la revisión de este procedimiento.
- El Director de Plantas es responsable de la aprobación de este procedimiento.

## 4. DEFINICION DE TERMINOS:

- Preparación de Molde: Realizar el alistamiento del molde mediante una check list antes del montaje.
- Molde: Pieza o conjunto de piezas acopladas, con cavidades donde se inyecta a presión termoplástico fundido, proporcionando el artículo deseado. |

## 5. DOCUMENTOS Y/O FORMATOS RELACIONADOS:

NO APLICA

## 6. POLITICAS:

### 6.1. PREPARACIÓN DE MOLDES

La preparación de moldes puede darse por dos vías:

1. El Dpto. de Planificación emite el Programa de Producción diario, esta información da la pauta para preparar un molde, la preparación de un molde se controla a través del formato Orden de Preparación de Moldes, en donde el Jefe o Supervisor asigna el trabajo a realizar y el mecánico responsable llena el registro.
2. Diariamente los Coordinadores de Producción y el Jefe y/o Supervisor de Mantenimiento de Moldes acuerdan la fecha de entrega del molde en el formato de Coordinación diaria de

Cambio de Moldes. Con esta premisa el Jefe y/o Supervisor de Mantenimiento de Moldes realiza la Orden de Preparación de Moldes Km. 9.5, asignando el trabajo a un mecánico.

## 6.2. PREPARACIÓN PLAN DE PRODUCCIÓN

- El Dpto. de Planificación debe asegurar que existan todos los componentes necesarios para el armado del producto terminado, esto es para evitar la acumulación de producto en el área donde se está produciendo.
- Cuando el componente depende de un proveedor externo, el Dpto. de planificación debe dar seguimiento continuo para que el componente esté disponible en la fecha solicitada.
- En caso de que el proveedor externo no cumpla con la fecha indicada para proveer el componente, el Dpto. de planificación no debe enviar a producir el producto.

## 6.3. OPERADOR DEL MONTACARGAS

El operador de la máquina será el encargado de informar al operador del montacargas para el retiro del producto terminado. Para esto se debe cumplir lo siguiente:

- Producto terminado debe estar en la zona señalada.
- El pallet debe tener 20 unidades cuando el producto es pallet y si son tachos debe tener 20 unidades.
- Área limitada para el producto terminado con 8 pallets.
- El operador de la máquina utilizará como medio de comunicación un boquitogui.
- El supervisor de producción será el encargado de dar seguimiento al montacarguista para que este cumpla con el retiro de la producción.

## 7. CONTROL DE CAMBIOS:

CONTROL DE CAMBIOS		
FECHA (DD-MM-AA)	No. Revisión	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

## ANEXO D: LISTADO DE REPUESTOS ESTRATÉGICOS

Artículo	Descripción del Artículo	Total unidades	LTIME Días	Costo Pedido	Costo Inventario	EOQ (cantidad económica de pedido)	Unidades por día	ROP(unidad a pedir)	LTIME Mes
89700275	INNER HEXAGON BOLT M36×140-12.9-201045	18	97	\$ 49,72	\$ 30,38	8	0,049	5	4
89700276	INNER HEXAGON BOLT M30×90-12.9-201062	12	97	\$ 10,06	\$ 30,38	3	0,033	4	4
89700278	END CAP HTF2500E-01-02-01A-501037XA	1	97	\$ 63,49	\$ 30,38	2	0,003	1	4
89700279	END CAP HTF2000W1-01E-02-02-501180	1	97	\$ 67,10	\$ 30,38	2	0,003	1	4
89700280	NOZZLE HTF2500E-01-01-01ZS-502004ZS	1	97	\$ 4,19	\$ 30,38	1	0,003	1	4
89700281	SCREW TIP ?170 T-01-03-20C-506042XA	2	97	\$ 50,32	\$ 30,38	3	0,005	1	4
89700282	COLLAR SEAT HTF2100WC-01-04-185-508053SK	2	97	\$ 24,55	\$ 30,38	2	0,005	1	4
89700283	INNER HEXAGON PLUG SCREW R1-571108	15	97	\$ 1,22	\$ 30,38	1	0,041	4	4
89700284	INNER HEXAGON PLUG SCREW R3-571109	2	97	\$ 0,21	\$ 30,38	0	0,005	1	4
89700286	MIXING RING HTF2000W1-01E-10(168.8)-L507A311	1	97	\$ 33,14	\$ 30,38	1	0,003	1	4
89700287	SCREW COLLAR HTF2400WB-01-05-185(LY)-L509A064	2	97	\$ 6,65	\$ 30,38	1	0,005	1	4
85707402	BOMBA QT4N-31.5F-SV	1	94	\$ 142,79	\$ 30,38	3	0,003	1	4
85707403	BOMBA QT6N-100E	3	94	\$ 922,96	\$ 30,38	14	0,008	1	4
85707404	BOMBA QT8N-200F	1	94	\$ 461,22	\$ 30,38	6	0,003	1	4
89700285	SCREW HTF2400WB-01-07PX-LY-L503C190	1	92	\$ 658,71	\$ 30,38	7	0,003	1	4
89700277	BARREL JU2400 B-01-06-500A242	1	92	\$ 2.577,57	\$ 30,38	13	0,003	1	4
82420029	VENTILADOR 39308564	6	92	\$ 88,63	\$ 30,38	6	0,016	2	4
86712363	VALVULAS SAFETY - 150 PSI	12	95	\$ 207,16	\$ 30,38	13	0,033	4	4
85707222	BOMBA HIDR.QT62-125FS	2	86	\$ 997,78	\$ 30,38	11	0,005	1	3
89701836	MOULD CLAMPING PISTON 02-01-04B	1	78	\$ 519,10	\$ 30,38	6	0,003	1	3
89701837	CLAMP BORAD 02-01-11	1	78	\$ 39,01	\$ 30,38	2	0,003	1	3
89701838	INNER HEXAGON BOLT M20×60-10.9	6	78	\$ 1,00	\$ 30,38	1	0,016	2	3
89701839	GUIDE BAND GP7506400-C480	2	78	\$ 38,02	\$ 30,38	2	0,005	1	3
89701840	GUIDE BAND GP7506400-Z80	1	78	\$ 36,70	\$ 30,38	2	0,003	1	3

89701841	TRING (TERUIBAOSG)PT0806400- T46N	1	78	\$ 156,72	\$ 30,38	3	0,003	1	3
89701842	CUT RING BU4302700- PT00	1	78	\$ 2,81	\$ 30,38	0	0,003	1	3
89701843	ORING (PARKER)272X5.33	1	78	\$ 0,50	\$ 30,38	0	0,003	1	3
89701835	TIE BAR 02-63BHA	1	77	\$ 2.294,44	\$ 30,38	12	0,003	1	3
86705215	VALVULA SEGURIDAD SAFETY 1/4" 60PSI	4	65	\$ 192,05	\$ 30,38	7	0,011	1	3
82931501	ACOPLE DE AGUA	1	65	\$ 199,98	\$ 30,38	4	0,003	1	3
89719916	TRANSDUCER (MTS) SPECIAL D-0100MA	16	64	\$ 289,02	\$ 30,38	17	0,044	3	3
82614209	GUIA DE CABLE DE ACERO	4	56	\$ 35,93	\$ 30,38	3	0,011	1	2
89730401	ENCODER # 86579	5	51	\$ 5,40	\$ 30,38	1	0,014	1	2
89732202	VALV.PROPORCIONAL SPV-15 220V.	1	48	\$ 1.011,97	\$ 30,38	8	0,003	1	2
88502140	SENSOR INDUCTIVO PNP1NO	15	38	\$ 169,28	\$ 30,38	13	0,041	2	2
82429809	INVERSOR DE FRECUENCIA - INVERTER	6	28	\$ 55,01	\$ 30,38	5	0,016	1	1
89704847	CARGADOR AUTOMATICO DE MATERIAL	23	25	\$ 1.857,75	\$ 30,38	53	0,063	2	1
87503708	SERVO MOTOR	4	24	\$ 1.319,99	\$ 30,38	19	0,011	1	1
85707216	BOMBA HIDRAULICA V20	4	21	\$ 107,24	\$ 30,38	5	0,011	1	1
86107018	RELAY, AUTO CONTROL STD 39403290	4	20	\$ 162,47	\$ 30,38	7	0,011	1	1
85707223	BOMBA HIDR.QT62-80-E	2	20	\$ 118,62	\$ 30,38	4	0,005	1	1
88705705	DRIVER MMR7-0901	2	20	\$ 1.742,44	\$ 30,38	15	0,005	1	1
89730404	ENCODER 73030805	2	20	\$ 171,62	\$ 30,38	5	0,005	1	1
89731311	UPS SUA 1000 ICH 60HZ	9	20	\$ 63,56	\$ 30,38	6	0,025	1	1
89731307	UPS POWERWARE 9120	1	20	\$ 51,39	\$ 30,38	2	0,003	1	1
89732203	AUTO LOADER 1 HP 220V 60HZ 30PH	12	20	\$ 67,58	\$ 30,38	7	0,033	1	1
83200902	FILTRO ELECTR. DL-200 - 032015	12	20	\$ 30,38	\$ 30,38	5	0,033	1	1
83203602	FILTRO ELECTRONICO DL- 150	10	20	\$ 26,52	\$ 30,38	4	0,027	1	1
82423609	BOTONERA D'MANDO DST7SP221	11	20	\$ 81,68	\$ 30,38	8	0,030	1	1
89702201	PANTALLA CRISTAL LIQ.LM65261XUFC	2	20	\$ 173,95	\$ 30,38	5	0,005	1	1

# ANEXO E: POLÍTICA PARA CAMBIO DE MOLDES

						
<b>ABASTECIMIENTO/GESTIÓN Y PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN</b>						
<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>			<b>POLÍTICA INTERNA PARA CAMBIO DE MOLDES</b>			<b>CODIGO</b>
						PK-PO-PCM-001
<b>FECHA EMISIÓN:</b>		<b>FECHA REVISIÓN:</b>		<b>No. REVISIÓN:</b>	1	<b>PÁGINA: 1/6</b>

## 1. OBJETIVO:

Establecer lineamientos a fin de coordinar y planificar las actividades de producción de manera eficiente, optimizando los recursos necesarios para cumplir con los requerimientos de los clientes dentro de los tiempos pactados.

## 2. ALCANCE:

Los lineamientos contenidos en el presente documento aplican a todo el personal involucrado en el proceso de Gestión de la Planeación de Producción

Los subprocesos dentro del alcance son los siguientes:

- Definición de Plan Detallado de Producción (DSP)

## 3. RESPONSABILIDADES:

- Todos los colaboradores de la empresa deben cumplir y hacer cumplir esta política.
- El Gerente de Abastecimiento es responsable de la revisión, actualización y monitoreo del cumplimiento de este documento.
- El Gerente General de la empresa es responsable de aprobar este documento. |

## 4. DEFINICION DE TERMINOS:

- Plan Maestro de Producción (MPS): plan de producción con horizonte de planeación de una semana e información a nivel diario.
- Ficha Técnica: es la receta en donde se especifican todos los componentes que forman parte del producto a fin de establecer tanto fórmulas principales y sustitutas.
- Hoja de Proceso: documento donde se especifican todas las actividades necesarias para fabricar el producto semielaborado y/o terminado, así mismo se establecen las máquinas/moldes principales, sustitutas y número de recursos (horas/hombre) requeridos para completar la producción.
- Sales & Operations Planning (S&OP): Comité de alineación de ventas y operaciones conformado por las áreas de: Compras, Comercial (Local y Comex), Logística, Planeación, Producción, Finanzas y Calidad si aplicara.

- **Materia Prima (MP):** todo bien que tenga como finalidad la transformación durante un proceso de producción hasta convertirse en un elemento de consumo. Ocupan el primer paso dentro de una cadena de fabricación.
- **Material de Empaque:** son bienes utilizados para empaque de productos pensando en su manipulación, transporte y almacenaje.
- **Insumos:** todo material que no sea materia prima que son utilizados para la fabricación de los productos.
- **Producto Semielaborado (PS):** Bienes que han sido transformados en productos semiprocesados, que deben pasar procesos de producción adicionales hasta convertirse en productos terminados disponibles para la venta.
- **Producto Terminado (PT):** bienes que han sido transformados en productos elaborados. Productos o mercancía, así como también los artículos que se han producido por la empresa y se encuentran disponibles para la venta.
- **Retenido:** producto terminado o producto semielaborado que es separado del proceso productivo por no cumplir con especificaciones de calidad y que puede ser reingresado al mismo proceso o a un proceso distinto después del análisis pertinente.
- **Reproceso:** la acción tomada para corregir un producto no conforme, y que pueda cumplir con los requisitos o especificaciones.
- **Subproducto:** es un producto secundario y a veces inesperado. También se llama subproducto al residuo de un proceso al que se le puede sacar una segunda utilidad. No es un desecho puesto que no se lo elimina, sino que es utilizado para otro proceso o es destinado para la venta.
- **Scrap:** material generado como consecuencia del proceso productivo, el cual puede o no ser reutilizable
- **Desperdicio:** todo elemento de producción, actividad, tarea u operación que no agrega valor al producto, añadiendo sólo tiempo y/o costo al proceso productivo.
- **Producto No Conforme:** materia prima, insumos, material de empaque, productos semielaborados y productos terminados que presentan alguna característica que incumple con los parámetros de Calidad establecidos.
- **Make To Order (MTO):** proceso de manufactura en el cual los bienes solamente son producidos al momento de recibir el pedido de un cliente.
- **Make To Stock (MTS):** proceso de manufactura en el cual los bienes son producidos y almacenados previo a recibir el pedido de un cliente.
- **Pronóstico Estadístico Base:** es la proyección de las ventas de un producto durante un determinado período futuro. Solamente considera datos históricos, no estimaciones comerciales o promociones.
- **Explosión de Materiales (BOM):** es un inventario completo de las materias primas, material de empaque y material indirecto de fabricación, así como las cantidades de cada uno de ellos necesarios para fabricar un producto.
- **Inventario Mínimo:** bajo condiciones operativas normales, cantidad mínima de existencias que se podrían tener en bodega sin que se produjeran roturas de stock.
- **Inventario Máximo:** bajo condiciones operativas normales, es el mayor volumen de existencias que se puede tener almacenado sin afectar negativamente a los costos y los indicadores de gestión (capital de trabajo).

- Inventario de Seguridad: unidades que deben mantenerse en almacén para afrontar, principalmente, variaciones en el abastecimiento. El inventario de seguridad considera la variabilidad de la recepción de materiales, especialmente la insuficiencia de entregas.
- Lead Time: es el tiempo que transcurre desde que se ingresa una orden de compra hasta que el material es recibido en bodega.
- Tiempo de Ciclo de Manufactura: es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se obtiene un producto terminado.

## 5. DOCUMENTOS Y/O FORMATOS RELACIONADOS:

NO APLICA

## 6. POLITICAS:

### 6.1. GENERALES

- Cualquier colaborador de la empresa que identifique algún cambio o actualización en el mismo, deberá comunicarlo inmediatamente al Gerente de Abastecimiento quién es el dueño del presente proceso, para su correspondiente evaluación y procesamiento.
- El Gerente de Abastecimiento deberá asegurar que la política sea revisada al menos anualmente y actualizada cuando existan cambios en el proceso.
- El área de Abastecimiento, en estrecha relación con las diferentes áreas de Negocio, será responsable de realizar la Plan Maestro de Producción a fin de coordinar las actividades requeridas para el cumplimiento de este.

### 6.2. ELABORACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN (MPS)

- El plan maestro de producción deberá considerar un horizonte de planeación de 7 días por sku.
- El plan maestro de producción deberá ser elaborado a nivel SKU para mercado local y comercio exterior.
- El plan maestro de producción deberá ser actualizado y revisado con frecuencia diaria considerando la información del pronóstico, órdenes de venta, ventas perdidas, backorders y niveles de inventario en caso de productos Make to Stock.
- Para el caso de productos que manejen temas de licencias, se deberá registrar y monitorear la vigencia de estas a fin de bloquear los pedidos de manera oportuna.
- La metodología para determinar la capacidad de las plantas será estándar para las diferentes plantas y deberá contemplar:
  - Tiempo disponible productivo.
  - Rendimiento real de las máquinas.
  - Tiempos de set-up.
  - Tiempos de limpieza de máquinas.
  - Tipo de producto y mix de producción.
  - Paros programados.
  - OEE

- La capacidad de la planta (máquinas / moldes) deberá ser actualizada por el Gerente de Planta y Jefes de Producción, las cuales deberán ser aprobadas por el Director de Plantas cuando se realice una repotenciación en las maquinarias / ~~overhauls~~ ~~overhauls~~ o considerando la implementación de nueva maquinaria, equipo o materia prima dentro de la línea de producción, y revisada anualmente. Adicionalmente los resultados obtenidos deberán ser comunicados al Gerente de Abastecimiento a fin de que se considere únicamente la capacidad real.
- Todos los productos deben contar con una hoja de ruta en donde se establezcan las máquinas, moldes y tiempo empleado en cada actividad productiva.
- El plan maestro de producción deberá considerar el tiempo de ciclo reflejado en la hoja de ruta, los cuales deberán ser revisados semestralmente por el Jefe de Producción.
- Los lotes mínimos de producción deberán ser revisados anualmente por el Gerente de Planta y Jefe(s) de Producción con el objetivo de optimizar la capacidad de las máquinas.
- El Jefe de Producción deberá definir las máquinas principales y sustitutas para la elaboración de cada SKU considerando eficiencia y costos de fabricación. Las definiciones deberán ser consideradas durante la programación de producción y serán actualizadas cuando ocurra algún cambio.
- El plan anual de mantenimiento deberá ser considerado al momento de generar el plan maestro de producción.
- El Jefe de Producción deberá considerar la información del plan maestro de producción para determinar necesidades de personal.
- El Jefe de Producción notificará oportunamente al área de Compras la necesidad de búsqueda de proveedores de servicios de maquila cuando corresponda.
- El cumplimiento del plan maestro de producción deberá ser monitoreado constantemente por el Jefe de Producción y el Jefe de Planificación a fin de comparar los tiempos programados con los tiempos reales incurridos y reflejar la necesidad de actualización de capacidades de máquinas o mantenimientos requeridos.
- Todas las modificaciones o incumplimientos al plan detallado de producción deberán ser justificadas y documentadas por el Coordinador de Producción y aprobadas por el Gerente de Planta / Jefe de Producción.
- Los requerimientos del área Comercial que generen cambios en el plan de producción deberán ser evaluados en la reunión de Comité S&OP para su atención, por lo cual deberán ser notificados con la anticipación requerida considerando la capacidad de respuesta de producción.
- Todas las modificaciones o incumplimientos al plan de producción deberán ser justificadas y documentadas por el Coordinador de Producción y aprobadas por el Gerente de Planta / Jefe de Producción.
- Los requerimientos comerciales deberán ser aprobados por el Director Comercial y Gerente de Abastecimiento y validados con el Jefe de Planificación para determinar la factibilidad del cambio al plan detallado de producción.

**7. CONTROL DE CAMBIOS:**

<b>CONTROL DE CAMBIOS</b>		
<b>FECHA (DD-MM-AA)</b>	<b>No. Revisión</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO</b>

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
-----------------------	----------------------	----------------------

# ANEXO F: CRONOGRAMA DE PRODUCCIÓN

PLANIFICACIÓN SEMANAL DE PRODUCCIÓN  
FECHA DE EJECUCIÓN: 3-feb-20

#	MAQUINA	CODIGO	DESCRIPCIÓN	ORDEN DE PRODUCCIÓN	MOLDE	CLIENTE	PEDIDO	COLOR	CICLO	PROD DIA	DIAS CARGA	HORAS CARGA	INICIA	FIN	FECHA
1	HT 1850	593042N0	PALLET DE DOBLE CARA/TAPA/NEGR	150501	8A-2013	OP-123	800	NEGR0	200	414	1,9	46	3-feb	4-feb	22-feb
2	HT 1850	593041N0	PALLET DE DOBLE BASE/NEGR0	150502	8A-2013	OP-123	800	NEGR0	195	425	1,9	45	5-feb	6-feb	21-feb
3	HT 1850	593042N0	PALLET DE DOBLE CARA/TAPA/NEGR	150503	8A-2013	OP-136	1500	NEGR0	200	414	3,6	87	7-feb	10-feb	20-feb
4	HT 1850	593041N0	PALLET DE DOBLE BASE/NEGR0	150504	8A-2013	OP-136	1500	NEGR0	195	425	3,5	85	11-feb	14-feb	19-feb
5	HT 1850	31281R0	TACHO CAP0 CUADRADO BASE RO	150505	12A-2013	OP-138	500	ROJ0	120	690	0,7	17	15-feb	15-feb	18-feb
6	HT 1850	31281Z0	TACHO CAP0 CUADRADO BASE AZUL	150506	12A-2013	OP-138	500	AZUL	120	690	0,7	17	15-feb	16-feb	17-feb
7	HT 1850	312099N0	PALLET PICA/NEGR0	150507	22-2001	MTS	600	NEGR0	242	343	1,8	42	17-feb	18-feb	16-feb
8	HT 1850	320397H0	MESA BALTICA CONCHO DE VINO	150508	1-2008	MTS	1200	C.VINO	64	1300	0,9	22	19-feb	19-feb	15-feb
9	HT 1850	320397G0	MESA BALTICA BEIGE	150509	1-2008	MTS	2000	BEIGE	68	1210	1,7	40	20-feb	21-feb	14-feb
10	HT 1850	320397B0	MESA BALTICA BLANCO	150510	1-2008	MTS	1550	BLANCO	66	1217	1,3	31	21-feb	22-feb	13-feb

# ANEXO G: MODELIZACIÓN EN GAMS

## Índices y scalar

```
OPTION OPTCR=0.00000000001;
$GDXIN OEE.gdx
Sets
s Semana/6,7,8,9/
ss(s) SemanaElegida/7/
d Dia /L,M,W,J,V,S,D/
i Item /A,B,C,D,E,F,G,H/
t Turno /1,2/

Scalar
j Jornada Laboral /8/
k Penalizacion por la Jornada Laboral /0.5/
p periodo de Planificacion/14/
```

## Parámetros

```
Parameters
EscenarioI(i) Probabilida de que el Item i sea averiado
/A 0.05
B 0.02
C 0.08/ ;

Parameters
EscenarioM(i) Probabilidad de que durante la Produccion del Item i sea de un paro de máquina
/A 0.05
B 0.02
C 0.01/ ;

Parameters
TH(i) Tiempo de fabricación del Item(i)
/
A 0.061105
B 0.059587
C 0.036663
D 0.036663
E 0.073326
F 0.057497
G 0.158334
H 0.057497 /;
```

## Tabla de demanda solicitado por planificación

Table																
Produccion(s,d,i,t) Produccion en la Semana S en el Dia d en el Item i en el turno t																
	A.1	B.1	C.1	D.1	E.1	F.1	G.1	H.1	A.2	B.2	C.2	D.2	E.2	F.2	G.2	H.2
6.L	200	0	0	0	0	0	0	0	210	0	0	0	0	0	0	0
6.M	200	0	0	0	0	0	0	0	205	0	0	0	0	0	0	0
6.W	0	195	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	0	0	0	0
6.J	0	235	0	0	0	0	0	0	0	212	0	0	0	0	0	0
6.V	193	0	0	0	0	0	0	0	218	0	0	0	0	0	0	0
6.S	208	0	0	0	0	0	0	0	295	0	0	0	0	0	0	0
6.D	222	0	0	0	0	0	0	0	233	0	0	0	0	0	0	0
7.L	225	0	0	0	0	0	0	0	220	0	0	0	0	0	0	0
7.M	0	200	0	0	0	0	0	0	0	227	0	0	0	0	0	0
7.W	0	225	0	0	0	0	0	0	0	209	0	0	0	0	0	0
7.J	0	211	0	0	0	0	0	0	0	214	0	0	0	0	0	0
7.V	0	220	0	0	0	0	0	0	0	215	0	0	0	0	0	0
7.S	0	0	505	0	0	0	0	0	0	0	28	65	0	0	0	0
7.D	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.L	0	0	0	0	166	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0
8.M	0	0	0	0	170	0	0	0	0	0	0	0	162	0	0	0
8.W	0	0	0	0	0	318	0	0	0	0	0	0	0	676	0	0
8.J	0	0	0	0	0	267	319	0	0	0	0	0	0	0	598	0
8.V	0	0	0	0	0	0	607	0	0	0	0	0	0	0	592	0
8.S	0	0	0	0	0	0	0	395	0	0	0	0	0	0	0	620
8.D	0	0	0	0	0	0	0	604	0	0	0	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Tabla de tiempo real trabajada de la máquina

Table		
RH(s,d,t)	Recursos en Tiempo en la Semana S del Dia D en el Turno T	
	1	2
6.L	7.17	11.5
6.M	11.5	11.5
6.W	9.08	11.5
6.J	11.5	11.5
6.V	9.05	11.5
6.S	11.5	9
6.D	11.5	11.5
7.L	11	11.5
7.M	9.33	11.5
7.W	7.83	11.5
7.J	11.5	11.5
7.V	11.5	11.5
7.S	5.33	7.5
7.D	11.5	11.5
8.L	6.92	11.5
8.M	11.5	11.5
8.W	5.25	11.5
8.J	8.58	11.5
8.V	11.5	11.5
8.S	8.33	11.5
8.D	11.5	0
9.L	6.92	11.5
9.M	11.5	11.5
9.W	5.25	11.5
9.J	8.58	11.5
9.V	11.5	11.5
9.S	8.33	11.5

## Tabla de mantenimiento de máquina programado

Table		
RM(s,d,t)	Recursos Mantenimiento en la Semana S del Día D en el Turno t	
	1	2
6.L	0	0
6.M	1	1
6.W	0	0
6.J	0	0
6.V	1	1
6.S	0	0
6.D	0	0
7.L	0	0
7.M	1	1
7.W	0	0
7.J	0	0
7.V	0	0
7.S	0	0
7.D	1	1
8.L	0	0
8.M	0	0
8.W	0	0
8.J	1	1
8.V	0	0
8.S	0	0
8.D	1	1
9.L	1	0
9.M	0	0
9.W	0	0

## Parámetros

### Parameter

$U(s,d,i,t)$  Cantidad de Paros en la Semana S en el Día d del Ítem i en el Turno t;

$U(s,d,i,t)=j*\text{EscenarioM}(i)$ ;

### Parameter

$V(s,d,i,t)$  Cantidad de Producción Averjada en la Semana S en el Día d del Ítem i en el Turno t ;

$V(s,d,i,t)=\text{EscenarioI}(i)*\text{Produccion}(s,d,i,t)$ ;

## Variables

### Variables

Z Maximizar eficiencia de la OEE

$OEE(s,d,t)$  Eficiencia en la Semana S en el Día d en el Turno t

$X(s,d,i,t)$  Cantidad a Producir en la Semana S en el Día d en el ítem i en el turno t

$\text{Disponibilidad}(s,d,t)$  La Disponibilidad de Producir en la Semana S en el Día d en el Turno t

$\text{Rendimiento}(s,d,t)$  La Productividad de Producir en la Semana S en el Día d en el Turno t

$\text{Calidad}(s,d,t)$  La Calidad de Producir en la Semana S en el Día d en el Turno t

$Y(s,d,t)$  Asignacion del Mantenimiento en la Semana S en el Día D en el turno t;

## Función objetivo y ecuaciones de restricciones

<u>Equations</u>	
fob,r2,r3,r4,r5,r6,r7,r8,r9;	
fob..	$z = \sum((s,d,t) \$ (ord(s) \$ ss(s)), oee(s,d,t)) / p;$
r2(s,d,i,t) \$(ord(s) \$ ss(s)) ..	$X(s,d,i,t) = g = \text{Produccion}(s,d,i,t);$
r3(s,d,t) \$(ord(s) \$ ss(s)) ..	$\sum(i,X(s,d,i,t) * TH(i)) = I = RH(s,d,t);$
r4(s,d,t) \$(ord(s) \$ ss(s)) ..	$Y(s,d,t) = g = RM(s,d,t);$
r5..	$\sum((s,d,t) \$ (ord(s) \$ ss(s)), Y(s,d,t)) = e = I;$
r6(s,d,t) \$(ord(s) \$ ss(s)) ..	$\text{Disponibilidad}(s,d,t) = e = (j - (\sum(i,U(s,d,i,t)))) * (1 - Y(s,d,t)) / j + k * Y(s,d,t);$
r7(s,d,t) \$(ord(s) \$ ss(s)) ..	$\text{Rendimiento}(s,d,t) = e = \sum(i,X(s,d,i,t)) * (1 - Y(s,d,t)) / \sum(i,I + \text{Produccion}(s,d,i,t)) + k * Y(s,d,t);$
r8(s,d,t) \$(ord(s) \$ ss(s)) ..	$\text{Calidad}(s,d,t) = e = \sum(i,X(s,d,i,t) - V(s,d,i,t)) * (1 - Y(s,d,t)) / \sum(i,I + X(s,d,i,t)) + k * Y(s,d,t);$
r9(s,d,t) \$(ord(s) \$ ss(s)) ..	$oee(s,d,t) = e = \text{Disponibilidad}(s,d,t) * \text{Rendimiento}(s,d,t) * \text{Calidad}(s,d,t)$

## Resultado de la función objetiva y variables

```
Model OEEM/fob,r2,r3,r5,r6,r7,r8,r9/;  
Solve OEEM max z using RMINLP ;  
Display X.L,Y.L,Z.L,OEE.L,Disponibilidad.1,Rendimiento.1,Calidad.1
```

## Resultados presentados en un archivo de texto

```
File results / results.txt /;  
put results;  
$ontext  
put "Modelo Eficiencia de la Operacion", OEE.modelstat /;  
$offtext  
put "Usando RMINLP", OEEM.solvestat /;  
put "Objective", z.l /;  
put "Produccion del Item i en la Semana s en el Dia D en Turno t" /;  
  
loop((t,d,s,i),  
  if (  
    x.l(s,d,i,t) > 0,  
    put s.tl, d.tl, i.tl, t.tl , x.l(s,d,i,t) /;)  );  
  
put "Mantenimiento en la Semana s en el Dia D en Turno t" /;  
  
loop((t,d,s),  
  if (  
    y.l(s,d,t) > 0,  
    put s.tl, d.tl, t.tl , y.l(s,d,t) /;)  );  
  
put "Eficiencia en la Semana s en el Dia D en Turno t" /;  
  
loop((t,d,s),  
  if (  
    OEE.l(s,d,t) > 0,  
    put s.tl, d.tl, t.tl , OEE.l(s,d,t) /;)  );
```

```
put "Medicion de Calidad en la Semana s en el Dia D en Turno t" /;

loop((t,d,s),
  if (
    Calidad.l(s,d,t) > 0,
    put s.tl, d.tl, t.tl , Calidad.l(s,d,t) /;) ; );

put "Medicion de Rendimiento en la Semana s en el Dia D en Turno t" /;

loop((t,d,s),
  if (
    Rendimiento.l(s,d,t) > 0,

    put s.tl, d.tl, t.tl , Rendimiento.l(s,d,t) /;) ; );

put "Medicion de Disponibilidad en la Semana s en el Dia D en Turno t" /;

loop((t,d,s),
  if (
    Disponibilidad.l(s,d,t) > 0,

    put s.tl, d.tl, t.tl , Disponibilidad.l(s,d,t) /;) ; );

putclose;
```