UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO UTILIZANDO VSM Y SMED PARA
AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE HORAS-
MÁQUINA EN UNA EMPRESA QUE FABRICA
TANQUES PARA AGUA DE USO DOMÉSTICO**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

LENIN DANTE ALVARADO REYNA (0000-0002-3021-8153)

ASESOR DE TESIS

DR. GRIMALDO WILFREDO QUISPE SANTIVÁÑEZ (0000-0001-6168-8935)

Lima, 05 de Abril del 2018

*Dedico esta tesis a Dios por su bendición,
a mi padre Manuel, a mi madre Aurora
y a mis hermanos Ubaldina y Richard
quienes con su amor incondicional
me apoyaron en todas las etapas de mi vida.
A mi hija Antonella quien me motivó para
concluir mi trabajo de tesis.
A mis maestros quienes me brindaron
las mejores enseñanzas.
A mis seres queridos ausentes en este mundo
pero presentes en mis pensamientos.*

*Agradezco a Dios, a mis padres,
mis hermanos, mis familiares y amigos
por estar conmigo incondicionalmente.*

*A mi asesor, Dr. Grimaldo Quispe Santivañez
quien me brindó su dedicación, tiempo y paciencia
para guiarme en la elaboración de la tesis.*

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO 1. Marco Teórico	6
1.1. Procesos	6
1.1.1. Definición	6
1.1.2. Clasificación de Procesos.....	7
1.2. Mejora de Procesos.....	8
1.2.1. Mejora Continua	8
1.3. Lean Manufacturing.....	11
1.3.1. Antecedentes	11
1.3.2. Manufactura Esbelta	11
1.3.3. Principios de la Manufactura Esbelta	12
1.3.4. Modelo de Gestión Lean: Características, elementos y herramientas para su implantación.....	13
1.3.5. Estandarización y Estabilidad	14
1.3.5.1. Estandarización	14
1.3.5.2. Takt Time	14
1.3.5.3. Pitch Time (lote controlado).....	15
1.3.5.4. Metodología de las 5´S.....	15
1.3.5.5. Kanban	17
1.3.5.6. TPM (Total Productive Maintenance).....	19
1.3.5.7. Poka-Yoke	19
1.3.5.8. SMED (Single-Minute Exchange of Die)	20
1.3.5.9. Kaizen.....	21
1.3.5.10. VSM (Value Stream Mapping o Mapeo de la Cadena de Valor).....	21
1.3.5.11. Jidoka	25
1.3.5.12. Just in Time	25
1.4. Introducción al Mantenimiento.....	26

1.4.1. Definición	26
1.4.2. Objetivo del Mantenimiento	27
1.4.3. Tipos de Mantenimiento	27
1.4.3.1. Mantenimiento Preventivo	27
1.4.3.1.1. Definición	27
1.4.3.1.2. Características.....	28
1.4.3.1.3. Ventajas	28
1.4.3.1.4. Desventajas	29
1.4.3.2. Mantenimiento Correctivo	29
1.4.3.2.1. Definición	29
1.4.3.2.2. Ventajas	29
1.4.3.2.3. Desventajas	30
1.4.3.3. Mantenimiento predictivo	30
1.4.4. Indicadores del Mantenimiento.....	30
1.4.4.1. Fiabilidad.....	30
1.4.4.2. Mantenibilidad	31
1.4.5. Overall Equipment Effectiveness (OEE)	31
1.4.5.1. Disponibilidad	31
1.4.5.2. Rendimiento	32
1.4.5.3. Calidad	32
1.4.5.4. Análisis de Criticidad	32
1.5. Estado del Arte	35
1.6. Casos de Éxito	38
CAPÍTULO 2. Descripción de la empresa y diagnóstico inicial	42
2.1. Descripción general de la empresa	42
2.1.1. Perfil organizacional	42
2.2. Descripción del producto.....	43
2.3. Descripción del sistema productivo.....	44
2.3.1. Descripción del Procesos de producción del tanque.....	44
2.3.2. Diagrama de operaciones del proceso – DOP.....	46
2.4. Producción mensual.....	48
2.5. Identificación de los problemas	50
2.6. Impacto Económico.....	54

2.6.1. Trascendencia.....	57
2.7. Tiempos de Producción	58
2.7.1. VSM de la Empresa	58
2.8. Problemas en cada Máquina	62
2.8.1. Mean Time Between Failures (MTBF) y Medium Time To Repair (MTTR).....	69
2.8.2. OEE de la Empresa	70
2.8.3. Mapa de Riesgos	75
2.9. Diagrama de Ishikawa	82
2.10. Diagrama del Árbol	84
2.11. Hipótesis	85
CAPÍTULO 3. Propuestas de Mejora	86
3.1. Implementación del SMED	89
3.1.1. Resultados de la implementación del SMED	104
3.1.2. Indicadores	106
3.2. Mantenimiento Preventivo	106
3.2.1. Planificación de Mantenimiento Preventivo	112
3.2.2. Programación de Mantenimiento Preventivo.....	117
3.2.3. Ejecución de Mantenimiento Preventivo	118
3.2.4. Evaluación de Mantenimiento Preventivo	118
3.2.5. Indicadores	118
3.3. Objetivos planteados por la Implementacion de las Mejoras propuestas	119
3.3.1. SMED	119
3.3.2. Mantenimiento Preventivo.....	120
3.4. Presupuesto	121
3.5. Cronograma de Actividades	122
CAPÍTULO 4. Validación de Propuesta de Mejora	124
4.1. Introducción.....	124
4.2. Prueba Piloto.....	125
4.2.1. Implementación de SMED.....	128
4.2.1.1. Ejecución de la Implementación del SMED	129
4.2.1.2. Resultados de la Implementación del SMED.....	132
4.2.2. Implementación de Mantenimiento Preventivo en la compañía	133
4.2.2.1. Implementación del Mantenimiento Preventivo	133

4.2.2.2. Etapa 1: Orden y Limpieza Inicial	133
4.2.2.3. Etapa 2: Verificación de las instalaciones de las máquinas	135
4.2.2.4. Etapa 3: Orden de Ejecución de Mantenimiento Preventivo	137
4.2.2.5. Etapa 4: Ejecución de Mantenimiento Preventivo	139
4.2.2.6. Etapa 5: Check List y Registro de Mantenimiento Preventivo	142
4.2.2.7. Etapa 6: Evolución de la Implementación del Mantenimiento Preventivo de las máquinas críticas	145
4.2.2.8. Etapa 7: Resultados de la Implementación del Mantenimiento Preventivo de las máquinas críticas.....	149
4.2.2.9. Etapa 8: Resultados de la Implementación del Mantenimiento Preventivo en el proceso de producción.....	153
4.3. VSM actual de la empresa después de la mejora.....	155
4.4. Validación innovadora.....	156
CAPÍTULO 5. Impactos de la Propuesta de Mejora	157
5.1. Impactos internos de la solución de ingeniería.....	157
5.1.1. Impacto en la organización	157
5.1.2. Impacto en los registros de la empresa	157
5.2. Impactos externos de la solución de ingeniería	158
5.2.1. Impacto Económico	158
5.2.2. Impacto Social	162
5.2.3. Impacto Cultural	169
CAPÍTULO 6. Conclusiones y Recomendaciones	170
6.1. Conclusiones.....	170
6.2. Recomendaciones	172
REFERENCIAS	174
GLOSARIO DE TÉRMINOS	181
ANEXOS	183

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de Proceso	6
Figura 2: Esquema de Proceso - Cliente	7
Figura 3: Modelo de Mapa de Procesos	8
Figura 4: Metodología de los siete pasos	9
Figura 5: Modelo de Gestión Lean.....	13
Figura 6: Diagrama de flujo básico del sistema kanban.....	18
Figura 7: Los ocho pilares del TPM.....	19
Figura 8: Single-Minute Exchange of Die (SMED).....	20
Figura 9: Sombrilla de Kaizen	21
Figura 10: Value Stream Mapping (VSM).....	23
Figura 11: Simbología de los componentes del VSM.....	24
Figura 12: Jidoka.....	25
Figura 13: Matriz de Valor Agregado	26
Figura 14: Matriz de Criticidad.....	34
Figura 15: VSM actual del Caso de Éxito.....	39
Figura 16: Roto moldeador de tanque	43
Figura 17: Proceso productivo de Tanque para agua de uso doméstico	46
Figura 18: Producción de Tanque de 550 Litros	49
Figura 19: Producción de Tanque de 1100 Litros	49
Figura 20: Producción de Tanque de 2200 Litros	50
Figura 21: Días de entrega de Producto Final	54
Figura 22: VSM actual de la empresa	59
Figura 23: Problemas en el Pesado	63
Figura 24: Problemas en el Rotomoldeado	64
Figura 25: Problemas en el Cortado.....	65
Figura 26: Problemas en el Tapado.....	66
Figura 27: Problemas en el Serigrafiado	67
Figura 28: Problemas en el Termo fusionado	68
Figura 29: Tiempo total de los problemas.....	73
Figura 30: Porcentaje de tiempo de actividades	81
Figura 31: Diagrama de Ishikawa	82
Figura 32: Diagrama del Árbol	84
Figura 33: Lean Manufacturing – Mantenimiento Lean	86
Figura 34: VSM – SMED – Mantenimiento Preventivo.....	87
Figura 35: Estante de 5 Repisas para herramientas.....	96
Figura 36: Ubicación del estante en el Rotomoldeado.....	98
Figura 37: Ventilador de techo industrial.....	100
Figura 38: Ubicación de la ventiladora de techo	101
Figura 39: Pistola neumática	102
Figura 40: Aspiradora.....	103
Figura 41: SIPOC de Mantenimiento Preventivo	108

Figura 42: Matriz de Criticidad en la empresa	110
Figura 43: Gráfico de Análisis de Criticidad	112
<i>Figura 44: Tiempo de Set-up mejorado</i>	<i>130</i>
Figura 45: Check List para ejecución de Set-up.....	131
Figura 46: Tiempo de Cambio de Set-Up durante el Plan Piloto.....	132
Figura 47: Ubicación de Sacos de materia prima antes de plan piloto.....	134
Figura 48: Ubicación de Sacos de materia prima después de plan piloto	135
Figura 49: Verificación de Rotomoldeadora	136
Figura 50: Verificiación de Tapera	136
Figura 51: Verificación de Termofusionado	137
Figura 52: Registro de orden de Mantenimiento Preventivo – Rotomoldeadora.....	138
Figura 53: Registro de orden de Mantenimiento Preventivo – Tapera	138
Figura 54: Registro de orden de Mantenimiento Preventivo – Termofusionado	139
Figura 55: Actividades de Mantenimiento Preventivo	140
Figura 56: Ejecución de Mantenimiento Preventivo – Limpieza y lubricación de rotomoldeadora.....	141
Figura 57: Ejecución de Mantenimiento Preventivo – Mantenimiento y lubricación de rodamiento.....	141
Figura 58: Ejecución de Mantenimiento Preventivo – Mantenimiento y revisión de vibraciones de motor	142
Figura 59: Ficha de Mantenimiento Preventivo - Rotomolmeadora.....	143
Figura 60: Ficha de Mantenimiento Preventivo – Termofusionador	144
Figura 61: Ficha de Mantenimiento Preventivo - Tapera.....	144
Figura 62: Tiempo de parada Antes y Después de la mejora – Rotomoldeado	150
Figura 63: Tiempo de parada Antes y Después de la mejora – Tapado.....	151
Figura 64: Tiempo de parada Antes y Después de la mejora – Termofusionado	152
Figura 65: Evolución del OEE de las máquinas críticas	154
Figura 66: VSM actual de la empresa después de la mejora.....	155
Figura 67: ¿De qué manera asumió la nueva propuesta de implementación de SMED y de mantenimiento preventivo para la empresa?	164
Figura 68: ¿Le sirvió la inducción del SMED y de Mantenimiento Preventivo?	164
Figura 69: ¿Qué resalta de haber implementado un sistema de mejora?	165
Figura 70: ¿Qué se le viene a la mente cuando le hablan sobre un programa de mantenimiento?	165
Figura 71: ¿Qué beneficios ofrece este nuevo sistema?.....	166
Figura 72: En una escala de 1 a 5. Donde 1 es "nada satisfecho" y 5 es "muy satisfecho", ¿Qué tan satisfecho se siente con la implementación de las mejoras?	167
Figura 73: ¿Qué capacidades cree que se desarrolló durante la implementación de este sistema	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios para la Criticidad	33
Tabla 2: Producción mensual de tanques de enero 2016 – diciembre 2016.....	48
Tabla 3: Orden de Venta de Tanque de 2200 Litros	51
Tabla 4: Tiempo estimado vs. Tiempo real de entrega de Tanques de 2200 L.....	51
Tabla 5: Orden de Venta de Tanque de 1100 Litros	52
Tabla 6: Tiempo estimado vs. Tiempo real de entrega de Tanques de 1100 L.....	53
Tabla 7: Tiempos reales de empresas productoras de tanque	53
Tabla 8: Penalización por incumplimiento en el plazo de entrega.....	55
Tabla 9: Ventas brutas en el año 2016	57
Tabla 10: Venta Neta en el año 2016	57
Tabla 11: Tiempo estimado vs. Tiempo real en el proceso de producción	60
Tabla 12: Tiempo de los problemas en el Pesado	63
Tabla 13: Tiempo de los problemas en el Rotomoldeado	64
Tabla 14: Tiempo de los problemas en el Cortado.....	65
Tabla 15: Tiempo de los problemas en el Tapado.....	66
Tabla 16: Tiempo de los problemas en el Serigrafiado.....	67
Tabla 17: Tiempo de los problemas en el Termo fusionado	68
Tabla 18: Tiempo Medio Entre Fallas de las máquinas	69
Tabla 19: Tiempo Medio Para Reparar de las máquinas	70
Tabla 20: OEE de las máquinas	71
Tabla 21: Porcentaje estándar de OEE	72
Tabla 22: Detalle de Fallas de las Máquinas	74
Tabla 23: Probabilidad de que ocurra el incidente/accidente.....	76
Tabla 24: Severidad del incidente/accidente	76
Tabla 25: Evaluación y Clasificación del Riesgo.....	76
Tabla 26: Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.....	77
Tabla 27: Plan de Acción de Incidentes/Accidentes	78
Tabla 28: Set-up del Rotomoldeo.....	80
Tabla 29: Propuestas de Mejora	89
Tabla 30: Equipo formado para la implementación de Herramienta SMED	91
Tabla 31: Tiempos del Set-up en el área de Rotomoldeo.....	93
Tabla 32: Conversión de tiempos internos a tiempos externos	95
Tabla 33: Ficha técnica de Estante de 5 repisas	97
Tabla 34: Mejora en los Tiempos Internos.....	99
Tabla 35: Ficha técnica de Ventilador de techo industrial	100
Tabla 36: Ficha técnica de Pistola neumática	102
Tabla 37: Ficha técnica de Aspiradora	103
Tabla 38: Set-up del Rotomoldeo con propuesta de mejora	105
Tabla 39: Criterios para la Criticidad en la empresa.....	109
Tabla 40: Criticidad de las máquinas del proceso de producción	111
Tabla 41: Equipo formado para la implementación del Mantenimiento Preventivo	114

Tabla 42: Equipos y Herramientas para el mantenimiento preventivo	115
Tabla 43: Plan de mantenimiento preventivo	116
Tabla 44: Programación de Mantenimiento Preventivo	117
Tabla 45: Objetivo del SMED	119
Tabla 46: Objetivo del OEE	120
Tabla 47: Presupuesto de la Implementación de la mejora	121
Tabla 48: Cronograma de Actividades	122
Tabla 49: Cronograma de Actividades final de Plan Piloto	126
Tabla 50: Implementación de SMED	128
Tabla 51: Evolución del OEE de Rotomoldeado	146
Tabla 52: Evolución del OEE de Tapado	147
Tabla 53: Evolución del OEE de Termofusionado	148
Tabla 54: OEE actual de Rotomoldeado	150
Tabla 55: OEE actual de Tapado.....	151
Tabla 56: OEE actual de Termofusionado	152
Tabla 57: OEE actual de las máquinas	153
Tabla 58: Porcentaje estándar de OEE	154
Tabla 59: Volumen de producción anual actual vs. Producción en condiciones normales....	158
Tabla 60: Costos unitarios de cada tanque antes de la mejora	159
Tabla 61: Costos unitarios de cada tanque después de la mejora.....	159
Tabla 62: Estado de Resultado de situación antes de la implementación	160
Tabla 63: Estado de Resultado de situación después de la implementación.....	161
Tabla 64: Cuestionario para los operarios de la planta de producción de la empresa.....	163

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de utilización de herramientas y Check List de SMED	184
Anexo 2: Procedimiento de utilización de Ventilador de techo industrial	186
Anexo 3: Procedimiento de ejecución para cambio de formato.....	192
Anexo 4: Indicador de tiempo de cambio de Set-up	194
Anexo 5: Procedimiento de ejecución de mantenimiento preventivo de la Rotomoldeadora	197
Anexo 6: Ficha de mantenimiento preventivo de Rotomoldeadora	203
Anexo 7: Indicador de máquinas para mantenimiento preventivo	206

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal contribuir con el mejoramiento en el proceso de producción de una empresa dedicada a la fabricación de tanques para agua de uso doméstico localizada en Lima con la finalidad de evitar retrasos en el tiempo de entrega del producto final y reducir el tiempo de producción.

Para lograr la identificación de los problemas en la empresa fue de suma importancia contar con reuniones diarias con el Gerente de Producción y visitas a la planta de producción para así poder plantear un análisis actual de la compañía en estudio.

El trabajo de investigación da inicio con el marco teórico que sirve de fundamento para el desarrollo del planteamiento de la metodología. En el cual se describe las definiciones de herramientas de la Ingeniería Industrial que se realizan en el presente proyecto.

Seguidamente, se realiza una descripción de la empresa, el perfil organizacional, la descripción del producto, la producción mensual y el proceso de producción del producto. Así mismo se realiza la identificación y diagnóstico de los problemas en la compañía y el impacto económico. Para identificar el problema en la empresa se realizó un VSM para determinar qué procesos están involucrados los desperdicios que generan los retrasos de tiempo de entrega. Para ello, como propuesta de mejora se planteó la herramienta de manufactura esbelta, el SMED y el mantenimiento preventivo para poder atacar y disminuir los principales desperdicios identificados en el mapa de flujo de valor.

Luego, se realiza la gestión y planeamiento de las herramientas de mejora propuestas, tales como el equipo formado para la implementación, los objetivos, los procedimientos, nuevos equipos a implementar y los indicadores de control.

Posteriormente, para la validación de las propuestas para optimizar se realizó un plan piloto en la planta de producción los cuales son medidos con los objetivos y con los indicadores.

A continuación, se evalúa el impacto Económico, Ambiental, Social y Cultural del uso de las herramientas que han sido implementadas, a través de análisis de los costos y beneficio de la empresa en estudio, para obtener como resultado la viabilidad económica del proyecto.

Finalmente, se plantean las conclusiones y las recomendaciones para el sostenimiento y óptima implementación de las herramientas de mejora.

Palabras clave: Manufactura Esbelta, Mapa de Cadena de Valor, SMED, Mantenimiento Preventivo.

INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento común que la entrega de productos en el plazo estimado, para una industria, es de suma importancia. Existen varios costos asociados con una entrega tardía, costos que van desde multas o descuentos en los pagos, hasta perder un cliente y todo su consumo. Benjamin (2013).

En el año 2000, el INEI estimó que el 36% de los productos de empresas de manufactura no son entregados en el tiempo estimado a los clientes.

Por ello, la entrega de los productos a tiempo a los clientes tiene como objetivo que el producto llegue en las mejores condiciones posibles y en los tiempos demandados por el cliente. Sin embargo, en ciertas ocasiones, ocurren dificultades en la fecha de entrega y esto produce retrasos. Estos motivos siempre suelen traer quejas y disgustos por parte de los clientes, lo que repercute negativamente en la imagen de la compañía.

Según una encuesta publicada a mediados del 2016 por el diario El Comercio, el 74% de los usuarios que realizan una compra, considera muy importante el respeto a los tiempos de entrega de un producto por parte de la compañía.

Normalmente, si una empresa se dedica a trabajar bajo pedido (Make to Order) tienen que lidiar con muchos clientes que desean sus productos con la mayor rapidez posible.

En primer lugar, deben disponer de una planta de producción que tenga un flujo continuo sin paradas no programadas y adecuada a las necesidades de los clientes. Hoy en día, existen varias maneras para tener una planta de producción que trabaje con un flujo continuo sin contratiempos.

La capacidad de respuesta y la velocidad de entrega son dos de los aspectos más importantes por los clientes. Cottyn (2011).

En efecto, un retraso en la entrega de los productos conlleva un incumplimiento contractual, que no necesariamente ha tenido que producir un daño en las mercancías, aunque sí un perjuicio económico con el cliente. Respecto con lo anterior, hay que tomar en cuenta la existencia o no de un plazo de fecha de entrega establecida; si tal plazo existiese, una vez superado dicho tiempo, la empresa se encuentra frente a un incumplimiento contractual. Cox (2015).

A través del tiempo el concepto de cumplimiento en el tiempo de entrega al cliente ha evolucionado y tomado gran fuerza para las empresas, ya sean de manufactura o prestadoras de servicio; por ello, si una compañía desea mantenerse activa en el mercado debe enviar los productos en el tiempo establecido, brindar la mejor calidad posible en sus productos y en el

servicio que le brinda a sus clientes, para así poder mantenerlos y a su vez aumentarlos, donde se logra mayor competitividad y participación en el mercado.

Actualmente en el sector de los tanques para agua es muy fuerte debido a que toda persona consume agua por necesidad y siempre elige los tanques más seguros y de mejor calidad; por ello, las compañías buscan constantemente optimizar sus procesos de producción y distribución. Por ello, para la empresa en investigación es de suma importancia que sus procesos cumplan con las expectativas de los clientes en cuanto a tiempo de entrega, calidad del producto y costos; ya que, ellos tienen la obligación de mantener la calidad y la buena imagen de una empresa en nuestro país.

De esta manera surge la idea de crear una propuesta de optimización del proceso de producción con el fin de lograr que los clientes reciban una mejor atención por parte de la empresa, eliminan los errores y buscan que los pedidos sean entregados en el menor tiempo posible, y así lograr un alto nivel de calidad que satisfaga todas las expectativas de los clientes.

A través de esta propuesta se desarrollarán algunos aspectos en los cuales se incluyen análisis de los clientes, análisis de los principales problemas que se presentan, análisis de los procesos, generación de indicadores, análisis financiero, entre otros. El correcto desarrollo de estos temas permitirá generar mejoras en el proceso productivo y su vez permitirá un mejor funcionamiento de la empresa.

Por ello, es importante la necesidad de aplicar un modelo de Gestión en el proceso de producción de la empresa en estudio ya que surge a raíz de la problemática identificada en función al cumplimiento en el tiempo de entrega de los productos finales a los clientes.

Así mismo, alcanzar los mejores resultados, no es labor de un día. Es un proceso progresivo en el que no puede haber retrocesos y en el cual todos los trabajadores de la empresa deben intervenir en la mejora continua.

En síntesis, es indispensable el análisis, planificación, organización, realización y optimización de la propuesta para optimizar el proceso de producción de la empresa en estudio ya que la excelencia ha de alcanzarse mediante un proceso de mejora continua. Mejora, en todos sus procesos, en las capacidades del personal, eficiencia de los recursos, las relaciones con el cliente, entre el personal de la compañía y con la sociedad que se traduzca en una mejora del servicio de entrega y calidad del producto.

El objetivo general de la investigación es identificar y entregar una propuesta de optimización a las ineficiencias en la producción de tanques para agua de uso doméstico, el cual ayude a mejorar la productividad para cumplir con el tiempo de entrega de los productos.

Por consiguiente, se busca que la compañía tenga un flujo continuo en su proceso de producción, además que cuente con los operarios altamente calificación para su operación, de tal manera que pueda realizar la elaboración de los tanques sin ningún problema y puedan cumplir con el tiempo de entrega de los productos.

A partir de las especificaciones anteriores surgió la idea de elaborar un sistema de gestión, control y optimización en el proceso de producción que pudiera ejecutarse de la mano de todos los trabajadores de la compañía. Dando la posibilidad a la empresa de poder brindar los mejores servicios de calidad y confiabilidad del producto en forma de directa con los clientes. Kumar (2015).

Por ello, la tesis en investigación se particulariza en el análisis de los tiempos de ciclo y la identificación de los desperdicios a lo largo del proceso productivo de la fabricación de un tanque. Entre los principales problemas encontrados se encuentran: la falta de mantenimiento preventivo a las máquinas, limpieza y exceso en el tiempo de cambio de set-up.

Por lo tanto, se propone implementar el sistema SMED y el Mantenimiento Preventivo, para disminuir el tiempo excesivo en el área de producción, mantener un flujo continuo de los productos y reducción de los costos de fabricación.

Para el desarrollo de la investigación, se considera la siguiente organización, cuyo desarrollo es el siguiente:

- I.** Elaboración del marco conceptual que establezca la base temática del proyecto de investigación aplicada en base al control de procesos, Lean Manufacturing y Mantenimiento Preventivo.
- II.** Analizar e identificar los problemas y las causas que se presentan en la empresa. Se realizará un diagnóstico de las situaciones que afecten al proceso de producción para conocer la causa raíz.
- III.** Analizar, desarrollar y presentar propuestas de mejora que permita resolver el problema que presenta la empresa. Las cuales son el SMED y el Mantenimiento Preventivo.
- IV.** Presentar la validación del modelo de mejora presentado en el tercer capítulo. Se validará mediante un piloto y los indicadores de logro propuestos.

- V.** Evaluar el impacto económico, ambiental, social y cultural de la propuesta de mejora de la empresa.
- VI.** Presentar las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

La implementación de la propuesta de mejora permitirá a la empresa, mantener una producción óptima y resultados eficientes referentes a la calidad, tiempo de entrega y aumentar la eficiencia y reducción de costos en el proceso de producción.

De esta manera, el cliente podrá obtener el producto de manera inmediata, probado y comprobado por el mismo, de tal manera que se identifique con la empresa que brinda un producto de acuerdo con las especificaciones del cliente.

La finalidad de la tesis será la reducción de por lo menos un 50% en el set-up y la eliminación de las paradas no programadas para mantenimiento, lo cual genera retrasos en el proceso de producción de la empresa.

CAPÍTULO 1. Marco Teórico

1.1. Procesos

1.1.1. Definición

De acuerdo con la ISO 9000:2008 (2007) explica al proceso como un conjunto de actividades que se interrelacionan conjuntamente para transformar elementos de entrada en resultados. Con este concepto se puede visualizar una caja que admite elementos de entrada para posteriormente transformarlos en elementos diferente, los que reciben el nombre de Salida. En la figura 1, se ejemplifica tal concepto.

Figura 1: Esquema de Proceso

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, se toma la definición de Beltrán et al. (2002) donde señala que en un proceso se agrega valor a las entradas para transformarlas en salida mediante actividades supervisadas. Con dicha definición se observa que un proceso no es simplemente una caja que transforma entradas en resultados; además, que se divide en actividades, las cuales agregan valor a las entradas para luego convertirlas en resultados (llamadas también salidas).

Tales actividades correspondientes de un proceso se encuentran divididas, según la OIT (1996), por tareas que a su vez están divididas por elementos.

Por ahora se alcanza como definición general que un proceso es un conjunto de actividades que agregan valor a las entradas para transformarlas en resultados. Para Krajewski et al. (2007) define a un proceso como una o más actividades que transforman uno o más insumos para luego

generar uno o más productos para los clientes. Con esta última definición se puede observar que la finalidad de los procesos se basa en lograr alcanzar la satisfacción del cliente.

Figura 2: Esquema de Proceso - Cliente

Fuente: Elaboración Propia

La figura 2, explica al proceso como un conjunto de actividades supervisadas que añaden valor a las entradas que admite para poder proporcionar uno o más resultados para la satisfacción de uno o más clientes tal como se observa.

1.1.2. Clasificación de Procesos

Según Beltrán et al. (2002) señala que en la Gestión por Procesos se tienen tres diferentes tipos de procesos. Dichos procesos son los estratégicos, operativos y de soporte. En la figura 3, se grafica un mapa de procesos, el cual es una herramienta gráfica de tales procesos.

a. Procesos Estratégicos

Son los procesos más generales y diversos, son aquellos que permiten a la compañía establecer sus objetivos y desarrollar sus estrategias. Están vinculados a procesos de gestión, dirección y principalmente a largo plazo. Se refieren básicamente a procesos de planificación.

b. Procesos Operativos

Son aquellos procesos clave para el desarrollo de la empresa para su correcto funcionamiento. Además, estos dependen de la satisfacción del cliente final ya que tienen un mayor impacto sobre ellos.

c. Procesos de Apoyo

Son los procesos que tienen como función brindar los medios para que los procesos operativos puedan llevarse a cabo. No forman parte de las estrategias de la empresa; sin embargo, como los otros dos procesos ya señalados, son obligatorios para el adecuado funcionamiento de la empresa.

Figura 3: Modelo de Mapa de Procesos

Fuente: Huamán y Ríos (2008)

1.2. Mejora de Procesos

1.2.1. Mejora Continua

La mejora continua (“kaizen” en japonés) de acuerdo con Hirano (1991) es definida no solo como un conjunto de técnicas, también como una cultura de cambio que influye en el aumento

de la competitividad de la empresa que la adapte. En la figura 4, Bonilla et al. (2010) señala que la metodología de la mejora continua compone de siete pasos.

Figura 4: Metodología de los siete pasos

Fuente: Bonilla et al. (2010)

Una de las herramientas de mejora continua de mayor importancia, y de acuerdo con Hirano (1991), es el Just In Time (JIT) o Justo a Tiempo, herramienta que se encarga de finiquitar el despilfarro para aumentar las labores de una empresa. Se entiende por despilfarro a todo aquello que no agrega valor en la compañía. El JIT establece siete tipos de despilfarros como se detalla a continuación:

a. Despilfarro de sobreproducción.

El despilfarro de la sobreproducción se crea cuando se fabrica más de lo necesario en un determinado momento. Aquello se puede entender como el aumento del inventario, transporte innecesario y otros.

b. Despilfarro del inventario (stock).

Se entiende por inventario a todo bien (Materia prima, producto en proceso, producto terminado) de la empresa que se encuentre acumulado por el sistema de producción y por el movimiento que los afecte. Por ello, se puede entender al inventario como un stock de pérdidas por productos que se vuelven obsoletos, defectuosos, etc.

c. Despilfarro del transporte.

El transporte interno es aquello que se brinda traslado a los materiales dentro de las instalaciones de la compañía. El despilfarro de transporte interno comprende a los recorridos innecesarios dentro de la compañía ocasionados por un acondicionamiento de planta ineficiente.

d. Despilfarro de la producción de defectos.

Los productos defectuosos que son alcanzados a los clientes finales ocasionan insatisfacción y pueden ocasionar pérdida de fidelidad de los clientes. En la empresa, los defectos originan sobrecostos, reprocesos y un mayor nivel de supervisión. Lo importante de eliminar el despilfarro de la producción de defectos es el aumento de la calidad con menor nivel de inspecciones.

e. Despilfarro en el sobre-proceso.

El despilfarro en el proceso es el cual se origina por una incorrecta delimitación del proceso que puede ser a causas como una incorrecta disposición de la planta, incorrecto diseño de productos, entre otros.

f. Despilfarro en los movimientos.

Normalmente, los operarios realizan su trabajo de la misma manera en la cual se les explicó; sin embargo, no tienen preocupación en mejorar la manera de trabajo. El despilfarro relacionado

en los movimientos se refiere a aquellas operaciones que no son necesarias en los operarios pero que aun así se realizan.

g. Despilfarro del tiempo de espera.

Se entiende por tiempo de espera al lapso que tiene que esperar una persona, máquina, material o elemento de transporte interno para poder continuar su ciclo de trabajo. El despilfarro del tiempo en vacío ocasiona una parte causante del retraso y su contraparte que espera para poder continuar sus actividades.

1.3. Lean Manufacturing

1.3.1. Antecedentes

El término Lean fue definido por un equipo de estudio del Massachusetts Institute of Technology para examinar a nivel mundial las formas y métodos de manufactura de las compañías de la industria automotriz. El equipo resaltó las ventajas de manufactura de la mejor empresa fabricante de su clase (compañía automotriz japonés Toyota) y lo llamó “Lean Manufacturing” al conjunto de métodos que luego se mejoró en la década de los 70’s con la colaboración de Taiichi Onho y Shingeo Shingo, con el objetivo de disminuir la utilización de los recursos a través de la compañía para lograr la satisfacción de los clientes, mostrado en las entregas oportunas de la cantidad de productos solicitados y con inclinación a los cero defectos. Reyes (2002).

La utilización de la aplicación de manufactura esbelta consta de muchas herramientas que contribuyen a la eliminación de todas las operaciones que no agregan valor al producto final, servicios y a los procesos, para incrementar el valor de cada actividad ejecutada y suprimiendo lo que no se requiere. Así mismo, la manufactura esbelta adiciona a las empresas las herramientas para crecer en un mercado globalizado que requiere calidad más alta, entrega más rápida a bajos precios y en la cantidad exacta. Rueda (2007).

1.3.2. Manufactura Esbelta

Lean manufacturing es un método que se centra en la finiquitación de todo tipo de pérdidas, materiales, eficiencias, o procesos. La manufactura esbelta, o también conocida como

manufactura flexible, ha sido determinada como una filosofía de excelencia de manufactura según López (2006):

- La eliminación planificada de cualquier tipo de desperdicio.
- El respeto por los trabajadores: Kaizen.
- La mejora continua de productividad y de calidad.

1.3.3. Principios de la Manufactura Esbelta

De acuerdo con Womack (1996), la filosofía Lean es un proceso que agrega sentido a cualquier método y técnicas delimitadas, para continuar a la dirección más allá de la producción en masa. A continuación, se detallan los 5 principios del método lean que las empresas deben tomar en cuenta para mejorar su cadena de valor.

1. Definir el valor desde el punto de vista del cliente.

Según Womack (1996) lo define como el valor a un producto (bien o servicio) que satisface las necesidades del cliente a un precio determinado y a un tiempo determinado; por ello, se debe delimitar e identificar el valor desde el pensamiento del cliente con la finalidad de eliminar los desperdicios y examinar aquellas actividades de valor agregado en las cuales el cliente está decidido a pagar por ellas.

2. Identificación de la cadena de valor.

Se tiene que hacer visible con un mapa de cadena de valor de información y de materiales, y con indicadores con la finalidad de eliminar desperdicios hallados y actividades que no agregan valor, aunque algunos de estas actividades sean inevitables.

3. Flujo de pasos que generan valor.

Se debe de realizar que todo el proceso transite suavemente y directamente que agregue valor a otro, desde la entrada de la materia prima hasta el cliente final y que los posibles problemas se puedan observar.

4. Producir el Pull del cliente.

Luego que se ha realizado la cadena de valor, se debe integrar un sistema pull (jalar) con el propósito de mantener pequeñas cantidades de inventario y evitar la sobreproducción.

5. Mejoramiento Continuo.

Cuando la compañía consigue los primeros cuatro pasos, se convierte más detallado para los que se encuentran involucrados, para añadir eficiencia siempre es posible mediante una filosofía de mejora continuo.

Según Domínguez (1995) se tiene que tomar en cuenta que el contexto respecto con el que se moviliza la compañía es dinámico y debido a ello es cambiante

Así mismo, como parte del contexto se localizan los clientes quienes recurrentemente determinan y varían sus necesidades. Por ello, debido a la gran competitividad que enfrentan las compañías, estas se deben encontrar preparadas para responder a la misma velocidad con la cual el cliente varía sus necesidades para mantenerse competitivo.

1.3.4. Modelo de Gestión Lean: Características, elementos y herramientas para su implantación.

La estructura del Sistema de Producción Toyota, explica en que se relaciona Lean. En la figura 5, se muestra la base de la pirámide integrada por el VSM, 5S, QFD, TPM, KANBAN Y SMED; las dos columnas superiores son el Just-in-Time y el Jidoka; y, por último, el núcleo principal en el cual se orienta el modelo de gestión Lean compuesto por una mayor calidad, menor costo y menor lead time.

Figura 5: Modelo de Gestión Lean

Fuente: Lazala (2001)

1.3.5. Estandarización y Estabilidad

1.3.5.1. Estandarización

Es una de las herramientas Lean más eficaz pero que se utiliza menos. Visualizar la etapa inicial es el punto fundamental de cualquier iniciativa de mejora. Aprender a visualizar, fijar unos puntos sobre los que enfoca la vista, establecer un métrico sobre los que observan la mejora para estandarizar la manera que se visualiza; esto sirve como base para hallar el desperdicio y las rutas más eficientes de mejora.

Se basa en cuatro elementos básicos:

1. Localizar los desperdicios en base de la visualización de los procesos para su posterior eliminación.
2. Establecer los elementos de trabajo, obtenidos de los procesos de observación.
3. Análisis del Takt Time, que se define como el paso al que se debe realizar los productos en un proceso para satisfacer la demanda del cliente.
4. Las herramientas de trabajo normalizado para los procesos, trabajadores y dirección del Takt Time.

1.3.5.2. Takt Time

Es el tiempo solicitado para realizar una pieza con respecto a la demanda del cliente quien marca el paso, decide la manera y forma en la que se entregará los productos que se han requerido; así mismo, el cliente determina que agrega y que no agrega valor dentro de los procesos, que es lo que originan los desperdicios y lo cual no está acondicionado a cancelar. Bravo (2011). El takt time resulta de la división entre el tiempo de producción disponible (o el tiempo disponible de trabajo por turno) y la demanda total requerida.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Cantidad\ total\ requerida}$$

1.3.5.3. Pitch Time (lote controlado)

Se define como la cantidad de piezas por unidad de tiempo, respecto al takt time requerido para que las actividades realicen unidades que realicen paquetes con cantidades determinadas de trabajo en procesos (WIP, siglas en inglés).

Por ellos, pitch time es la multiplicación del takt time de producto y la cantidad de unidades en un determinado paquete. Villaseñor (2009).

$$\text{Pitch Time} = \text{Takt Time} * \text{Cantidad de unidades en el paquete}$$

1.3.5.4. Metodología de las 5'S

De acuerdo con Hemmant (2007), el método de 5S es el comienzo de cualquier otro método lean a implementar en una organización. Bohan (2010) señala que prefiere empezar utilizar la metodología 5S como punto de partida para la implementación de métodos lean. Bohan (2010). De manera complementaria, Hemmant señala que sin una disciplina fuerte de 5S, un sistema Lean es ineficaz. Ya que esta herramienta ayuda en los esfuerzos por hacer más con menos (menos esfuerzo humano, menos equipo, menos espacio, menos inventario, menos materiales y menos tiempos). Por ello, esta técnica debe ser vista como elemento crucial para el éxito del pensamiento lean en la organización.

Las ventajas más importantes de la metodología 5S son: mejora la seguridad y la ergonomía, reduce la pérdida de tiempo de búsqueda, reduce el tiempo de inactividad no planificada, aumenta la calidad y establece la disciplina. Hemmant (2007).

De acuerdo con Rey (2005) las 5S son cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan por “S” y que tienen como fin mantener una cultura que permita mantener a largo plazo un orden y limpieza en el lugar de trabajo, los nombres de cada uno de estos principios son los siguientes:

Organizar y Seleccionar (Seiri): Busca organizar todo y separar lo que sirve de lo que no sirve, así como clasificar esto último. Por otro lado, se hace uso de la organización para establecer normas que permitan trabajar en los equipos o máquinas sin sobresaltos. Todo ello con el fin de mantener el progreso alcanzado y elaborar planes de acción que garanticen la estabilidad y que ayuden a mejorar.

Ordenar (Seiton): Se tira todo aquello que no sirve y se establecen normas de orden para cada cosa. Estas normas serán colocadas a la vista de todos y para que a futuro permitan practicar la mejora de forma permanente. De esta manera, se colocan los objetos o herramientas de trabajo en orden de tal manera que sean fácilmente accesibles para su uso.

Limpiar (Seiso): Se realiza una limpieza inicial con el fin de que el operario o administrativo se identifique con su puesto de trabajo y máquinas/equipos que tenga asignados. No se trata de hacer brillar los equipos o máquinas sino de enseñar al operario o administrativo cómo son sus máquinas o equipos por dentro y para indicarle dónde están los focos de suciedad de su máquina o puesto. Así mismo, se debe limpiar completamente el lugar de trabajo, de tal forma que no haya polvo ni virutas en las máquinas o equipos.

Mantener la limpieza (Seiketsu): A través de gamas y controles, se debe establecer estándares de limpieza, aplicarlos y mantener el nivel de referencia alcanzado. Todo ello, con el fin de reconocer fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos, así como mediante controles visuales de todo tipo.

Rigor en la aplicación de consignas y tareas (Shitsuke): Se debe realizar la auto inspección de manera cotidiana, de tal manera de revisar la situación en la cual se encuentra el lugar de trabajo, establecer hojas de control y comenzar su aplicación, mejorar los estándares de las actividades realizadas con el fin de aumentar la fiabilidad de los medios y el buen funcionamiento de los equipos. En conjunto, esta técnica pide rigurosidad y responsabilidad con el nivel alcanzado y entrena a todos para continuar la acción con disciplina y autonomía.

Las tres primeras fases, organización, orden y limpieza son operativas. Mientras que la cuarta busca mantener el estado alcanzado en las fases anteriores mediante la aplicación de estándares. La quinta fase permite adquirir el hábito de las prácticas y aplicar la mejora continua en el trabajo diario.

Debido que la 5S nació orientado al orden, sus ejercicios involucran a los empleados de manera rápida y enérgica. Además, no es necesario aplicar 5S en la operación entera pues se sugiere enfocarlas en un área en particular, una línea o máquina específica antes de empezar otras iniciativas dentro de la misma área. Bohan (2010).

Asimismo, Bohan de manera aplicativa señala un formato básico de 5 pasos para lograr introducir las 5S a los operarios: brindar una visión general de las 5S, enfocarse en un área de la planta, repasar las primeras 3S a detalle, empezar a trabajar en las primeras 3S en planta y finalmente reunirse para estandarizar y mantener la visión general. Bohan (2010).

En conclusión, esta herramienta funcionará como base para la aplicación de las demás herramientas lean a aplicar y también ayudará a reducir tiempos que no generan valor como los tiempos involucrados en búsqueda de herramientas o los tiempos de inactividad no planificados.

1.3.5.5. Kanban

Ramnath, Elanchezhian y Kesvan; describen al Kanban como una técnica que refleja y hace posible el principio pull del Lean Thinking; proveniente de las palabras japonesas kan (visual) y ban (tarjeta), esta herramienta tiene como fin reemplazar aquello que ha sido utilizado. Jones (2006).

Lo útil de esta herramienta es proveer información de requerimiento y transporte, brindar información acerca de la producción, previene la sobreproducción y el transporte excesivo, funciona como una orden de trabajo adjuntada a materiales, revela la existencia de problemas y mantiene un control de las existencias. Ramnath y otros (2009).

También se afirma que otros beneficios de la aplicación en materia del desarrollo del sistema pull, como la reducción de inventario en proceso y tiempos de ciclo, la nivelación de la producción, la mejora de la calidad y reducción de costos. Hopp y Sperarman (2004).

La figura 6 muestra el sistema kanban de movimiento. Ya que como lo afirma Ramnath y otros (2009), existen tres tipos de tarjetas kanban, las cuales son: kanban de movimiento, kanban de producción y kanban del proveedor.

Figura 6: Diagrama de flujo básico del sistema kanban

Fuente: Ramnath y otros 2009: 59

Kanban de movimiento: Tarjeta que autoriza al proceso el abastecimiento de partes de un proceso o etapa previa. Por ello, es importante que cada contenedor en el área de ingreso de partes tenga adjunta dicha tarjeta kanban. Cuando el siguiente proceso empieza a utilizar las partes, el kanban de movimiento es retirado y retornado al área de salida de partes del proceso anterior. Ramnath y otros (2009).

Kanban de producción: Tarjeta que autoriza al proceso anterior la producción de las partes a abastecer al siguiente proceso; ésta se adjunta a cada contenedor en el área de salida de partes de un proceso. Cuando las partes son solicitadas, el kanban de producción es colocado en una caja y preparado para su despacho e indica al proceso anterior que debe preparar más partes. Ramnath y otros (2009).

Kanban de proveedor: Enlaza al proveedor en la cadena de abastecimiento de partes y reemplaza al kanban de movimiento. Este kanban se adjunta en un contenedor en el área de ingreso de partes, cuando se empieza a vaciar dicho contenedor, el kanban es removido y enviado al proveedor para el nuevo abastecimiento. Ramnath y otros (2009).

1.3.5.6. TPM (Total Productive Maintenance)

Según Suzuki (1996), el TPM es un enfoque innovador que optimiza la efectividad del equipo y promueve el mantenimiento autónomo por los operarios.

El objetivo principal del TPM es cero averías y cero defectos. Al eliminar estas, las tasas de operación del equipo mejoran, los costos se reducen, el stock puede minimizarse y la eficiencia del personal aumenta.

En la figura 7, se muestra el TPM que está basado en ocho.

Figura 7: Los ocho pilares del TPM

Fuente: Suzuki (1996)

1.3.5.7. Poka-Yoke

Pascal (2002) define poka-yoke como una técnica para evitar los simples errores humanos en el trabajo. Shigeo Shingo desarrolló la herramienta para alcanzar el cero defectos, para liberar tiempo y mente de un trabajador para que se dedique a las actividades que agregan valor. Algunos mecanismos poka-yoke para detectar o evitar defectos causados por errores humanos son: detección errores y alarmas, conmutadores de limite, contadores y listas de chequeo.

Dentro de los errores humanos más comunes tenemos:

- Olvidos.
- Errores por desconocimiento.
- Errores por identificación: causa de una revisión rápida y superficial.
- Errores de inexperiencia.
- Errores voluntarios: ocurren cuando se ignoran las reglas.

- Errores por inadvertencia: se cometen errores por distracción.
- Errores por lentitud: por retrasos.
- Errores debido a la falta de estándares: no hay instrucciones.
- Errores por sorpresa: el equipo actúa diferente a lo planificado
- Errores intencionales: se cometen errores deliberadamente.

1.3.5.8. SMED (Single-Minute Exchange of Die)

Shingo (1990) define SMED como una herramienta de reducción del tiempo de preparación de máquinas, cuyas operaciones de preparación son de dos tipos fundamentales:

- Preparación interna: como montar o desmontar matrices, que puede realizarse sólo cuando una máquina está parada.
- Preparación externa: son actividades que pueden realizarse cuando la máquina está en operación, como transportar las matrices viejas al almacén o llevar las nuevas hasta la máquina.

Las etapas se basan en: diferenciar las IED y OED, separación de las mismas, convertir la IED en OED y perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.

En la figura 8, se muestra la implementación del SMED de acuerdo con Shingo (1985) en cinco etapas

Figura 8: Single-Minute Exchange of Die (SMED)

Fuente: Elaboración propia

1.3.5.9. Kaizen

Según Imai (1992), Kaizen significa mejoramiento progresivo que involucra a todos, el cual incluye tanto a gerentes como a trabajadores. La esencia de las prácticas administrativas más “exclusivamente japonesas”, ya sean de mejoramiento de la productividad, actividades para el CTC (control de la calidad total). La Figura 9, se muestra la sombrilla Kaizen que cubre dichas prácticas.

Figura 9: Sombrilla de Kaizen

Fuente: KAIZEN. La clave de la ventaja competitiva japonesa. Imai (1992)

1.3.5.10. VSM (Value Stream Mapping o Mapeo de la Cadena de Valor)

Es una herramienta que apoya a observar y comprender el flujo de material y de la información de la manera como se realiza un producto por medio del Value Stream.

De acuerdo con Villaseñor (2007) la cadena de valor aconseja seguir los siguientes pasos:

1. Fijar compromisos en la implementación de Lean.
2. Definir la familia de producto a analizar.
3. Capacitar temas relacionados de Lean.
4. Bosquejar (hacer el mapa) el mapa actual.

5. Definir los medibles.
6. Bosquejar el mapa futuro.
7. Realizar los planes de mejora o planes kaizen.
8. Implementar los planes kaizen.

- Value Streaming Mapping (VSM) / Mapa del valor presente.

Es un diagrama que detalla en cada actividad el flujo de información y materiales necesarios desde que la orden de venta del producto hasta la entrega del producto final. Cuenta como valor la relación entre tiempos de valor agregado y tiempos de espera o no valor agregado.

- Value Streaming Future (VSF) / Mapa del valor futuro.

El diagrama de valor futuro detalla el futuro de cómo debe finalizar el proceso de flujo de información y materiales, también las actividades de oportunidad mostradas como actividades de kaizen. Además, muestra cómo puede realizarse el cambio del mapa presente al mapa futuro para establecer áreas de trabajo.

En la figura 10, se muestra un ejemplo del Value Stream Mapping donde se observa las actividades del proceso de producción en el cual se calculan los tiempos de producción de los productos finales y el Lead time que es la suma tiempo de producción más los tiempos de espera.

Figura 10: Value Stream Mapping (VSM)

Fuente: Introducción al Lean Manufacturing: Iniciando la Gestión del Flujo Valor (2009)

En la figura 11, se muestra la definición de la simbología utilizada en el VSM.

Figura 11: Simbología de los componentes del VSM

Materiales	Representa	Cómo Usarlo
<p>Proceso de producción o realización del servicio.</p> <p>Un proceso, máquina, departamento, u operación. El número representa la cantidad de máquinas, departamentos, etc.</p>	<p>Un cuadro de proceso es igual a un área de flujo. Todos los procesos deben ser etiquetados.</p> <p>También se utiliza para los departamentos, tales como Control de Producción sin el icono interior</p>
<p>Fuentes externas.</p> <p>Normalmente se utiliza en el inicio del proceso para representar un proveedor y al final de un proceso para representar al cliente.</p>	<p>Se utiliza para mostrar a los clientes, proveedores y procesos de fabricación fuera de la organización, incluye procesos sub contratados al exterior.</p> <p>Anota el nombre de cliente o proveedor</p>
<p>Recuadro de datos.</p> <p>Indica información importante necesaria sobre otro icono.</p>	<p>Se utiliza para registrar la información clave y relativa a un proceso de fabricación, departamento, cliente, etc.</p> <p>Anota sólo los datos necesarios ligados a las capacidades o restricciones del procesamiento.</p>
<p>Inventario.</p> <p>Inventario almacenado entre dos procesos.</p>	<p>Cantidad & tiempo deben anotarse</p>
<p>Envíos externos (unidad de transporte)</p>	<p>Anota la frecuencia de los envíos.</p> <p>Los envíos de los proveedores o los clientes que utilizan transporte externos, tal como un camión.</p>
<p>El movimiento de material de producción por empuje (PUSH)</p>	<p>El material que se produce y se adelantó antes, al siguiente proceso que lo necesita.</p> <p>Por lo general, sobre la base de un horario</p>
<p>El movimiento de materiales al siguiente paso del proceso</p>	<p>Las materias primas que vienen de un proveedor o el movimiento de productos terminados al cliente.</p>
<p>Supermarket</p>	<p>Un inventario controlado de materiales, es como un inventario de estantería, anota la cantidad disponible</p>
<p>Retirada (Withdrawal)</p>	<p>Tirar de los materiales, usualmente de un inventario controlado (supermarket)</p>
<p>La transferencia de cantidades controladas de material entre los procesos en una secuencia "Primero en entrar primeros en salir"</p>	<p>Indica un dispositivo para limitar la cantidad y garantiza el flujo FIFO de material entre procesos. La cantidad max. debe anotarse</p>

Fuente: Pymes y Calidad 2.0 (2014)

1.3.5.11. Jidoka

La palabra Jidoka hace referencia a la “automatización con un toque humano”; es decir, la disposición de una máquina automática que realiza los movimientos mediante la observación y supervisión de un operador. Jidoka ofrece que los procesos tengan su mismo autocontrol de calidad. Esta no funciona con solo detectar una anomalía y detener la línea. Es mucho más, es reparar el estado anormal y analizar la causa raíz para eliminarla. Bravo (2011).

Un complemento a la aplicación de esta herramienta es la presentación de los sistemas Andon, que son tableros de luces o de señales luminosas que su función principal es indicar las situaciones de trabajo dentro del área de producción, donde el color o encendido de dichas luces hace aviso a los hallazgos de un problema, elimina el tiempo implicado que consideraría al seguir observando la situación. La figura 12 muestra la relación entre Jidoka y un sistema Andon.

Figura 12: Jidoka

Fuente: Lean Roots (2010)

1.3.5.12. Just in Time

El JIT (Just in Time) es una filosofía que fue implementada por el Director de Producción de Toyota, Taiichi Ohno, el propósito principal de esta filosofía se enfoca en la eliminación dentro del proceso de producción en actividades que no agregue valor, todo aquello que sea una muda en el producto final. JIT no solo es una estrategia más que la empresa debe poner en práctica, sino que trata de un proceso de implementación que contribuye a la empresa a responder mejor económicamente a la flexibilidad del mercado. Los objetivos principales del JIT, de acuerdo con Lefcovich (2009) son los siguientes:

- Atacar los problemas principales: JIT ayuda identificar de una manera rápida los problemas de producción a actividades que no agregan valor.
- Eliminar muda: Eliminar todo aquello lo que no agregue valor.
- Busca la simplicidad.
- Proyectar sistemas para encontrar problemas.

El ISO 9001 plantea un cambio a este análisis a través de una matriz de valor agregado, la cual separa las actividades y realiza las siguientes preguntas: ¿la actividad es necesaria? y ¿la actividad agrega valor? (Ver figura 13)

Figura 13: Matriz de Valor Agregado

Fuente: SFP (2008)

1.4. Introducción al Mantenimiento

1.4.1. Definición

La Asociación Francesa de Normalización (AFNOR) lo define como un grupo de actividades que tienen por finalidad mantener o establecer un bien a un estado a unas condiciones determinadas de seguridad en su funcionamiento, para cumplir con una competencia restablecida. Estas actividades consideran una combinación de prácticas técnicas, administrativas y de gestión. Boucly (1999).

En síntesis, el mantenimiento es garantizar que todo activo dentro de la compañía mantenga desempeñando las actividades deseadas.

1.4.2. Objetivo del Mantenimiento

Garantizar la competitividad de la empresa por medio de:

- Asegurar la disponibilidad y confiabilidad planteadas de la actividad deseada.
- Garantizar que se hayan realizado todos los requisitos de mantenimiento.
- Realizar todas las normas de seguridad y medio ambiente dentro de la compañía.

1.4.3. Tipos de Mantenimiento

Normalmente, existen cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las actividades que incluyen. Boucly (1999).

Entre los diferentes tipos de mantenimiento, se mencionan los principales:

1.4.3.1. Mantenimiento Preventivo

1.4.3.1.1. Definición

Tarea de condición periódica y permanente que tiene la finalidad de prever anticipadamente las fallas, producto del uso y agotamiento de la vida útil de componentes, partes, piezas, materiales y en general, para que formen la infraestructura o la planta física, aceptan su recuperación, restauración, renovación, innovación y operación continua, confiable, segura y económica.

La planificación de las revisiones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, deben llevarse a cabo de manera periódica en relación con un planeamiento también conocido como Mantenimiento Preventivo. Este tipo de mantenimiento también es llamado “mantenimiento planificado”, ya que tiene por finalidad la supervisión antes de que ocurra una falla o avería y se efectúa bajo condiciones controladas.

Se realiza mediante la experiencia y conocimiento de los trabajadores a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento exacto para llevar a cabo dicho procedimiento.

1.4.3.1.2. Características

El mantenimiento preventivo presenta las siguientes características:

- Se lleva a cabo en un momento en el cual no se está produciendo, para que se utilice las horas sin producción de la planta.
- Se realiza un programa elaborado en el cual se detalla los procedimientos a seguir, y las actividades a realizar, con la finalidad de obtener las herramientas y repuestos necesarios listos para cuando se requieran.
- Tiene una fecha programada y cuenta con un tiempo de inicio y de finalización preestablecido y aprobado por la gerencia de la empresa.
- Está determinada a un área específica y a ciertas máquinas. También se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Proporciona a la empresa tener un historial de todas las máquinas y brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Proporciona un presupuesto aprobado por la gerencia.
- La función principal de este tipo de Mantenimiento es inspeccionar las máquinas y localizar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento adecuado.

1.4.3.1.3. Ventajas

La realización del mantenimiento preventivo en la empresa de manera organizada y proactiva crea muchos beneficios, por mencionar algunos:

- Aumenta la disponibilidad. Con el aumento del tiempo entre fallas y la reducción del tiempo medio de reparaciones.
- Aumenta la productividad. Se realiza a través de una mejor planeación y organización.
- Reducción de inventarios. Con el establecimiento de los planes de trabajo que determinan con exactitud cuáles son los materiales necesarios y cuando serán requeridos para su utilización en órdenes de trabajo.
- Reducción de consumo de energía eléctrica. Con la implementación de programas de inspección de puntos donde existe mayores pérdidas de energía.

1.4.3.1.4. Desventajas

- Existe una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. Las ejecuciones del plan de mantenimiento deben ser realizados por técnicos especializados.
- Si se realiza un incorrecto análisis de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin las mejoras establecidas.
- Los trabajos diarios cuando se extienden en el tiempo produce falta de motivación en los trabajadores, por lo que se deben crear estrategias para crear un trabajo repetitivo en un trabajo que alcance la satisfacción y el compromiso.

1.4.3.2. Mantenimiento Correctivo

1.4.3.2.1. Definición

Se denomina mantenimiento correctivo a toda situación en la cual se realiza el restablecimiento de máquina que por alguna razón se encuentra en estado de fallo.

Es el mantenimiento adecuado en máquinas de bajo alcance en el sistema; por ello, se utilizan recursos cuando se crea el problema.

En esta situación si no existe ninguna falla, el mantenimiento será nulo, ya que se tiene que esperar hasta que exista la falla para recién tomar acciones de corrección.

Las labores del mantenimiento correctivo son más complejos que el mantenimiento preventivo, ya que además de solicitar vastos conocimientos sobre la máquina a reparar exige otros parecidos sobre circuitos, equipos y técnicas de medición, habilidades en la utilización de herramientas.

1.4.3.2.2. Ventajas

- Si la máquina está lista, la actuación en el fallo es rápida y la reinstalación en la mayoría de las fallas será en el mínimo tiempo.
- No es necesario una infraestructura excesiva, con un equipo de trabajadores competentes es suficiente. Por ello, el costo en la mano de obra será la mínima, la experiencia será mejor y el análisis de los trabajadores será la óptima.
- Es más productivo en máquinas que no intervienen de forma instantánea en el proceso, donde la implementación de otra estrategia resultaría poco económica.

1.4.3.2.3. Desventajas

- Se producen paradas y daños inesperados en la producción que alteran la planificación de forma incontrolada.
- Ofrece costos por reparación y repuestos no planificados; por ello, se da el caso que por falta de planeamientos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- Se puede producir una mala calidad en las restauraciones ya que la rapidez en la reparación y a de reposición se realizan de un tiempo corto. Por ello, se realiza una incorrecta manera de trabajar, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo de tiempo por una mala reparación.

1.4.3.3. Mantenimiento predictivo

Busca reconocer e informar continuamente el estado y operatividad de las instalaciones a través del conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de las condiciones y operatividad.

Para ejecutar este mantenimiento es primordial identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

Es el tipo de mantenimiento que utiliza más tecnología, ya que requiere de equipos técnicos avanzados, y en ocasiones, de altos conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

1.4.4. Indicadores del Mantenimiento

Cuando se mejora cualquier proceso es obligatorio establecer una serie de indicadores que cuantifiquen la eficacia y eficiencia de dichas actividades. De esta manera se puede realizar el análisis de forma objetiva si se realizan los objetivos que se plantean con la ejecución de dicha actividad.

1.4.4.1. Fiabilidad

La fiabilidad es la probabilidad de que una determinada máquina desarrolle sus actividades, bajo unas condiciones establecidas, y durante un tiempo determinado.

Por lo tanto, el tiempo medio entre fallas (MTBF) representa la fiabilidad de la máquina.

1.4.4.2. Mantenibilidad

La mantenibilidad es la probabilidad de que una máquina en etapa de fallo sea restaurada a una condición establecida, dentro de un rango de tiempo establecido y utilizan los recursos determinados.

Por tanto, el tiempo medio para reparar (MTTR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

1.4.5. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

El OEE, por sus siglas en inglés Overall Equipment Effectiveness (Eficacia total de los equipos) es un indicador que se utiliza para establecer la eficiencia total de las máquinas, al encerrar bajo un sólo índice los tres parámetros principales relacionados con la actividad de las máquinas de producción.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Por ello, para el mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado al análisis de criticidad de las máquinas que se encuentran dentro del proceso de producción de la empresa.

Así mismo se realiza el análisis de criticidad en una empresa ya que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos para crear un plan que facilita la toma de decisiones futuras, acertadas y efectivas, estableciendo el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más relevantes y/o necesario para la mejora de la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

1.4.5.1. Disponibilidad

La disponibilidad es la principal herramienta vinculada al mantenimiento, ya que limita la capacidad de producción.

Se establece como la probabilidad que una máquina se encuentre preparada para la producción en un lapso de tiempo determinado; o sea, que no esté parada por averías o ajustes.

Los periodos de tiempo no se encuentran incluidas las paradas planificadas, ya sea por convenios laborales, por mantenimiento planificado, o por paradas de producción, ya que estas no son por averías de la máquina.

1.4.5.2. Rendimiento

El rendimiento considera la pérdida de eficiencia de una determinada máquina como una reducción de su capacidad de producción frente a la nominal o esperada.

1.4.5.3. Calidad

La calidad es el indicador de las pérdidas por fabricación defectuosas de los productos finales, ya que al elaborar productos que directamente deben ser eliminadas como aquellas que necesiten ser reprocesadas.

1.4.5.4. Análisis de Criticidad

Para realizar un análisis de criticidad se debe:

- Establecer un alcance y propósito para el análisis
- Definir los criterios de evaluación
- Fijar un método de análisis para emplear la selección de los sistemas objeto del análisis.

Para hallar la criticidad de una máquina o equipo se hace uso de una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

Dentro de la matriz se presentan dos ejes, en un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

Para el análisis de criticidad se presentan las partes involucradas de las máquinas que se encuentran dentro del proceso de producción, con el fin de optimizar su correcto funcionamiento mediante la mejora del mantenimiento preventivo.

Los criterios empleados para el análisis de criticidad (Ver tabla 1) de las máquinas serán:

- Frecuencia de fallas.
- Impacto operacional.
- Flexibilidad operacional.
- Coste de mantenimiento.
- Impacto en seguridad, ambiente e higiene.

Para hallar la criticidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{CRITICIDAD TOTAL} = \text{Frecuencia de Falla} * \text{Consecuencia}$$

Donde:

Frecuencia de Falla = Número de fallas en un tiempo determinada

Consecuencia = (Impacto Operacional * Flexibilidad Operacional) + Costo de Mantenimiento
+ Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene

Tabla 1: Criterios para la Criticidad

Frecuencia de Fallas	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20 - 40 fallas/año	3
Buena 10 - 20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1
Impacto Operacional	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo	7 - 9
Impacto a niveles de producción o calidad	5 - 6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2 - 4
No genera ningún efecto significativo	1
Flexibilidad Operacional	
No existe equipo similar de repuesto	4
La máquina puede seguir funcionando	2 - 3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1
Costo de Mantenimiento	
Mayor o igual a S/. 400 (Incluye repuesto)	2
Inferior a S/. 400 (Incluye repuesto)	1
Impacto a Seguridad, Ambiente e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6 - 7
Accidente menor e incidente menor	4 - 5
Cuasi-accidente o incidente menor	2 - 3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14: Matriz de Criticidad

Fuente: Parra y Crespo (2012)

1.5. Estado del Arte

Se puede entender la categoría que los diferentes autores le brindan a los procesos y su gestión, como un rol importante para obtener la competitividad en el mercado empresarial.

Según Melton (2005) señala que solo el 5% de las actividades realizadas en las compañías manufactureras producen valor y que el 60% agrega valor parcial.

Por su parte, Taj, S. y Berro, L. (2006) confirma que en promedio el 70% de los recursos disponibles en compañías manufactureras son desperdiciados.

Por su parte, Tejada (2011) menciona que la implementación no solo significa aplicar, adaptar, implementar las herramientas de Lean ya conocidas desde hace más de 20 años, sino también en pensar de una manera más innovadora.

De la misma forma Moreira (2013) comenta que la mejora del proceso productivo de una empresa empieza de la necesidad de optimizar los procesos con la estrategia, la misión y los objetivos de la compañía.

Otros autores como Khusaini (2014) confirma que menos del 10 % de las actividades no agregan valor y casi un 60% no agrega ningún valor.

Para dar inicio a las mejoras de la compañía; en primer lugar, se tiene que tener una visión global de la empresa. Por ello, la herramienta para obtener ese acercamiento de lo que realmente sucede en la empresa se utiliza un VSM.

Según Patrocinio (2015) el VSM es una técnica de manufactura para analizar y diseñar el flujo de materiales e información necesaria para llevar un producto o servicio hasta el consumidor. Dicha técnica fue creada en Toyota, se le atribuye como “material y mapeo de flujo de información” y se puede aplicar a cualquier cadena de valor. Además, apoya a los métodos que se utilizan en entornos para analizar y diseñar los flujos a nivel de sistema a través de múltiples procesos ya que en una configuración de la forma de Shigeo Shingo recomienda que los pasos que agregan valor se dibujan por el centro del mapa y los pasos que no agregan valor se recreen en líneas verticales en ángulo recto con la cadena de valor. La cadena de valor es llamada como los “procesos”, y las cadenas de no valor son llamadas “operaciones”. El objetivo es que los pasos que no agreguen valor sean posteriores a la etapa de valor agregado y que estén muy asociados con el operario o máquina; por ello, cada línea vertical es la historia de una persona o estación de trabajo, mientras que la línea horizontal representa la historia de un producto que se creó.

De acuerdo con Olofsson (2015) El Mapeo del Estado Futuro de la Cadena de Valor ayuda a desarrollar la Estrategia de Manufactura Esbelta. Es mejor tener conocimientos de las demás herramientas de la Manufactura Esbelta para diseñar un Estado Futuro.

Esto resume que los resultados del modelo se pueden comparar frente un conjunto de resultados correctos, que conduce a decisiones incorrectas. Esto agranda la importancia de tener más tiempo en el proceso, analizando y cronometrando lo que está ocurriendo, y la comprensión de cómo se recopilan los datos.

Una vez que estos errores son corregidos, puede existir problema con el tiempo de entrega establecido. Comúnmente, es más difícil encontrar la causa, pero en general se debe a errores realizados en la simplificación de una o más etapas. Separando el problema mediante la sustitución de un proceso que se haya simplificado, y usar en su lugar un proceso por lotes simple es más factible la solución. Si esto corrige el problema, se deben volver a calcular los nuevos valores.

Luego que se tiene un VSM del estado actual de la empresa, se da inicio al análisis de los desperdicios que se está incurriendo durante el proceso de producción de la empresa. Normalmente, lo que ocurre son las paradas no programadas, ya sea por cambio de set-up, averías, mantenimiento correctivo, etc.

Por ello, dos de las herramientas más conocidas y demandadas por las empresas, especialmente del sector industrial son SMED y 5S. Ambas encierran uno de los más potentes secretos: su capacidad de iniciar, como una mecha, la verdadera transformación que Lean puede hacer en las organizaciones; la búsqueda de la Excelencia.

De acuerdo con Kumar y Kajal (2015) El objetivo de la metodología SMED es disminuir el tiempo de los cambios necesarios para elaborar productos diferentes, normalmente sin parar las instalaciones: La primera pregunta que hay que tomar es lógicamente asumir la necesidad de introducir los cambios de producto para minimizar los tiempos improductivos propios de los cambios de utillaje, calidad, características de todo tipo, etc. Dado que se tiene que cambiar entre productos diferentes que se tiene de tiempos de parada de las instalaciones o productos defectuosos, estos deben ser minimizados. Se trata de un bucle sin fin de mejora: cuanto mejor y más rápido sea el cambio más pequeño puede ser el lote de producción, que con infinitas interacciones llegaría idealmente a la producción unidad a unidad. El simple hecho de realizar la herramienta SMED en la empresa, realiza un cambio fundamental en las compañías: asumir que no se puede elaborar sin tomar en cuenta al cliente y esperar que se realice la compra.

Respecto con BENJAMIN y Otros (2013) la herramienta SMED, esconde uno de los mayores secretos no escritos, que es la capacidad de transformar si es aplicada en todo su potencial. Pero como cualquier proceso de cambio y transformación, durante su implementación puede salir a la luz todos los obstáculos que se interponen al proceso de transformación que se pretende poner en marcha.

El acompañamiento y compromiso de la alta dirección de la empresa y la mejora continua del avance y necesidades de recursos es sinónimo de que la herramienta pueda llegar a desplegar todo el poder del Lean.

Por último, para continuar la mejora de la empresa, observando que existen desperdicios de paradas no programadas por averías o mantenimiento correctivo, se da inicio a la ejecución del mantenimiento preventivo, que se enfoca de la revisión de manera periódica de los equipos y reemplazar ciertos componentes según las estimaciones estadísticas, algunas veces brindadas por el fabricante. Con este mantenimiento se reduce el coste del mantenimiento no planificado y las paradas imprevistas, de manera que aumenta la confiabilidad en los equipos.

Según Calloni (2015) la nueva tendencia en la industria es el llamado mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos. Se basa en realizar mediciones periódicas anticipadas de cada equipo mediante herramientas establecidas por la compañía y, con los datos obtenidos, se puede evaluar el estado de confiabilidad del equipo. Su objetivo es ofrecer información suficiente, precisa y oportuna para la toma de decisiones. Prevenir significa “ver con anticipación”. Con el conocimiento de la condición de cada equipo podemos hacer “el mantenimiento adecuado en el momento adecuado” anticipándonos a los problemas.

Por ello, Gonzales (2016) concluye que el éxito del programa de mantenimiento preventivo depende de la implicación de la organización en su conjunto.

Además, que no es suficiente tomar mediciones, es necesario estar seguros de que hayan sido adquiridas correctamente y disponer de personal capacitado para analizar dicha información.

Es necesario que la información obtenida sea en tiempo real para que las decisiones sean tomadas oportunamente.

Cuando un programa de mantenimiento preventivo es incorporado a la industria, es imprescindible conocer y evaluar la rentabilidad de dicho programa, para poder justificar su existencia y garantizar su continuidad dentro de la empresa.

1.6. Casos de Éxito

VSM

El VSM de una empresa alimenticia (un mapa resumido) que produce jugos naturales envasados en frascos de vidrio ubicada en Lima graficará y permitirá visualizar el proceso, y proporcionará detallar y entender completamente el flujo de la empresa tanto de información como de materiales necesarios para que el producto llegue al cliente, con esta técnica se identifica las actividades que no agregan valor al proceso para iniciar las actividades necesarias para eliminarlas.

En este mapa del flujo de valor, se puede observar en la última línea que la suma del tiempo del ciclo completo de producción de esta empresa es de 106 días, mientras que el tiempo en el que se le añade valor al producto es de solo 480 minutos (1 día), de los cuales la fabricación del batch de jugo (2000 litros) demora 476 minutos y el envasado de cada frasco de 60 mililitros demora 4 minutos. Por ello, el proceso de producción agrega valor en solo 480 minutos por cada frasco, mientras que el ciclo completo de producción para obtener los insumos y llegar al cliente con este frasco demora 106 días.

Por ello, el método de la mejora continua para esta compañía tiene sus comienzos luego de la partida del mapa actual mostrado. Llevar la realidad actual de esta empresa a su ideal es un proceso que no terminara hasta el día en que el flujo sea continuo, sin tiempos muertos, sin usar tiempo para cambios y que se produzca exactamente lo que el cliente quiere y cuando lo necesite. En síntesis, se concluye que el VSM se muestra como una herramienta con un valor agregado que la distingue de cualquier otra: muestra el flujo de información y materiales de la empresa y permite ver claramente como una orden del cliente se transforma en información.

Figura 15: VSM actual del Caso de Éxito

Fuente: Elaboración Propia

SMED

El presente caso estudió el proceso de producción de una línea de fabricación de productos de plásticos en una empresa de manufactura, con la finalidad de aumentar su productividad y eficiencia. Se analizó los datos referentes a capacidades de producción, cantidades de insumos, recursos técnicos, desperdicios, tiempo de paradas, entre otros, por medio de técnicas de análisis cuantitativas y cualitativas a fin de recrear la situación actual de la empresa y detectar los principales problemas y fallas que se presentan en la línea. A través de un programa de simulación de procesos (Rockwel Arena®) se modeló la situación actual de la línea y se realizaron modificaciones a variables relevantes que intervienen en el proceso, logrando identificar y evaluar alternativas de mejoras, obteniendo los siguientes resultados: implementar la metodología SMED el tiempo de elaboración de una orden se redujo en 39%, estandarizar las dimensiones de los prospectos, colocar un almacén dentro del área e implementar un tercer turno nocturno y el tiempo disminuiría en un 47%, 3% y 39% respectivamente y si se implementara todas las propuestas la disminución sería de un 47%. Se considera que todas las propuestas son viables, pues al disminuir el tiempo de elaboración de una orden, la productividad aumentaría significativamente.

Mantenimiento Preventivo

En la actualidad, Sumicol S.A. es una empresa líder en el país en el procesamiento de minerales no metálicos y materiales de construcción y posee minas y plantas en varios departamentos.

La Gerencia Integral de Activos está declarada como el modelo de gerenciamiento para la Gerencia Refinería Barrancabermeja. De manera paralela y siguiendo los lineamientos basados en el Mantenimiento Preventivo, Sumicol S.A. también ha empezado con la implementación de modelos más elaborados en la gestión del activo.

Es evidente que aún existen algunas barreras significantes para su implementación total en ambas industrias: la existencia de ciclos de presupuesto anual, la fuerte separación vertical de controles de presupuesto y autoridades verticales y la resistencia a la toma de decisiones facultada (empowerment) generará muchos retos de implementación. A pesar de esto, la dirección, la visión y evidencia de beneficios sustanciales de la implementación de un modelo estructurado de Gerenciamiento de Activos son claras y han guiado a las empresas, para realizar

sustanciales inversiones para alcanzar los niveles de confiabilidad requeridos para satisfacer a sus mercados objetivos.

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento correctivo, a pesar de su carácter imprevisto y deficiencias, sigue utilizándose y en ocasiones se impone sobre otras formas de sostén. Los autores analizan la importancia estratégica de la organización, diseño y control de sistemas integrales de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) para todos los equipos y su consolidación, en aras de lograr la eficiencia de los servicios técnicos hoteleros.

En el ámbito hotelero, el indicado es el mantenimiento preventivo planificado y aunque indeseable, el correctivo se encuentra siempre presente, en ocasiones muy presente. Este tipo de mantenimiento (MPP) reduce hasta en un 30% los costos del mantenimiento correctivo. Esta filosofía está basada en el conocimiento de que las máquinas se desgastan con el tiempo. Se desarrolla de manera creciente a partir de la Segunda Guerra Mundial y se aplica el concepto de cambio de piezas a partir de un número de horas de funcionamiento.

Con el conocimiento de equipos y registros históricos, se ejecutan planes de mantenimientos preventivos con frecuencias específicas.

Su aplicación correcta controla los equipamientos e instalaciones y contribuye eficazmente a un sistema de calidad y mejoramiento continuo, para reducir las horas al mantenimiento correctivo, por lo que reduce los costos, aumenta la disponibilidad, anticipa los replazos y posibilita la coordinación de paradas.

Un adecuado diseño de MPP no solo implica la elaboración de todos los protocolos al universo de equipos y también áreas de la instalación, sino que presupone del conocimiento de la actividad y de sus objetivos fundamentales al personal de mantenimiento y de la alta gerencia también.

Por ello, de acuerdo con los análisis de implementación en los hoteles mediante la aplicación del mantenimiento preventivo se puede reducir hasta un 30% en los costos de mantenimiento.

CAPÍTULO 2. Descripción de la empresa y diagnóstico inicial

El presente capítulo pretende brindar un acercamiento a la realidad actual de la empresa en estudio. Para ello, se describe la estructura de organización y el sistema productivo para luego analizar los principales problemas e identificar oportunidades de mejora.

2.1. Descripción general de la empresa

La empresa en estudio para esta tesis se ubica en la ciudad de Lima, dedicada a la producción y comercialización de tanques para agua de uso doméstico que inicia sus operaciones en el año 2000, desempeñando eficazmente en la fabricación de tanques. La materia prima que se utiliza es el polietileno de alta densidad (HDPE) debido a que es más rígido, evita la corrosión, resiste las altas temperaturas, etc.

2.1.1. Perfil organizacional

La organización comunica la razón de existencia de la empresa a través de su misión y el propósito de la misma a través de su visión.

MISIÓN

Fabricar y comercializar tanques de almacenamiento de agua de uso doméstico, con diseños atractivos, de alta calidad al mejor precio del mercado. Para ello, contamos con el respaldo de un correcto personal capacitado y experimentado, con equipos de buena tecnología lo que nos permite cumplir con los requisitos de calidad y servicios que nuestros clientes requieren.

VISIÓN

La empresa se posesionará como líder en la fabricación y comercialización de tanque de almacenamiento de agua de uso doméstico, líder a nivel local y con proyección hacia las distintas provincias del Perú, dando a conocer su eficiencia en sus metodologías de fabricación adoptando estrategias modernas e innovadoras en todos sus procesos, teniendo como

fundamento la mejora continua basados en el talento humano que están comprometidos con las exigencias de nuestros clientes.

2.2. Descripción del producto

Producto : Tanque para agua de uso doméstico (Un solo tipo de producto).
Tipo de producto : Tanque.
Cantidad : 1100 litros.
Altura : 1.43 m.
Diámetro : 1.10 m.

El tanque para agua es un producto que está hecho a base de polietileno, con el fin de poder almacenar agua. Se fabrica tanques de agua de 550, 1100 y 2200 litros el cual es de uso casero. Estos tanques se elaboran a través de 3 capas: primera, capa blanca (antibacteriana), obteniendo un almacén de agua purificada; segunda, capa media (negra), para poder cubrirlo de los rayos solares; y, la última, capa exterior (color). Además, este tanque pesa alrededor de 20kg, mide 1.43 m de altura y 1.10 m de diámetro, en el caso del tanque de 1100 litros como se observa la rotomoldeadora en la Figura 16. Los accesorios son colocados por conexión de termo fusión, que consiste en pegarse debido al calor de giro de la rosca del accesorio con el tanque, y la tapa por fricción.

Figura 16: Roto moldeador de tanque

Fuente: Elaboración propia

2.3. Descripción del sistema productivo

Se describe las principales etapas de los procesos que implican la transformación del polietileno de alta densidad¹ (materia prima) a un producto de tanque para almacenamiento de agua (producto terminado); las variables que se controlan antes, durante y al final del proceso productivo en mención.

2.3.1. Descripción del Procesos de producción del tanque

La fabricación del tanque para almacenamiento de agua de 1100 litros consta de varias actividades e inspecciones a seguir para su elaboración ya que estos interactúan con las máquinas que siguen dicho proceso. Esta relación es necesaria para así poder obtener un producto de calidad. A continuación, se detalla los pasos a seguir para el proceso de elaboración del producto.

1. Se adquiere la materia prima, polietileno de alta densidad. El polietileno llega en sacos de 50 kg.
2. La materia prima (sacos de 50 kg.) se traslada en un pato movable para ser dividida en cantidades exactas para la elaboración del tanque. Se separan en bolsas de 8kg. cada una a través de una báscula para el llenado de las bolsas que son colocadas por un operario. Hay 3 tipos de ellas: polietileno, espumoso y antibacterial.
3. El material pesado (sacos de 8kg) es entregado al área de moldeo. Saco de polietileno de color, espumoso y antibacteriano; se diferencian por el color de las bolsas.
4. El roto moldeador, que funciona a gas, cuenta con 3 posiciones: trasera, central y delantera. El operario debe revisar si esta se encuentra limpia, pues así se evita problemas de calidad y poder luego desmoldar con facilidad.
5. El operario coge el primer saco de polietileno y lo vierte en el tanque roto moldeador para así elaborar la primera capa que será la exterior.
6. El operario cierra la tapa e inmediatamente coloca las tuercas para fijarla.
7. Cuando el roto moldeador está cerrado, el operario se dirige al tablero de control para programar el proceso.

¹ Es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos conformado por unidades repetitivas de etileno

8. El roto moldeador se enciende y empieza a girar para que el polietileno abarque todo el espacio del molde. Para esta actividad, la máquina calienta con una flama azul de tamaño en el cual la punta de la flama apenas toque el molde, de este modo se controla mejor el proceso.
9. Luego de 3 - 4 minutos se debe insertar el segundo saco que será de polietileno espumoso el cual sirve para proteger el líquido que se almacenará en el tanque de los rayos solares.
10. Cuando el material se encuentra cargado en el recipiente, se espera a que la máquina se desplace hacia la posición trasera y suene la alarma, será el momento de insertar el antibacteriano, siendo cuidadoso de no rozar el recipiente con la superficie del molde.
11. Cuando la máquina regresa a la posición central, se retira el recipiente y la máquina seguirá hasta su posición delantera con las flamas apagadas.
12. Luego la máquina se pondrá en posición central y después hacia adelante para empezar el proceso de enfriamiento.
13. Cuando termina el proceso de enfriamiento, la máquina se coloca en posición central y los moldes dejan de moverse.
14. Luego el operario se acerca a sacar las tuercas con ayuda de una herramienta de desajuste.
15. Se retira la tapa.
16. Después de retirar la tapa, se saca el molde de tanque semi-terminado, se revisa que no tenga defectos y se retira la merma, de ser así se consulta al supervisor de calidad para verificar si puede continuar con el proceso o no.
17. El operario coloca la etiqueta de operación e indica fecha y máquina que se utilizó para el producto.
18. Posteriormente el tanque semi-terminado pasa al área de tapado, en la cual mediante el proceso de fricción se le colocará la tapa al tanque.
19. A continuación, un operario calienta el tanque con un soplete para que pueda pasar a la siguiente área.
20. Luego, en el área de serigrafiado, se coloca un molde para poder aplicar la tinta y así quede inscrito el nombre de la empresa.
21. Después, el tanque pasa a otra área para que le perforen los orificios por los cuales se colocarán las respectivas conexiones.
22. Se limpian los desperdicios que quedan en el interior del tanque.

23. Mediante el termo fusionado se inserta las conexiones para colocar el tubo de aire, tanto superior como inferior.
24. Se coloca el sticker de garantía y se embala el producto terminado.
25. Finalmente, se lleva al almacén para ser distribuido.

2.3.2. Diagrama de operaciones del proceso – DOP

Figura 17: Proceso productivo de Tanque para agua de uso doméstico

Cuadro de Resumen		
Elementos	Cantidad	Tiempo (minutos)
7	14.66
4	2.54
3	18.68

Fuente: La empresa

2.4. Producción mensual

La producción de los tanques de almacenamiento de agua de uso doméstico se realizó en un rango elaborado durante un año; todo el 2016. En la tabla 2, la producción mensual no es constante debido a que se trabaja mediante un sistema de producción Make to Order; es decir, bajo pedido. Los datos de la producción mensual durante el año 2016 de los tanques fueron los siguientes:

Tabla 2: Producción mensual de tanques de enero 2016 – diciembre 2016

Producción de Tanques			
Mes-Año	Tanque 550 L.	Tanque 1100 L.	Tanque 2200 L.
Enero 2016	567	865	786
Febrero 2016	543	873	773
Marzo 2016	535	856	755
Abril 2016	496	849	743
Mayo 2016	490	789	721
Junio 2016	487	771	695
Julio 2016	500	745	710
Agosto 2016	475	787	725
Septiembre 2016	489	732	738
Octubre 2016	510	812	754
Noviembre 2016	553	856	765
Diciembre 2016	578	893	794
TOTAL	6223	9828	8959

Fuente: Elaboración propia

La empresa en estudio elabora un solo producto de tanque con tres tipos diferentes de capacidad en litros; en el cual la mayor producción se da en la temporada de verano. Las figuras 18, 19 y 20 muestran la producción de los tanques desde enero del 2016 a diciembre del 2016.

La producción de tanques de 550 litros durante el año 2016 fue de 6223 unidades. La producción de tanques de 1100 litros fue de 9828 unidades y la producción de tanques de 2200 litros fue de 8959 unidades. Es decir, la producción total de tanques para almacenamiento de agua durante el año 2016 fue de 25010 unidades.

La empresa presenta como estrategia de producción el “Make to Order” debido a que los tanques son fabricados bajo pedido de los clientes.

Figura 18: Producción de Tanque de 550 Litros

Fuente: Elaboración Propia

Figura 19: Producción de Tanque de 1100 Litros

Fuente: Elaboración Propia

Figura 20: Producción de Tanque de 2200 Litros

Fuente: Elaboración propia

2.5. Identificación de los problemas

A continuación, se presentan los problemas que actualmente tiene la empresa en estudio:

- **Retraso en el tiempo de entrega**

El factor tiempo es determinante para cumplir con los plazos y compromisos establecidos con los clientes; por ello, el manejo de materiales, equipos, repuestos y suministros es vital ante la respuesta de los principios de practicidad, flexibilidad, agilidad y confiabilidad.

A continuación, se identifican las causas que originan el retraso en el tiempo de entrega de los productos finales.

En primer lugar, se muestra como ejemplo dos Órdenes de Venta para la demostración de los tiempos de retraso en la entrega final de los tanques.

Tabla 3: Orden de Venta de Tanque de 2200 Litros

ORDEN DE VENTA					
Fecha de Pedido: 14/01/2016			Fecha de Entrega: 21/01/2016		
CLIENTE:	Consorcio Minero Horizonte			FAC. N°:	001186
DIRECCIÓN:	Jr. Crane 102, San Borja, Lima 41, Perú				
Cant.	Cod. Producto	Producto	Descripción	Precio Unitario (Inc. IGV)	TOTAL
190	T-2200	Tanque de 2200 L.	Color externo Negro	S/. 590.00	S/. 112,100.00
TOTAL					S/. 112,100.00

Fuente: Elaboración Propia

Respecto con la imagen anterior, se detalla la Orden de Venta N° 001186 en la cual se hace un contrato con la empresa Consorcio Minero Horizonte para la producción y entrega de 190 tanques para almacenamiento de agua de capacidad de 2200 litros.

Además, se detalla que el tiempo de entrega del producto final es de 8 días a partir de la generación de la Orden de Venta.

La tabla 4 muestra el detalle de los días estimados y los días reales durante el proceso de elaboración de los tanques.

Tabla 4: Tiempo estimado vs. Tiempo real de entrega de Tanques de 2200 L.

Proceso	Tiempo Estimado (días)	Tiempo Real (días)
Emisión de Ord. De Venta	1	1
Tiempo de Aprov. de Mat. Prima	2	2
Producción	2	4
Inspección y Calidad	1	1
Almacenamiento	1	1
Despacho	1	1
TOTAL	8	10

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que el tiempo estimado en la entrega de los productos finales es de 8 días; mientras que el tiempo real en la entrega de los productos fue de 10 días.

Por lo tanto, se concluye que existe un tiempo de retraso de 2 días en la entrega de los productos finales lo que genera una insatisfacción en los clientes.

Por último, la tabla 5, detalla otra Orden de Venta que sirve para el análisis de los de retraso en el tiempo de entrega de los productos finales.

Tabla 5: Orden de Venta de Tanque de 1100 Litros

ORDEN DE VENTA					
Fecha de Pedido: 03/11/2016			Fecha de Entrega: 10/11/2016		
CLIENTE:	Edificaciones & Servicios Generales Romero S.A.C.			FAC. N°:	001393
DIRECCIÓN:	Av. La Playa - S/N Mz. B Lt. 8, Ventanilla - Callao				
Cant.	Cod. Producto	Producto	Descripción	Precio Unitario (Inc. IGV)	TOTAL
325	T-1100	Tanque de 1100 L.	Color externo Negro	S/. 320.00	S/. 104,000.00
TOTAL					S/. 104,000.00

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera, la tabla 6, muestra el detalle de los días estimados y los días reales durante el proceso de elaboración de los tanques.

Tabla 6: Tiempo estimado vs. Tiempo real de entrega de Tanques de 1100 L.

Proceso	Tiempo Estimado (días)	Tiempo Real (días)
Emisión de Ord. De Venta	1	1
Tiempo de Aprov. de Mat. Prima	2	2
Producción	2	4
Inspección y Calidad	1	1
Almacenamiento	1	1
Despacho	1	1
TOTAL	8	10

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los ejemplos de las dos Órdenes de Ventas, se aprecia que existe un tiempo de retraso de 2 días en la entrega de los productos finales.

El proceso que toma más tiempo de retraso en el tiempo de entrega del producto final es en el proceso de Producción.

El principal problema existente en la empresa en investigación es el retraso que existe en la entrega del producto final al cliente. La mayor cantidad de los clientes de la compañía son empresas industriales; por ello, es primordial que los tanques sean entregados a tiempo. Las causas del aumento en el tiempo de entrega aparecen en el área de producción.

El tiempo de retraso son, generalmente, de 2 días después de definida el tiempo de entrega.

Tabla 7: Tiempos reales de empresas productoras de tanque

Empresa	Emisión de O/V	T.A. de M.P.	Producción	Calidad	Almacena- miento	Despacho	Hrs. de Prod.	TOTAL (Días)
Rotoper	1	2	2	1	1	1	64	8
Far Plas E.I.R.L.	1	2	2	1	1	1	64	8
Uniplast	1	2	2	1	1	1	64	8
Cía en estudio	1	2	4	1	1	1	80	10

Fuente: Elaboración Propia

La compañía en estudio muestra un grave problema ya que genera insatisfacción a los clientes en el incumplimiento al momento de la entrega. Además, con respecto a las empresas de la competencia del mismo rubro, el tiempo máximo de entrega es de 8 días; sin embargo, la empresa en estudio entrega a los 10 días lo cual se vuelve incompetente.

Figura 21: Días de entrega de Producto Final

Fuente: Elaboración Propia

2.6. Impacto Económico

Para todas las empresas es fundamental la entrega a tiempo del producto final; de lo contrario, causa insatisfacción al cliente. La compañía en investigación, si no se cumplen con los plazos de entrega, esta asume el compromiso a una compensación que se entiende por una cierta cantidad en devolución del dinero.

Por ello, un cliente insatisfecho, molesto por el incumplimiento de entrega, no sólo es un cliente perdido para la compañía, también será un cliente que se enfocará de recomendar negativamente a la empresa y de menospreciar la imagen.

Debido a ello, la empresa tiene como política devolver el 5% de la venta total. En la tabla 8, se detalla las órdenes de ventas que no se entregaron a tiempo y representan el 86% de las ventas totales del 2016.

Tabla 8: Penalización por incumplimiento en el plazo de entrega

Orden de Venta	Cantidad (Unidad)	Código Producto	Venta Bruta	Penalización (5%)	Venta Neta
001171	235	T-1100	S/. 75,200.00	S/. 3,760.00	S/. 71,440.00
001175	215	T-2200	S/. 126,850.00	S/. 6,342.50	S/. 120,507.50
001178	120	T-550	S/. 27,600.00	S/. 1,380.00	S/. 26,220.00
001186	190	T-2200	S/. 112,100.00	S/. 5,605.00	S/. 106,495.00
001195	180	T-550	S/. 41,400.00	S/. 2,070.00	S/. 39,330.00
001203	235	T-1100	S/. 75,200.00	S/. 3,760.00	S/. 71,440.00
001206	195	T-550	S/. 44,850.00	S/. 2,242.50	S/. 42,607.50
001210	250	T-1100	S/. 80,000.00	S/. 4,000.00	S/. 76,000.00
001218	265	T-2200	S/. 156,350.00	S/. 7,817.50	S/. 148,532.50
001223	185	T-550	S/. 42,550.00	S/. 2,127.50	S/. 40,422.50
001230	275	T-1100	S/. 88,000.00	S/. 4,400.00	S/. 83,600.00
001234	215	T-550	S/. 49,450.00	S/. 2,472.50	S/. 46,977.50
001236	250	T-1100	S/. 80,000.00	S/. 4,000.00	S/. 76,000.00
001238	185	T-1100	S/. 59,200.00	S/. 2,960.00	S/. 56,240.00
001240	220	T-2200	S/. 129,800.00	S/. 6,490.00	S/. 123,310.00
001243	195	T-550	S/. 44,850.00	S/. 2,242.50	S/. 42,607.50
001247	182	T-2200	S/. 107,380.00	S/. 5,369.00	S/. 102,011.00
001249	210	T-550	S/. 48,300.00	S/. 2,415.00	S/. 45,885.00
001251	215	T-1100	S/. 68,800.00	S/. 3,440.00	S/. 65,360.00
001253	230	T-550	S/. 52,900.00	S/. 2,645.00	S/. 50,255.00
001255	245	T-1100	S/. 78,400.00	S/. 3,920.00	S/. 74,480.00
001258	215	T-2200	S/. 126,850.00	S/. 6,342.50	S/. 120,507.50
001260	195	T-1100	S/. 62,400.00	S/. 3,120.00	S/. 59,280.00
001261	250	T-2200	S/. 147,500.00	S/. 7,375.00	S/. 140,125.00
001264	265	T-1100	S/. 84,800.00	S/. 4,240.00	S/. 80,560.00
001269	185	T-2200	S/. 109,150.00	S/. 5,457.50	S/. 103,692.50
001271	275	T-550	S/. 63,250.00	S/. 3,162.50	S/. 60,087.50
001273	215	T-2200	S/. 126,850.00	S/. 6,342.50	S/. 120,507.50
001277	250	T-550	S/. 57,500.00	S/. 2,875.00	S/. 54,625.00
001279	185	T-1100	S/. 59,200.00	S/. 2,960.00	S/. 56,240.00
001281	273	T-550	S/. 62,790.00	S/. 3,139.50	S/. 59,650.50
001285	218	T-1100	S/. 69,760.00	S/. 3,488.00	S/. 66,272.00
001288	250	T-2200	S/. 147,500.00	S/. 7,375.00	S/. 140,125.00
001290	185	T-1100	S/. 59,200.00	S/. 2,960.00	S/. 56,240.00
001291	220	T-550	S/. 50,600.00	S/. 2,530.00	S/. 48,070.00
001294	195	T-2200	S/. 115,050.00	S/. 5,752.50	S/. 109,297.50
001297	182	T-550	S/. 41,860.00	S/. 2,093.00	S/. 39,767.00
001299	210	T-2200	S/. 123,900.00	S/. 6,195.00	S/. 117,705.00
001302	215	T-1100	S/. 68,800.00	S/. 3,440.00	S/. 65,360.00
001308	235	T-2200	S/. 138,650.00	S/. 6,932.50	S/. 131,717.50

001311	275	T-550	S/. 63,250.00	S/. 3,162.50	S/. 60,087.50
001314	215	T-1100	S/. 68,800.00	S/. 3,440.00	S/. 65,360.00
001316	250	T-550	S/. 57,500.00	S/. 2,875.00	S/. 54,625.00
001319	185	T-1100	S/. 59,200.00	S/. 2,960.00	S/. 56,240.00
001321	280	T-550	S/. 64,400.00	S/. 3,220.00	S/. 61,180.00
001323	215	T-1100	S/. 68,800.00	S/. 3,440.00	S/. 65,360.00
001325	250	T-2200	S/. 147,500.00	S/. 7,375.00	S/. 140,125.00
001326	185	T-550	S/. 42,550.00	S/. 2,127.50	S/. 40,422.50
001328	163	T-1100	S/. 52,160.00	S/. 2,608.00	S/. 49,552.00
001329	265	T-2200	S/. 156,350.00	S/. 7,817.50	S/. 148,532.50
001331	185	T-550	S/. 42,550.00	S/. 2,127.50	S/. 40,422.50
001333	275	T-1100	S/. 88,000.00	S/. 4,400.00	S/. 83,600.00
001335	215	T-1100	S/. 68,800.00	S/. 3,440.00	S/. 65,360.00
001339	250	T-1100	S/. 80,000.00	S/. 4,000.00	S/. 76,000.00
001345	185	T-2200	S/. 109,150.00	S/. 5,457.50	S/. 103,692.50
001349	275	T-550	S/. 63,250.00	S/. 3,162.50	S/. 60,087.50
001351	215	T-550	S/. 49,450.00	S/. 2,472.50	S/. 46,977.50
001353	185	T-2200	S/. 109,150.00	S/. 5,457.50	S/. 103,692.50
001358	220	T-550	S/. 50,600.00	S/. 2,530.00	S/. 48,070.00
001360	195	T-2200	S/. 115,050.00	S/. 5,752.50	S/. 109,297.50
001363	182	T-1100	S/. 58,240.00	S/. 2,912.00	S/. 55,328.00
001365	210	T-1100	S/. 67,200.00	S/. 3,360.00	S/. 63,840.00
001367	215	T-2200	S/. 126,850.00	S/. 6,342.50	S/. 120,507.50
001371	185	T-550	S/. 42,550.00	S/. 2,127.50	S/. 40,422.50
001375	275	T-2200	S/. 162,250.00	S/. 8,112.50	S/. 154,137.50
001378	215	T-1100	S/. 68,800.00	S/. 3,440.00	S/. 65,360.00
001382	250	T-2200	S/. 147,500.00	S/. 7,375.00	S/. 140,125.00
001385	185	T-1100	S/. 59,200.00	S/. 2,960.00	S/. 56,240.00
001387	273	T-2200	S/. 161,070.00	S/. 8,053.50	S/. 153,016.50
001389	218	T-550	S/. 50,140.00	S/. 2,507.00	S/. 47,633.00
001391	290	T-2200	S/. 171,100.00	S/. 8,555.00	S/. 162,545.00
001393	325	T-1100	S/. 104,000.00	S/. 5,200.00	S/. 98,800.00
001395	315	T-550	S/. 72,450.00	S/. 3,622.50	S/. 68,827.50
001398	245	T-2200	S/. 144,550.00	S/. 7,227.50	S/. 137,322.50
001402	285	T-1100	S/. 91,200.00	S/. 4,560.00	S/. 86,640.00
001406	215	T-1100	S/. 68,800.00	S/. 3,440.00	S/. 65,360.00
001408	230	T-2200	S/. 135,700.00	S/. 6,785.00	S/. 128,915.00
001411	193	T-550	S/. 44,390.00	S/. 2,219.50	S/. 42,170.50
001416	300	T-2200	S/. 177,000.00	S/. 8,850.00	S/. 168,150.00
001419	277	T-2200	S/. 163,430.00	S/. 8,171.50	S/. 155,258.50
001420	290	T-1100	S/. 92,800.00	S/. 4,640.00	S/. 88,160.00
001421	265	T-550	S/. 60,950.00	S/. 3,047.50	S/. 57,902.50
001423	318	T-1100	S/. 101,760.00	S/. 5,088.00	S/. 96,672.00
TOTAL			S/. 7,233,230.00	S/. 361,661.50	S/. 6,871,568.50

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla anterior, el impacto económico que genera la compañía al no cumplir los plazos de entrega del producto final se obtiene la suma total de S/. 351,559.00 nuevos soles.

2.6.1. Trascendencia

La tabla 9 muestra las ventas brutas totales que adquirió la empresa durante el periodo del año 2016. Las cuales suma un total de S/. 9'862,060.00 nuevos soles.

Tabla 9: Ventas brutas en el año 2016

Mes - Año	Ventas Brutas
Enero 2016	S/. 870,950.00
Febrero 2016	S/. 860,320.00
Marzo 2016	S/. 842,420.00
Abril 2016	S/. 824,130.00
Mayo 2016	S/. 790,570.00
Junio 2016	S/. 768,780.00
Julio 2016	S/. 772,300.00
Agosto 2016	S/. 788,840.00
Septiembre 2016	S/. 782,130.00
Octubre 2016	S/. 822,000.00
Noviembre 2016	S/. 852,460.00
Diciembre 2016	S/. 887,160.00
TOTAL	S/. 9,862,060.00

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, la tabla 10 muestra las ventas netas de la compañía las cuales se calculan de la diferencia entre la Venta bruta y la penalización, lo que resulta un total de S/. 9'500,398.50.

Tabla 10: Venta Neta en el año 2016

Venta Bruta	Penalización	Venta Neta
S/. 9'862,060.00	S/. 361,661.50	S/. 9'500,398.50

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se puede concluir que el impacto económico por las penalizaciones que genera la compañía por no efectuar la entrega de los tanques en el plazo establecido representa el 3.81% de las Ventas Netas de la empresa.

2.7. Tiempos de Producción

Tiempo de Producción estimado vs. Tiempo de producción real

El principal problema de la compañía es el tiempo de entrega de los productos finales. Los encargados del proceso productivo calculan un tiempo estimado en la producción de los tanques; sin embargo, estos tiempos no necesariamente se cumplen, ya que durante la fabricación existen diferentes factores que afectan que el tiempo de entrega no se cumpla.

Este exceso en el tiempo de producción es por las paradas no programadas que existen durante la elaboración de los tanques; es decir, hay muchas paradas para brindar mantenimiento correctivo a las máquinas.

2.7.1. VSM de la Empresa

Para obtener un mejor análisis, se muestra el VSM actual (Ver Figura 22) y se detalla la identificación de los principales desperdicios hallados dentro del mapa de flujo de valor que perjudican la producción en el área, ya que la finalidad es finiquitar aquellos desperdicios; o, por el contrario, disminuir su impacto para establecer mejoras.

Cabe mencionar que además de la eliminación de todos los desperdicios originados en el proceso actual de la fabricación de tanques, desde el panorama de la manufactura esbelta, brinda un resultado de una necesidad con el propósito de continuar su competitividad en el mercado y satisfacer a los clientes con el tiempo adecuado de entrega y con la calidad óptima de sus productos.

Figura 22: VSM actual de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 22, se observa que el Tiempo de Valor Agregado (TVA) es de 2.01 días mientras que el Lead Time es 3.82 días, lo cual representa una diferencia de 1.81 días de exceso en los tiempos de fabricación. Cabe resaltar que dentro del Lead Time se encuentra el tiempo eficiente de la producción de los tanques; es decir, el tiempo de producción de un tanque; y los tiempos extras ya sean por averías, set-up, reparaciones, etc.

En la tabla 11, se detalla el tiempo eficiente utilizado; es decir, los minutos que realmente se necesitan para la fabricación de los tanques y el tiempo real utilizado por cada actividad en las cuales se observa que existe exceso en los tiempos. Esto se debe a que durante la fabricación de los tanques existen tiempo de esperas debido a que las máquinas tienen paradas no programadas ya sea por averías, interrupciones, calibraciones, falta de limpieza, etc.

En la tabla 11, se puede concluir que existe 1.81 días de exceso lo que genera los 2 días de más en el tiempo de entrega de los productos finales al cliente.

Tabla 11: Tiempo estimado vs. Tiempo real en el proceso de producción

Actividad	Tiempo Estimado (Minutos)	Tiempo Real (Minutos)	Diferencia (Minutos)	Días
Pesado	28	28.2	0.2	0.00
Rotomoldeado	399.84	831.9	432.06	0.90
Cortado	88.76	90	1.24	0.00
Tapado	126	318	192	0.40
Serigrafiado	84	84.2	0.2	0.00
Termofusionado	242.76	483	240.24	0.50
TOTAL	969.36	1835.3	865.94	1.80

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se describen los tipos de desperdicio involucrados en el mapa de flujo de valor:

Transporte

El almacén se encuentra aproximadamente a 25 metros de la actividad final del proceso de producción.

Este desperdicio genera tiempos ineficientes durante su traslado.

El producto final, luego de ser embalado, se debe de transportar al almacén; es decir, del área de empaque al almacén, donde espera aproximadamente un día para que el despacho del pedido o que se realice la entrega respectiva, dependiendo del acuerdo establecido.

Por ello, se puede concluir que aproximadamente se recorre entre 50 – 60 metros durante la fabricación de cada tanque.

Defectos

Los tanques con defectos son producidos debido a la falta de una planificación de mantenimiento de las máquinas y provocan rechazos en los productos finales.

De acuerdo al análisis, se concluye que aproximadamente los productos con defectos son menores al 1% de la producción total.

Movimientos innecesarios

En muchas de las actividades dentro del proceso de producción existen movimientos innecesarios donde el operario no genera valor agregado al producto.

Al no tener adecuado una filosofía como las 5S's se pierde mucho tiempo en la búsqueda de elementos como guantes, herramienta de desajuste., cuchillas, etc. El operario pierde el tiempo desplazándose por toda el área de producción hasta ubicar el objeto buscado.

Tiempos de espera

Debido a que la producción es un proceso en línea se tiene que seguir la secuencia de producción; es decir, tiene que terminar una actividad para continuar la siguiente sin saltar procesos.

El operario es el encargado de suministrar los inventarios en procesos a cada estación de trabajo y si hay averías o paradas no programadas durante la fabricación esto ocasiona demoras hasta su reparación, ya que se tiene que esperar que la máquina o el equipo funcionen correctamente. Por lo tanto, se concluye que de acuerdo con el VSM existe aproximadamente 2 días en el exceso de fabricación de los tanques debido a los tiempos de espera por la falta de mantenimiento de las máquinas.

Procesos innecesarios

Cuando se compran la materia prima (polietileno de alta densidad) de baja calidad a ciertos proveedores, estos hacen difíciles para ser aplicados, lo que ocasiona una mala producción de los tanques y conlleva a un reproceso.

Por lo tanto, la baja calidad de la materia prima es debido a los diferentes tamaños de los polietilenos.

Recursos humanos mal-utilizados

Se tiene un operario en cada actividad de la línea, de acuerdo los tiempos obtenidos, se observa que existe tiempos ociosos por lo que no se aprovecha el recurso humano de una manera eficiente, se propone disminuir el tiempo ocioso para aplicar la metodología de manufactura esbelta.

Sobreproducción

No se identifica sobreproducción ya que es una empresa que fabrica tanques bajo pedido.

Inventarios

Solo se identifica inventarios en proceso durante la elaboración de los tanques en el proceso de producción.

2.8. Problemas en cada Máquina

A continuación, se detallan los problemas de cada máquina para vincularlo con los excesos de horas durante el proceso de producción.

Las siguientes tablas y gráficas muestran los problemas que se observaron y que fueron detectados en el área de producción, dónde se puede apreciar que la mayoría de ellos son por paradas no programadas, averías, calibraciones, interrupciones ajustes, cambio de piezas o repuestos y limpieza general.

Tabla 12: Tiempo de los problemas en el Pesado

PESADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	4	
Calibraciones	4	
Falta de orden y limpieza	8	
Cambio de Herramienta o partes	4	
Arranques	0	
Ajustes	4	
Total Tiempo Paradas No Programadas	24	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	98.75%	(5) = $((4) - (3)) / (4) * 100\%$
Minutos Efectivos	28	(6)
Minutos Reales	28.2	(7)
RENDIMIENTO	99.29%	(8) = $((6) / (7)) * 100\%$
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	0	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	28	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	100%	(11) = $((10) / (9)) * 100\%$
OEE	98.05%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 23: Problemas en el Pesado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Tiempo de los problemas en el Rotomoldeado

ROTOMOLDEADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	110	
Calibraciones	45	
Falta de limpieza	90	
Cambio de Herramienta o partes	45	
Arranques	120	
Ajustes	22	
Total Tiempo Paradas No Programadas	432	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	77.50%	(5) = $((4) - (3)) / (4) * 100\%$
Minutos Efectivos	399.84	(6)
Minutos Reales	831.9	(7)
RENDIMIENTO	48.06%	(8) = $((6)/(7)) * 100\%$
Unidades con Defecto	1	
Unidades para Reproceso	0	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = $((10) / (9)) * 100\%$
OEE	35.92%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Problemas en el Rotomoldeado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Tiempo de los problemas en el Cortado

CORTADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	0	
Calibraciones	0	
Falta de orden y limpieza	45	
Cambio de Herramienta o partes	8	
Arranques	0	
Ajustes	0	
Total Tiempo Paradas No Programadas	53	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	97.24%	(5) = $((4) - (3)) / (4) * 100\%$
Minutos Efectivos	88.76	(6)
Minutos Reales	90	(7)
RENDIMIENTO	98.62%	(8) = $((6) / (7)) * 100\%$
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	1	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = $((10) / (9)) * 100\%$
OEE	92.48%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: Problemas en el Cortado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Tiempo de los problemas en el Tapado

TAPADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	97	
Calibraciones	20	
Falta limpieza	30	
Cambio de Herramienta o partes	25	
Arranques	0	
Ajustes	20	
Total Tiempo Paradas No Programadas	192	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	90.00%	(5) = $((4) - (3)) / (4) * 100\%$
Minutos Efectivos	126	(6)
Minutos Reales	318	(7)
RENDIMIENTO	39.62%	(8) = $((6)/(7)) * 100\%$
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	1	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = $((10) / (9)) * 100\%$
OEE	34.39%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 26: Problemas en el Tapado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Tiempo de los problemas en el Serigrafiado

SERIGRAFIADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	10	
Calibraciones	8	
Falta de orden y limpieza	25	
Cambio de Herramienta o partes	15	
Arranques	0	
Ajustes	10	
Total Tiempo Paradas No Programadas	68	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	96.46%	(5) = $((4) - (3)) / (4) * 100\%$
Minutos Efectivos	84	(6)
Minutos Reales	84.2	(7)
RENDIMIENTO	99.76%	(8) = $((6)/(7)) * 100\%$
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	1	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = $((10) / (9)) * 100\%$
OEE	92.79%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Problemas en el Serigrafiado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Tiempo de los problemas en el Termo fusionado

TERMOFUSIONADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	90	
Calibraciones	30	
Falta y limpieza	30	
Cambio de Herramienta o partes	40	
Arranques	0	
Ajustes	50	
Total Tiempo Paradas No Programadas	240	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	87.50%	(5) = $((4) - (3)) / (4) * 100\%$
Minutos Efectivos	242.76	(6)
Minutos Reales	483	(7)
RENDIMIENTO	50.26%	(8) = $((6)/(7)) * 100\%$
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	2	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	26	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	92.86%	(11) = $((10) / (9)) * 100\%$
OEE	40.84%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 28: Problemas en el Termo fusionado

Fuente: Elaboración Propia

2.8.1. Mean Time Between Failures (MTBF) y Medium Time To Repair (MTTR)

La tabla 18 muestra el tiempo promedio en el que un equipo funciona sin fallas ya que es un indicador que representa, dicho de otra forma, el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente. Es decir, el tiempo medio entre fallas en que pudiese ocurrir una falla o que podrá ser usado sin detenerse. De esta forma se define cuándo se necesita el mantenimiento correctivo. Por ello, la calidad de funcionamiento de una máquina se da por el tiempo que se espera que dicho equipo funcione de manera óptima.

Tabla 18: Tiempo Medio Entre Fallas de las máquinas

Nº	Máquina	Tiempo de Operación (Horas)	Número de Fallas	MTBF (Horas)
1	Pesado	32	1	32.0
2	Rotomoldeado	32	6	5.3
3	Cortado	32	1	32.0
4	Tapado	32	5	6.4
5	Serigrafiado	32	1	32.0
6	Termofusionador	32	5	6.4

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que las máquinas con el tiempo promedio entre fallas más críticos son el área de rotomoldeado, tapado y termofusionado, ya que cada 5 o 6 horas se tiene que parar la máquina para brindar el mantenimiento correctivo correspondiente.

En la tabla 19 muestra el tiempo promedio para reparar una máquina, es una medida básica de la capacidad de mantenimiento que representa el tiempo estimado requerido para reparar una máquina.

Estadísticamente, se puede obtener un estimado de este tiempo hasta que se realice un fallo, que se llama tiempo medio hasta un fallo. Algunas veces, en equipos que son reparados de forma continua después que hayan fallos y siguen funcionando, aquello se puede nombrar tiempo medio entre fallos, en dichos casos el “tiempo” puede ser tiempo real o tiempo de operación.

Tabla 19: Tiempo Medio Para Reparar de las máquinas

Nº	Máquina	Tiempo total para Restaurar (Horas)	Número de Fallas	MTTR (Horas)
1	Pesado	0.4	1	0.4
2	Rotomoldeado	7.2	6	1.2
3	Cortado	0.9	1	0.9
4	Tapado	3.2	5	0.6
5	Serigrafiado	1.1	1	1.1
6	Termofusionador	4.0	5	0.8

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se puede mostrar que el tiempo medio para reparar las máquinas son casi cercanos pero en la cantidad de fallas es donde hay una gran diferencia.

Por ello, la empresa no se puede conformar solo con detectar una falla y repararla, lo más importante es llegar al punto del origen de la falla y prever que vuelva a repetir. Es una labor de aprendizaje, usando la experiencia propia y ajena, ya que con la práctica se puede predecir cualquier inconveniente en la producción.

2.8.2. OEE de la Empresa

En resumen, la tabla 20, muestra el OEE de las máquinas que se encuentran dentro del proceso de producción.

Tabla 20: OEE de las máquinas

ACTIVIDAD	INDICADORES	PORCENTAJE	OEE
Pesado	Disponibilidad	98.75%	98.05%
	Rendimiento	99.29%	
	Calidad	100%	
Rotomoldeado	Disponibilidad	77.50%	35.92%
	Rendimiento	48.06%	
	Calidad	96.43%	
Cortado	Disponibilidad	97.24%	92.48%
	Rendimiento	98.62%	
	Calidad	96.43%	
Tapado	Disponibilidad	90.00%	34.39%
	Rendimiento	39.62%	
	Calidad	96.43%	
Serigrafiado	Disponibilidad	96.46%	92.79%
	Rendimiento	99.76%	
	Calidad	96.43%	
Termofusionado	Disponibilidad	87.50%	40.84%
	Rendimiento	50.26%	
	Calidad	92.86%	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 21 muestra los estándares del OEE donde permite clasificar una o más líneas dentro del proceso de producción, incluso para toda una planta. Esta tabla muestra y proporciona una idea de cuáles son los indicadores para mejorar y así poder escalar posiciones en esta clasificación.

Por ello, el OEE es la mejor decisión disponible que permite hallar y continuar el camino correcto hacia la optimización de los procesos de elaboración de los tanques y está enlazada directamente con los costes de operación. La métrica OEE notifica acerca de las pérdidas y cuellos de botella del proceso y vincula la toma de decisiones de condición financiera con el rendimiento de las operaciones de la compañía, ya que proporciona evidenciar cualquier decisión sobre nuevas inversiones.

Tabla 21: Porcentaje estándar de OEE

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

Fuente: Elaboración Propia

En síntesis, se puede concluir que las actividades de Rotomoldeo, Tapado y Termofusionado se encuentran en un calificativo de Inaceptable; es decir, que tiene como consecuencias una baja competitividad ya que dichas actividades necesitan las mejoras respectivas.

Así mismo, luego de mapear el VSM actual para poder identificar los problemas más críticos que enfrenta actualmente la empresa, se realizó un análisis el cual muestre y cuantifique en qué actividades existe exceso de tiempo ocioso durante el funcionamiento de cada máquina y con apoyo del diagrama Pareto se identifica qué herramientas de la Ingeniería Industrial puede mejorar el proceso de producción de la empresa.

En la figura 29, se identifican cuatro problemas principales presentes en la empresa que representan el 80% de tiempos que no agregan valor que son los siguientes:

- Paradas de máquina: Tiempo en que las máquinas están paradas y no se realiza producción ya sea por averías, interrupciones o mantenimientos correctivos.
- Tiempos ocasionados por el desorden y limpieza: Representa la cantidad de tiempos improductivos, utilizado para la búsqueda de herramientas o limpieza en el área.
- Cambio de Herramientas: Tiempo ociosos debido a la falta de herramientas y a los cambios de los mismos ya que los problemas ocurren cuando la máquina se encuentra trabajando.

- Arranques: Refiere al set-up, generalmente es por el cambio en la preparación de los diferentes colores que exige el cliente.

Figura 29: Tiempo total de los problemas

Fuente: Elaboración Propia

Para obtener una visión más particular y conocer cuáles son las fallas que se genera en cada máquina, se realizó un análisis de las fallas que son ocasionadas en la empresa para luego eliminar los retrasos durante su mantenimiento correctivo y realizar su mejora continua.

Tabla 22: Detalle de Fallas de las Máquinas

Detalle de Fallas de las Máquinas				
Actividad	Función que desempeña	Falla	Causa de Falla	Efecto de Falla
Rotomoldeado	Máquina encargada del conformado de productos plásticos en el que se introduce el polietileno y que mediante dos ejes perpendiculares, crea piezas hueca.	Recalentamiento de motor	- Falla en en el ventilador interno	Pérdida de energía
		Giros forzados de máquina	Falta de lubricación a rodamientos, ejes, etc	Ruidos excesivos
		Ruido en el motor	- Suciedad	Vibración excesiva
		Disminucion de flama de fuego	- Falta de calibración - Suciedad en tubería	Lento calentamiento / actividad lenta
Tapado	Máquina encargada de colocar la tapa del tanque mediante el proceso de fricción	Fallo en los rodets	- Rodetes desalineados	Vibración excesiva
		Rotura en la bancada	- Falta de cambio de repuesto	Pérdida de estabilidad para sostener tanque
		Falla en el sistema de lubricación	- Falta de lubricación	Recalentamiento de maquina
		Falla en el rodamiento	- Desgaste de rodamiento	Ruidos encesivos
Termofusionado	Máquina encargada de unir el tanque a tubos de polietileno o accesorios mediante altas temperaturas de fusión que se unen por medio de aplicación de presión	Desgaste de la chumacera	- Falta de limpieza	Desgaste en el babbitt
		Bajo calor de Fusión	- Falta Mantenimiento en el termostato	Pérdida de energía
		Baja presión de fusión	- Falta Mantenimiento en el termostato	Actividad lenta
		Poca Velocidad de fusión	- Falta Mantenimiento en el termostato	Actividad lenta
		Presión innadecuada	Falta de calibración de presión	Producto quemado
		Mala alineación	- Falta de calibración	Unión incorrecta

Fuente: Elaboración Propia

2.8.3. Mapa de Riesgos

Las compañías de la actualidad comparten un ámbito sumamente competitivo y globalizado; por ello, es importante anticiparse a situaciones adversas y desarrollar una óptima gestión de los riesgos que puedan perjudicar a la empresa y así poder obtener una ventaja competitiva respecto a las demás compañías del sector.

El riesgo en una empresa de manufactura es un elemento relacionado a la actividad empresarial. Así, todas las empresas, respecto a su tamaño, actividad y sector, acondicionan sus estrategias a los probables riesgos que puedan padecer.

Por ello, la realización de un mapa de riesgos es una herramienta enfocada en los diversos factores negativos que pretenden alterar los procesos a un peligro y/o riesgo. Además, este mapa de riesgos cuantifica la probabilidad de que estos acontecimientos sucedan y determina el daño potencial.

Con el mapa de riesgos tiene como principal objetivo recolectar información importante en caso de que un imprevisto suceda; de esta forma, se logra minimizar los daños y las consecuencias negativas.

La tabla 23 muestra la probabilidad de ocurrencia del incidente/accidente en el área de producción de la empresa; los cuales, han sido clasificados en 3 etapas dependiendo de la cantidad en el periodo de un año.

La tabla 24 muestra la severidad o gravedad del incidente/accidente en el área de producción; los cuales, han sido clasificados en 3 etapas dependiendo del grado de lesión del operario en el periodo de un año.

La tabla 25 muestra la clasificación del riesgo. Este dato se obtiene con la multiplicación de Probabilidad x Severidad, y el resultado se interpreta dependiendo del resultado en 4 clasificaciones (Riesgo bajo, Riesgo moderado, Riesgo importante y Riesgo crítico).

La tabla 26 muestra la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos de cada proceso; en el cual, se identifica el peligro/fuente/situación y los incidentes potenciales que pueden ocasionar estos. Luego en la evaluación de riesgos se logra medir el nivel que pueda ocasionar el peligro.

Finalmente, en la tabla 27 se muestra el plan de acción para la realización de las acciones preventivas por cada peligro que pueda suceder dentro del área de producción de la empresa.

Tabla 23: Probabilidad de que ocurra el incidente/accidente

Clasificación	Probabilidad de ocurrencia	Puntaje
BAJA	El incidente potencial se ha presentado una vez o nunca en el área, en el período de un año.	3
MEDIA	El incidente potencial se ha presentado 2 a 11 veces en el área, en el período de un año.	5
ALTA	El incidente potencial se ha presentado 12 o más veces en el área, en el período de un año.	9

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Severidad del incidente/accidente

Clasificación	Severidad o Gravedad	Puntaje
LIGERAMENTE DAÑINO	Primeros Auxilios Menores, Rasguños, Contusiones, Polvo en los Ojos, Erosiones Leves.	4
DAÑINO	Lesiones que requieren tratamiento medico, esguinces, torceduras, quemaduras, Fracturas,	6
EXTREMADAMENTE DAÑINO	Fatalidad – Para / Cuadriplejía – Ceguera. Incapacidad permanente, amputación, mutilación.	8

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Evaluación y Clasificación del Riesgo

Severidad → Probabilidad ↓	LIGERAMENTE DAÑINO (4)	DAÑINO (6)	EXTREMADAMENTE DAÑINO (8)
BAJA (3)	12 a 20 Riesgo Bajo	12 a 20 Riesgo Bajo	24 a 36 Riesgo Moderado
MEDIA (5)	12 a 20 Riesgo Bajo	24 a 36 Riesgo Moderado	40 a 54 Riesgo Importante
ALTA (9)	24 a 36 Riesgo Moderado	40 a 54 Riesgo Importante	60 a 72 Riesgo Crítico

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos

PROCESO	ACTIVIDAD (Rutinaria - No Rutinaria)	PELIGRO	INCIDENTES POTENCIAL	EVALUACIÓN DE RIESGOS			
		FUENTE, SITUACIÓN		SEGURIDAD			
				Probabilidad (P)	Severidad (S)	Evaluación del Riesgo	Nivel de Riesgo
Pesado	Área donde se realiza la medición de los pesos de los sacos que contienen la materia prima.	Almacenamiento incorrecto de los sacos	Golpeado contra objetos o equipos	3	4	12	Bajo
Rotomoldeado	Máquina encargada del conformado de productos plásticos en el que se introduce el polietileno y que mediante dos ejes perpendiculares, crea piezas hueca.	Presencia de gases o agentes peligrosos	Contacto con sustancias químicas	5	6	30	Moderado
		Vapores - Agentes Químicos	Exposición a vapores - Agentes Químicos	5	4	20	Moderado
		Superficies calientes	Contacto con objetos calientes	5	6	30	Moderado
		Falta de orden y aseo	Caída al mismo nivel	3	4	12	Bajo
Cortado	Área donde se realiza el corte de los bordes del producto.	Operaciones con objetos punzocortantes	Contacto con objetos cortantes	5	4	20	Moderado
Tapado	Máquina encargada de colocar la tapa del tanque mediante el proceso de fricción.	Falta de orden y aseo	Caída al mismo nivel	3	4	12	Bajo
		Operación de equipos o herramientas con partes en movimiento	Golpeado por objeto	3	4	12	Bajo
Serigrafiado	Área donde se realiza la impresión del nombre de la empresa con una tinta.	Rocios - Agentes Químicos	Exposición a rocíos - Agentes Químicos	3	4	12	Bajo
Termofusionado	Máquina encargada de unir el tanque a tubos de polietileno mediante altas temperaturas de fusión.	Superficies calientes	Exposición a Superficies calientes	5	4	20	Moderado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: Plan de Acción de Incidentes/Accidentes

PLAN DE ACCIÓN				
Área:	Producción			
Fecha:				
Hora:				
Elaboró : Sr. Lenin Dante Alvarado Reyna		Revisó: Jefe de Producción		Aprobó: Gerente de Producción
Nº	Fuente / Situación	RESPONSABLE	FRECUENCIA DEL CONTROL	OBSERVACIONES
1	Almacenamiento incorrecto de los sacos	Supervisor de Producción	Diario	Mantener todo el área limpio y ordenado todos los días.
2	Presencia de gases o agentes peligrosos	Supervisor de Producción	Diario	Utilizar mascarilla para gases y vapores con fibras de polipropileno para la retención de partículas.
3	Vapores - Agentes Químicos	Supervisor de Producción	Diario	
4	Superficies calientes	Supervisor de Producción	Diario	Utilización de uniforme especial para altas temperaturas. Mantener una distancia adecuada a los objetos que tienen altas temperaturas.
5	Falta de orden y aseo	Supervisor de Producción	Diario	Limpiar y ordenar el área todos los días.
6	Operaciones con objetos punzocortantes	Supervisor de Producción	Diario	Utilización de guantes especial para altas temperaturas. Mantener una distancia adecuada a los objetos que tienen altas temperaturas.
7	Operación de equipos o herramientas con partes en movimiento	Supervisor de Producción	Diario	Utilización de casco de seguridad para protección de la cabeza. Mantener una distancia adecuada a los objetos movibles.
8	Rocios - Agentes Químicos	Supervisor de Producción	Diario	Utilizar mascarilla para gases y vapores con fibras de polipropileno para la retención de partículas.
9	Superficies calientes	Supervisor de Producción	Diario	Utilización de guantes especial para altas temperaturas. Mantener una distancia adecuada a los objetos que tienen altas temperaturas.

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las últimas tablas, se puede inferir que los peligros que pueden existir dentro del área de producción de la empresa son de bajo riesgo o de riesgo moderado. Esto se debe a que las actividades que se realizan en la planta no son muy recurrentes y no representan un alto peligro para el operario encargado de la realización de cada actividad.

Así mismo, el plan de acción establece quiénes serán los responsables de cada evento y se encargarán de que se cumplan en tiempo y forma.

La frecuencia para la realización de este plan de acción será a diario ya que lo que se quiere lograr es obtener los resultados concretos que sean necesarios para la toma de decisiones por parte de la gerencia.

De la misma manera que el VSM, también se tiene como otro objetivo, la reducción de los tiempos de set up; de esa forma, se procederá a implementar el SMED en el proceso de producción, específicamente en la máquina de Rotomoldeado ya que existen actividades y tiempos que no agregan valor.

En la tabla 28, se muestra el tiempo de cambio de set-up a mejorar de la actividad de Rotomoldeado.

Tabla 28: Set-up del Rotomoldeo

Nº	Actividad	T. Inicio	T. Final	Duración	Proceso	Transporte	Espera	Otros	Tiempo Interno	Tiempo Externo
1	Dejar enfriar máquina	00:00:00	00:15:00	00:15:00			X		X	
2	Búsqueda de guantes	00:15:00	00:15:15	00:00:15		X			X	
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:15:15	00:15:35	00:00:20		X			X	
4	Buscar herramienta de desajuste	00:15:35	00:15:50	00:00:15		X			X	
5	Desajustar tuercas	00:15:50	00:18:20	00:02:30	X				X	
6	Sacar tuercas	00:18:20	00:18:50	00:00:30	X				X	
7	Guardar tuercas	00:18:50	00:19:00	00:00:10				X	X	
8	Guardar herramienta de desajuste	00:19:00	00:19:10	00:00:10				X	X	
9	Abrir Roto-moldeadora	00:19:10	00:19:18	00:00:08	X				X	
10	Retirar tanque y rebabas	00:19:18	00:19:57	00:00:39	X				X	
11	Buscar objeto para limpiar	00:19:57	00:20:05	00:00:08		X			X	
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:20:05	00:24:05	00:04:00	X				X	
13	Colocar Polietileno	00:24:05	00:24:37	00:00:32	X				X	
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:24:37	00:24:45	00:00:08	X				X	
15	Colocar tuercas	00:24:45	00:25:15	00:00:30	X				X	
16	Sacar herramienta de desajuste	00:25:15	00:25:25	00:00:10				X	X	
17	Ajustar tuercas	00:25:25	00:27:55	00:02:30	X				X	
18	Caminar hacia tablero de control	00:27:55	00:28:05	00:00:10		X			X	
19	Programar tablero de control	00:28:05	00:29:05	00:01:00	X				X	
20	Encender la flama	00:29:05	00:29:15	00:00:10	X				X	
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:29:15	00:29:25	00:00:10		X				X
22	Inspeccionar	00:29:25	00:29:55	00:00:30	X					X
	TIEMPO			00:29:55	00:13:07	00:01:18	00:15:00	00:00:30	00:29:15	00:00:40
	PORCENTAJE			100%	43.84%	4.34%	50.14%	1.67%	97.77%	2.23%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 30: Porcentaje de tiempo de actividades

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 28 y la figura 30, se puede concluir que el mayor tiempo en el set-up es el de Espera, esto se debe que, al momento del cambio, la rotomoldeadora se encuentra caliente debido al proceso anterior que ha tenido.

Por ello, para la mejora de este set-up se espera la reducción de, por lo menos, 50% del tiempo, esto se disminuirá en el tiempo de espera y la eliminación de los transportes y otros.

2.9. Diagrama de Ishikawa

Figura 31: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

Respecto al diagrama de Ishikawa (Ver figura 31) se concluye que el problema es el retraso en el tiempo de entrega de los productos finales. Teniendo como causas principales a las Máquinas y el Método de trabajo.

Estas causas se deben por:

Máquinas: La falta de un adecuado planeamiento de Mantenimiento ya que existe paradas no programadas de las máquinas debido a la falta de este tipo de gestión. Además, el cambio de formato hace mayor el tiempo de producción.

Método: Debido a la gran cantidad de tanques elaborados, la condición interior afecta en la planta ya que existe un gran desorden y falta de limpieza dentro del área de producción. Así mismo, no existen procedimientos estandarizados en su proceso de producción.

2.10. Diagrama del Árbol

Figura 32: Diagrama del Árbol

Fuente: Elaboración Propia

2.11. Hipótesis

El presente proyecto de investigación presenta los principales problemas que contiene una compañía del sector manufactura (dedicado a la fabricación de tanques para agua de uso doméstico).

En la primera parte del presente proyecto de investigación, se explican los principales conceptos de Procesos y de herramientas del Lean Manufacturing, luego se particulariza el caso de estudio a la fabricación de tanques de agua, esto como consecuencia del análisis de los tiempos de ciclo y la identificación de los desperdicios a lo largo del proceso productivo de la fabricación de un tanque. Luego de analizar el estudio, se realiza el diagnóstico utilizando el Value Stream Mapping (VSM) en el cual se obtienen los principales indicadores a analizar y mejorar, entre estos tenemos, los tiempos de ciclo de los procesos, los días de fabricación entre procesos, los tiempos de cambio de producto y la fiabilidad de máquinas.

Entre los principales problemas encontrados se encuentran: exceso en el tiempo de cambio de set-up y la falta de mantenimiento preventivo a las máquinas y limpieza.

Por lo tanto, se propone implementar el sistema SMED y un Mantenimiento Preventivo, para disminuir el tiempo excesivo en el área de producción, mantener un flujo continuo de los productos y reducción de los costos de fabricación.

CAPÍTULO 3. Propuestas de Mejora

En el capítulo 2, mediante los análisis se determinó que los problemas más relevantes en la planta de producción son:

- 1) Procedimiento del cambio de formato no estandarizado.
- 2) Tiempo excesivo por paradas no programadas en el proceso de producción.

Para determinar las mejoras propuestas que se implementarán en la presente investigación, se muestra un esquema el cual aporte que las propuestas son las adecuadas.

Por ello, el Lean Manufacturing se enfoca en realizar un cambio cultural en la empresa enfocando a los líderes y sus equipos en la eliminación de los desperdicios a lo largo de toda la cadena de valor. La figura 33, muestra la estructura que compone el Lean Manufacturing.

Figura 33: Lean Manufacturing – Mantenimiento Lean

Fuente: Levitt (2008)

Las empresas requieren de un nuevo tipo de sistema para la gestión, un nuevo enfoque diseñado para administrar la estrategia y no la táctica para así poder competir en el siglo XXI. En este nuevo siglo la ventaja competitiva llega más en la inversión en conocimiento, las capacidades y las relaciones intangibles realizadas por los trabajadores, que la de misma inversión en activos físicos. El desarrollo y aplicación de una nueva estrategia requiere que todos los colaboradores, unidades de negocio y de apoyo se encuentren alineadas y relacionadas a la par.

Por ello, VSM se encarga de mostrar el flujo de información y el flujo de producto. Con esta herramienta se logra identificar las actividades que no agregan valor al proceso para luego dar inicio a las actividades necesarias para eliminarlas; por ello, el VSM es una de las técnicas más utilizadas para establecer planes de mejora siendo muy precisa debido a que enfoca las mejoras en el punto del proceso del cual se obtienen los mejores resultados y ayuda a mantener la mayor utilización de los activos.

Figura 34: VSM – SMED – Mantenimiento Preventivo

Fuente: Levitt (2008)

De acuerdo al análisis de la presente investigación y según el cuadro anterior, para mantener los activos con un mejor rendimiento es necesario optimizar su funcionamiento. Esto se puede lograr con el SMED y el Mantenimiento Preventivo.

Por ellos, el SMED para aumentar la fiabilidad de los activos, sirve para reducir el tiempo de cambio y lo que reduce el riesgo de averías, paradas no programadas y defectos.

La reducción del tiempo de cambio de referencia puede aprovecharse de dos maneras:

- Para incrementar el OEE y la Productividad. Se tiene que realizar la implementación del Mantenimiento Preventivo de los activos de la empresa.
- Para reducir el stock en proceso. Incrementar la frecuencia de cambio de las referencias y reduciéndose el tamaño de los lotes.

Desde el punto de vista del Lean Manufacturin el incremento del OEE y Productividad quedará vinculado a lo justa que vaya nuestra capacidad para satisfacer la demanda del cliente. Por ello, para continuar con los activos más óptimos, lo ideal es la implementación del mantenimiento preventivo.

El SMED sirve para reducir el tiempo de cambio y para aumentar la fiabilidad del proceso de cambio, lo que reduce el riesgo de defectos y averías.

La reducción del tiempo de cambio de referencia puede aprovecharse de dos maneras:

- Para incrementar el OEE y la Productividad. Manteniendo tanto la frecuencia de cambio de las referencias como el tamaño de los lotes.
- Para reducir el stock en proceso. Incrementando la frecuencia de cambio de las referencias y reduciéndose el tamaño de los lotes.

Desde el punto de vista del Lean Manufacturing siempre interesará reducir los niveles de stock. El incremento del OEE y Productividad quedará vinculado a lo justa que vaya nuestra capacidad para satisfacer la demanda del cliente.

De la misma forma, se demostró las causas que aportan en el exceso de tiempo de elaboración del producto; por ello, el objetivo principal en este capítulo es presentar las propuestas de optimización para disminuir o eliminar los problemas detectados para mitigar el impacto de las mismas. Ya que un tiempo muerto es aquel que no es productivo; que no se refiere en una fase que disminuye dinero para la compañía. Una planificación de mantenimiento preventivo óptima permite que el tiempo productivo sea el máximo y los muertos sean nulos o el menor.

En la Tabla 29, se presentan las propuestas de mejora asociadas a dichas causas.

Tabla 29: Propuestas de Mejora

Problema	Propuesta de Mejora
Procedimiento del cambio de formato no estandarizado	SMED
Tiempo excesivo por paradas no programadas en el proceso de producción	Mantenimiento Preventivo

Fuente: Elaboración Propia

El tiempo de cambio de formato de los tanques será reducido mediante la implementación de la metodología SMED.

Luego de ello, se procederá a elaborar manuales de procedimientos, check list, fichas e indicadores para que las actividades sean realizadas de manera óptima.

Una vez realizado la propuesta anterior, la siguiente propuesta de mejora para la reducción en el tiempo de paradas no programadas será mediante la implementación del mantenimiento preventivo para evitar y/o disminuir fallas durante el proceso de producción. Para lo cual también se realizarán manuales de procedimientos, check list, fichas e indicadores.

3.1. Implementación del SMED

La aplicación de la herramienta SMED es orientada al proceso de set-up de la actividad de rotomoldeo. Esta actividad, como se demostró en el capítulo anterior, es uno de los causantes del tiempo excesivo en la producción de los tanques, razón por el cual su análisis y propuesta de mejora debe ser realizado dentro del presente estudio.

A continuación, según la metodología implementada por Mendoza (2008) se realizarán los siguientes pasos en la aplicación del SMED.

Paso 1

El paso 1 es la formación del equipo para implementación del SMED.

En el cual se organiza un equipo de trabajo para su implementación ya que este paso es un punto fundamental en dicha implementación donde se puede integrar el equipo a la herramienta del SMED y de esta manera sus resultados se mantengan a lo largo del tiempo.

Esto se va a reflejar cuando el equipo conozca e interiorice cuales son los beneficios de esta herramienta y cómo puede ser aplicado para la mejora de la productividad de la empresa.

Los encargados de la implementación de la herramienta están conformados por los mismos trabajadores de la empresa ya que conocen el proceso de fabricación de los tanques y además puede servir como una formación complementaria.

La tabla 30, muestra el equipo formado junto a las responsabilidades y competencias que debe alcanzar cada responsable para la óptima implementación de la herramienta SMED.

Tabla 30: Equipo formado para la implementación de Herramienta SMED

Encargado	Responsabilidades	Competencias
Gerente de Producción	- Máximo responsable de la implementación del SMED en la planta de producción.	Encargado de la Planificación, Organización, Dirección, Control y Mejora continua del proceso de producción.
	- Encargado de garantizar el adecuado funcionamiento del SMED en la línea de producción.	- Actúa de enlace entre los Directivos y Jefe de Producción.
	Planificador de todos los recursos utilizados en la implementación del SMED y el uso de los tiempos de los operarios y sus habilidades.	- Aptitud para tomar decisiones.
		- Aptitud para delegar.
Jefe de Producción	- Encargado de la cantidad necesaria del personal para la implementación del SMED.	- Capacidad para priorizar tareas.
	- Responsable del cumplimiento de los pasos para la implementación del SMED.	- Capacidad de organización.
	- Encargado en la asignación de las tareas asignadas para la implementación del SMED.	- Capacidad de liderazgo.
	- Experto en la línea de producción.	
Supervisor de Producción	- Encargado de la supervisión durante la implementación del SMED.	- Experto en temas de producción.
	- Verificar que los materiales sean los correctos en la implementación.	- Capacidad de analizar.
	- Supervisar funciones de los operarios.	- Motiva y dirige al personal.
	- Reportes de producción a Jefatura.	- Habilidades comunicativas.
Operarios de Producción	- Encargados del desarrollo de la implementación del SMED.	- Experiencia en temas de producción.
		- Conocimientos en cambio de formato de producción.

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2

En el Paso 2 se realiza el levantamiento de la información de la situación actual en la actividad del rotomoldeo.

Para lo cual se desarrolló lo siguiente:

- Se realiza la filmación durante todo el proceso de cambio de formato.
- Se realiza la toma de tiempo con un cronómetro digital.
- Se realiza la medición de distancia recorrida por el operario durante este proceso.

Una vez obtenida toda la información de las actividades necesarias para el cambio de set-up, se empieza a la identificación de las actividades que requieren que la línea se encuentre parada o cuando la línea se encuentre en operación; es decir, tiempos internos (máquina parada) y tiempos externos (máquina en marcha).

Al principio todas las actividades realizadas se encuentran conjuntas y se desarrollan como si fueran internas; por ello, es importante este paso de identificación y separación de los tiempos internos y tiempos externos.

En el primer caso, hace referencia a aquellas actividades que necesariamente se tiene que realizar cuando la máquina se encuentre parada.

El segundo caso, hace referencia a aquellas actividades que se pueden realizar cuando la máquina se encuentre en marcha.

Mediante la utilización de la filmación, esta puede servir de mucha ayuda a reconocer y separar estas actividades y observar el tiempo real de cambio.

La tabla 31 muestra cada actividad durante el cambio del set-up en la fabricación de los tanques con los respectivos tiempos de duración. Así mismo, se identifica y se separa los tiempos internos y tiempos externos.

Tabla 31: Tiempos del Set-up en el área de Rotomoldeo

Nº	Actividad	T. Inicio	T. Final	Duración	Proceso	Transporte	Espera	Otros	Tiempo Interno	Tiempo Externo
1	Dejar enfriar máquina	00:00:00	00:15:00	00:15:00			X		X	
2	Búsqueda de guantes	00:15:00	00:15:15	00:00:15		X			X	
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:15:15	00:15:35	00:00:20		X			X	
4	Buscar herramienta de desajuste	00:15:35	00:15:50	00:00:15		X			X	
5	Desajustar tuercas	00:15:50	00:18:20	00:02:30	X				X	
6	Sacar tuercas	00:18:20	00:18:50	00:00:30	X				X	
7	Guardar tuercas	00:18:50	00:19:00	00:00:10				X	X	
8	Guardar herramienta de desajuste	00:19:00	00:19:10	00:00:10				X	X	
9	Abrir Roto-moldeadora	00:19:10	00:19:18	00:00:08	X				X	
10	Retirar tanque y rebabas	00:19:18	00:19:57	00:00:39	X				X	
11	Buscar objeto para limpiar	00:19:57	00:20:05	00:00:08		X			X	
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:20:05	00:24:05	00:04:00	X				X	
13	Colocar Polietileno	00:24:05	00:24:37	00:00:32	X				X	
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:24:37	00:24:45	00:00:08	X				X	
15	Colocar tuercas	00:24:45	00:25:15	00:00:30	X				X	
16	Sacar herramienta de desajuste	00:25:15	00:25:25	00:00:10				X	X	
17	Ajustar tuercas	00:25:25	00:27:55	00:02:30	X				X	
18	Caminar hacia tablero de control	00:27:55	00:28:05	00:00:10		X			X	
19	Programar tablero de control	00:28:05	00:29:05	00:01:00	X				X	
20	Encender la flama	00:29:05	00:29:15	00:00:10	X				X	
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:29:15	00:29:25	00:00:10		X				X
22	Inspeccionar	00:29:25	00:29:55	00:00:30	X					X
	TIEMPO			00:29:55	00:13:07	00:01:18	00:15:00	00:00:30	00:29:15	00:00:40
	PORCENTAJE			100%	43.84%	4.34%	50.14%	1.67%	97.77%	2.23%

Fuente: Elaboración Propia

Paso 3

El paso 3 es la conversión de los tiempos internos en tiempos externos. Se realizará mejoras al convertir actividades de tiempos internos tales como limpieza, transporte de herramientas y esperas; ajuste de máquina e inspección de calidad en actividades ejecutadas en tiempos externos.

Se elabora un puntualizado listado cronológico de todas las actividades que se realizan durante la máquina parada y se analiza cuáles son aquellas que se pueden optimizar.

Una de las actividades clave en la conversión de las operaciones internas en externas son las actividades que representan transportes serán convertidos a tiempos externos ya que estas se pueden realizar mientras la máquina se encuentra en marcha. Estas actividades son las búsquedas de guantes, caminar hasta la caja de herramientas, buscar herramienta de desajuste buscar objeto de limpieza.

En esta etapa de implementación de la herramienta del SMED es necesario desarrollarlo mediante una correcta identificación de los tiempos internos, para poder lograr la conversión pertinente y de esta manera obtener más tiempo productivo; es decir, hacer todo lo necesario en preparar las herramientas, limpieza, etc.

La tabla 32 muestra la conversión de tiempos internos a tiempos externos. Así mismo, se describe las observaciones en las actividades para mejorar y disminuir el tiempo.

Tabla 32: Conversión de tiempos internos a tiempos externos

Nº	Actividad	T. Inicio	T. Final	Duración	Tiempo Interno	Tiempo Externo	Observaciones
1	Dejar enfriar máquina	00:00:00	00:15:00	00:15:00	X		Mejorar método
2	Búsqueda de guantes	00:15:00	00:15:15	00:00:15		X	Realizarlo antes del cambio
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:15:15	00:15:35	00:00:20		X	Realizarlo antes del cambio
4	Buscar herramienta de desajuste	00:15:35	00:15:50	00:00:15		X	Realizarlo antes del cambio
5	Desajustar tuercas	00:15:50	00:18:20	00:02:30	X		Mejorar método
6	Sacar tuercas	00:18:20	00:18:50	00:00:30	X		
7	Guardar tuercas	00:18:50	00:19:00	00:00:10	X		
8	Guardar herramienta de desajuste	00:19:00	00:19:10	00:00:10	X		
9	Abrir Roto-moldeadora	00:19:10	00:19:18	00:00:08	X		
10	Retirar tanque y rebabas	00:19:18	00:19:57	00:00:39	X		
11	Buscar objeto para limpiar	00:19:57	00:20:05	00:00:08		X	Realizarlo antes del cambio
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:20:05	00:24:25	00:04:00	X		Mejorar método
13	Colocar Polietileno	00:24:25	00:24:37	00:00:32	X		
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:24:37	00:24:45	00:00:08	X		
15	Colocar tuercas	00:24:45	00:25:15	00:00:30	X		
16	Sacar herramienta de desajuste	00:25:15	00:25:25	00:00:10	X		
17	Ajustar tuercas	00:25:25	00:27:55	00:02:30	X		Mejorar método
18	Caminar hacia tablero de control	00:27:55	00:28:05	00:00:10	X		
19	Programar tablero de control	00:28:05	00:29:05	00:01:00	X		
20	Encender la flama	00:29:05	00:29:15	00:00:10	X		
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:29:15	00:29:25	00:00:10		X	
22	Inspeccionar	00:29:25	00:29:55	00:00:30		X	

Fuente: Elaboración Propia

Paso 4

El paso 4 se enfoca en la organización de los tiempos externos. Técnicamente, se apoya en la habilitación de todas las herramientas y materiales que conformen las actividades externas.

Estos elementos tienen que estar disponibles lo más cerca de la rotomoldeadora ya que mientras la máquina esté en marcha, se puede ahorrar tiempo en actividades que generen transporte, búsqueda de herramientas, etc. Por ejemplo, una actividad crítica es el transporte de estos.

Por ello, para la disposición cercana de las herramientas a utilizar para el cambio de set-up se colocará una estante de 5 repisas en el cual se dispongan todas las herramientas (Ver Figura 35). Además, muestra la ficha técnica de la del estante (ver tabla 33) y de acuerdo con ello se colocará en la ubicación correcta cerca de la rotomoldeadora.

Así mismo, en el Anexo A se muestra la Ficha de Procedimiento donde se señalará los pasos que debe seguir el operario para contar con las herramientas disponible al momento del cambio de set-up.

Luego de realizado los pasos de la Ficha de Procedimiento, se procede al registro de un Check List en el cual dentro de esta hoja de verificación se lista todas las herramientas que se utilizan, su disponibilidad y su estado.

Figura 35: Estante de 5 Repisas para herramientas

Fuente: Recuperado de www.sodimac.com.pe

Tabla 33: Ficha técnica de Estante de 5 repisas

Ficha técnica de Estante	
Tipo	Estante
Modelo	Estante de 5 Repisas
Marca	Gorilla
Material	Metal
Alto	183 cm.
Ancho	86.5 cm.
Profundidad	35.5 cm.
Capacidad max. de carga por bandeja	136 kg.
Garantía	6 meses
Precio	S/. 184.90
Nota	El precio del producto no incluye: Accesorios, armado ni flete

Fuente: Elaboración Propia

Luego de obtener los datos de la ficha técnica del estante, principalmente, de contar con las 3 dimensiones (altura, ancho y profundidad); se procede a la correcta ubicación del mismo dentro del proceso de producción.

Este estante se coloca lo más cerca posible a la actividad del rotomoldeado para contar con la inmediata disponibilidad cuando se tenga que realizar la implementación del SMED.

Las dimensiones del estante son 183 cm x 86.5 cm x 35.5 cm. (altura, ancho y profundidad); por lo tanto, se dispondrá un espacio de 100 cm. x 50 cm. (ancho x profundidad) el cual será ubicado a 2 metros de la división lateral como se observa en la figura 36.

Figura 36: Ubicación del estante en el Rotomoldeado

Fuente: Elaboración Propia

Paso 5

El paso 5 y último, consiste básicamente en reducir al mínimo las actividades de los tiempos internos. Uno de los mejores métodos para la reducción de los tiempos internos es la disposición de mejoras y la estandarización de los métodos.

Por ello, para mejorar los métodos y reducir los tiempos internos; estos se logran mediante la implementación de tres productos eléctricos como se muestra en la tabla 34 donde, además, se detalla la utilización del método anterior, método mejorado y el tiempo de reducción.

Los productos que serán comprados por la compañía son exactamente los mismos que se encuentran en las figuras 37, 39 y 40.

Así mismo, las tablas 35, 36 y 37 muestran la ficha técnica de cada producto respectivamente. En la ficha técnica contiene la descripción de las características del producto para garantizar la satisfacción de las necesidades de la empresa.

En el Anexo B, se detalla la ficha de procedimiento de los pasos para la utilización estandarizada de cada producto.

Tabla 34: Mejora en los Tiempos Internos

Actividad	Método anterior	Método mejorado	Tiempo anterior	Tiempo mejorado	Tiempo reducido
Enfriar Rotomoldeadora	Enfriamiento natural	Ventilador de techo industrial	15'	4'	11'
Ajustar tuercas / Desajustar tuercas	Llave de boca ajustable	Pistola neumática	2' 30" (x2)	1'(x2)	1' 30" (x2)
Limpiar Rotomoldeadora	Trapo	Aspiradora industrial	4'	1' 30"	2' 30"
TOTAL			24'	8' 30"	16' 30"

Fuente: Elaboración Propia

Figura 37: Ventilador de techo industrial

Fuente: Bigass Fans

Tabla 35: Ficha técnica de Ventilador de techo industrial

Ficha técnica de Ventilador de techo industrial	
Tipo	Ventilador
Modelo	Ventilador de techo
Marca	Westinghouse
Material de cuerpo	Metal
Material de hélices	Metal
Número de aspas	8
Velocidades	5
Diámetro	210 cm.
Altura	50 cm.
Garantía	1 año
Potencia	0.850 Kw
Velocidad máxima	560 RPM
Distancia óptima	350 cm. (a partir del piso)
Tiempo de enfriamiento (De 230 C° a 23 C°)	4 minutos
Peso	8 kg.
Precio	S/. 749.00
Nota	El precio del producto no incluye: Accesorios, armado ni flete

Fuente: Elaboración Propia

Figura 38: Ubicación de la ventiladora de techo

Fuente: Elaboración Propia

Para la óptima utilización del ventilador de techo dentro de la planta de producción, esta se colocará exactamente por encima de la rotomoldeadora donde señala el círculo color rojo (Ver figura 38) a 3.50 metros del suelo como se indica en la ficha técnica. Este producto será instalado y fijado mediante vigas colgantes de metal para una mayor seguridad. El tiempo de enfriamiento de 230 C° a la temperatura ambiente (23 C°) demora solo 4 minutos, ya que a 23 C° los operarios ya se encuentran autorizados para poder manipular la rotomoldeadora.

Figura 39: Pistola neumática

Fuente: Recuperado de www.bosch.com.pe

Tabla 36: Ficha técnica de Pistola neumática

Ficha técnica de Pistola Neumática	
Tipo	Pistola
Modelo	Pistola neumática
Marca	Bosch
Uso	Intensivo
Presión óptima	6.3 bar
Potencia	0.920 kw
Peso	6.5 kg.
Garantía	2 años
Velocidad máxima	3600 RPM
Consumo de aire	189 l/min
Nivel de ruido	86 db
Precio	S/. 589.00
Nota	El precio del producto no incluye: Accesorios ni flete

Fuente: Elaboración Propia

Figura 40: Aspiradora

Fuente: Recuperado de www.sodimac.com.pe

Tabla 37: Ficha técnica de Aspiradora

Ficha técnica de Aspiradora	
Tipo	Aspiradora
Marca	Thomas
Material	Plástico
Potencia	1400 w
Bolsa para Polvo	Sí
Aspira polvo y agua	Sí
Altura	47 cm.
Diámetro	40 cm.
Garantía	3 años
Peso	4.5 kg.
Precio	S/. 999.00
Nota	Incluye: Sistema aquafilter. Set de accesorios. Ruedas para transportar

Fuente: Elaboración Propia

3.1.1. Resultados de la implementación del SMED

Para calcular los resultados obtenidos con la implantación de SMED se ha evaluado la reducción de los tiempos en los cambios de set-up en el proceso de producción.

El tiempo en espera (tiempo improductivo) se redujo hasta ser totalmente eliminado.

Como se puede apreciar en el diagrama de actividades del Set-up, los minutos improductivos que eran, básicamente, por transporte, búsqueda de herramientas, etc. suman un total de 1 minuto y 38 segundos. Dichos tiempos fueron pasados a tiempos externos, ya que estas actividades se realizarán mientras la máquina se encuentre en marcha.

Por lo tanto, los tiempos improductivos se han eliminado en un 100%.

Con estos resultados se calculó que con la implementación del SMED, el tiempo en el cambio de set-up de los tanques se redujo en casi un 60% (Ver tabla 38) ya que los tiempos internos antes de la implementación fue 29 minutos y 15 segundos; sin embargo, con la implementación del SMED, los tiempos internos se redujo a 11 minutos y 47 segundos.

Así mismo, para la medición, se desarrolla indicadores para la toma de decisiones en un futuro y determinar si esta implementación está siendo óptima o si está cumpliendo con los objetivos de la empresa.

Para asegurar la sostenibilidad de esta implementación y para que funcione correctamente en el futuro, se estandariza el proceso mediante una ficha de procedimiento (Ver Anexo C) donde se desarrollan los pasos para la ejecución óptima del cambio de set-up.

Tabla 38: Set-up del Rotomoldeo con propuesta de mejora

N°	Actividad	Sin la propuesta de Mejora					Con la propuesta de Mejora		
		T. Inicio	T. Final	Duración	Tiempo Interno	Tiempo Externo	Duración	Tiempo Interno	Tiempo Externo
1	Dejar enfriar máquina	00:00:00	00:15:00	00:15:00	X		00:04:00	X	
2	Búsqueda de guantes	00:15:00	00:15:15	00:00:15	X		00:00:15		X
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:15:15	00:15:35	00:00:20	X		00:00:20		X
4	Buscar herramienta de desajuste	00:15:35	00:15:50	00:00:15	X		00:00:15		X
5	Desajustar tuercas	00:15:50	00:18:20	00:02:30	X		00:01:00	X	
6	Sacar tuercas	00:18:20	00:18:50	00:00:30	X		00:00:30	X	
7	Guardar tuercas	00:18:50	00:19:00	00:00:10	X		00:00:10	X	
8	Guardar herramienta de desajuste	00:19:00	00:19:10	00:00:10	X		00:00:10	X	
9	Abrir Roto-moldeadora	00:19:10	00:19:18	00:00:08	X		00:00:08	X	
10	Retirar tanque y rebabas	00:19:18	00:19:57	00:00:39	X		00:00:39	X	
11	Buscar objeto para limpiar	00:19:57	00:20:05	00:00:08	X		00:00:08		X
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:20:05	00:24:25	00:04:00	X		00:01:30	X	
13	Colocar Polietileno	00:24:25	00:24:37	00:00:32	X		00:00:32	X	
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:24:37	00:24:45	00:00:08	X		00:00:08	X	
15	Colocar tuercas	00:24:45	00:25:15	00:00:30	X		00:00:30	X	
16	Sacar herramienta de desajuste	00:25:15	00:25:25	00:00:10	X		00:00:10	X	
17	Ajustar tuercas	00:25:25	00:27:55	00:02:30	X		00:01:00	X	
18	Caminar hacia tablero de control	00:27:55	00:28:05	00:00:10	X		00:00:10	X	
19	Programar tablero de control	00:28:05	00:29:05	00:01:00	X		00:01:00	X	
20	Encender la flama	00:29:05	00:29:15	00:00:10	X		00:00:10	X	
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:29:15	00:29:25	00:00:10		X	00:00:10		X
22	Inspeccionar	00:29:25	00:29:55	00:00:30		X	00:00:30		X
TIEMPO				00:29:55	00:29:15	00:00:40	00:15:25	00:11:47	00:01:38

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Indicadores

El objetivo principal de los indicadores de evaluación de la mejora son las bases para las acciones que se toman para el presente y en el futuro.

Es de gran importancia que estos indicadores plasmen datos veraces y fiables, ya que el análisis de la situación no será el correcto para la toma de decisiones.

Por ello, los siguientes indicadores permiten determinar si la implementación de la mejora está siendo exitosa y si están cumpliendo con los objetivos. El gerente de la empresa es el responsable que estos sean utilizados de manera frecuente para evaluar desempeño y resultados. (Ver Anexo D).

- % de tiempo de cambio de set-up
- % de tiempo de entrega de producto terminado
- % de clientes satisfechos

3.2. Mantenimiento Preventivo

Otra de las mejoras implementadas en el presente proyecto de investigación es el Mantenimiento Preventivo de las maquinarias ya que ha sido considerada que es apropiada para los propósitos de la empresa, a las expectativas, objetivos, metas y necesidades de los clientes internos.

La empresa tiene como objetivo la excelencia empresarial, el proceso de ofrecer a los trabajadores las mejores condiciones de las maquinarias y equipos; con la finalidad de garantizar la confiabilidad de las máquinas, herramientas, etc.

Así mismo, la compañía busca que la implementación del Mantenimiento preventivo sea desarrollada, comunicada y entendida en todos los niveles de la compañía, a través de actividades de formación, desarrollo y capacitación en la función y la asignación de los recursos requeridos para la implementación del Mantenimiento Preventivo.

Por ello, para que las máquinas se encuentren en óptimas condiciones durante el proceso de producción y no exista retraso debido a paradas no programadas, se realiza la implementación del Mantenimiento Preventivo en la compañía.

Para un correcto mapeo de proceso de dicho mantenimiento se representa mediante el SIPOC (Ver figura 41) ya que mediante este flujo de proceso se observa en qué actividades se puede generar algún valor agregado.

Figura 41: SIPOC de Mantenimiento Preventivo

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Criticidad

CRITICIDAD TOTAL = Frecuencia de Falla * Consecuencia

Donde:

Frecuencia de Falla = Número de fallas en un tiempo determinado

Consecuencia = (Impacto Operacional * Flexibilidad Operacional) + Costo de Mantenimiento
+ Impacto Seg., Amb. e Hig.

Tabla 39: Criterios para la Criticidad en la empresa

Frecuencia de Fallas	
Elevado: mayor a 40 fallas/año	4
Promedio: 20 - 40 fallas/año	3
Buena: 10 - 20 fallas/año	2
Excelente: menos de 10 fallas/año	1
Impacto Operacional	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo	9 - 7
Impacto a niveles de producción o calidad	6 - 5
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	4 - 2
No genera ningún efecto significativo	1
Flexibilidad Operacional	
No existe equipo similar de repuesto	4
La máquina puede seguir funcionando	3 - 2
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1
Costo de Mantenimiento	
Mayor o igual a S/. 400 (Incluye repuesto)	2
Inferior a S/. 400 (Incluye repuesto)	1
Impacto a Seguridad, Ambiente e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	7 - 6
Accidente menor e incidente menor	5 - 4
Cuasi-accidente o incidente menor	3 - 2
Poco riesgo	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 42: Matriz de Criticidad en la empresa

Fuente: Parra y Crespo (2012)

Tabla 40: Criticidad de las máquinas del proceso de producción

Actividad	Función que desempeña	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos de Mantto.	Impacto SHA	Total	Jerarquización
Pesado	Actividad encargada del pesado de los sacos de los polímeros mediante una balanza.	1	2	1	1	1	4	NC
Rotomoldeado	Actividad encargada del conformado de productos plásticos en el que se introduce el polietileno y que mediante dos ejes perpendiculares, crea piezas hueca.	4	10	4	2	2	176	C
Cortado	Actividad encargada del cortado de rebabas, bordes, etc. de los tanques.	1	3	1	1	1	5	NC
Tapado	Actividad encargada de colocar la tapa del tanque mediante el proceso de fricción.	3	10	3	2	2	102	C
Serigrafiado	Actividad encargada de la impresión del logo y otras indicaciones de la compañía en los tanques	1	2	1	1	1	4	NC
Termofusionado	Actividad encargada de unir el tanque a tubos de polietileno o accesorios mediante altas temperaturas de fusión que se unen por medio de aplicación de presión.	4	10	3	2	2	136	C

Fuente: Elaboración Propia

Figura 43: Gráfico de Análisis de Criticidad

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 43, muestra que los equipos utilizados en los procesos de Rotomoldeado, termofusionado y tapado son los más críticos al obtener un mayor índice de criticidad.

Así mismo, los resultados obtenidos de las actividades con criticidad alta serán utilizados para la planificación de Mantenimiento Preventivo de la empresa.

Por ello, las máquinas dentro de las actividades del rotomoldeado, termofusionado y de tapado serán los que integran la implementación del mantenimiento preventivo ya que al mantenerlos en un óptimo funcionamiento durante sus actividades contribuye a la mejora continua de los Sistemas de Confiabilidad Operacional, garantizando valores altos del ciclo de vida y utilización de acuerdo con la productividad y la rentabilidad de los activos de la empresa.

3.2.1. Planificación de Mantenimiento Preventivo

Mediante esta planificación del mantenimiento preventivo será posible garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos ya que este tipo de mantenimiento se encarga exclusivamente de realizar las adecuadas revisiones y reparaciones que impidan que los equipos fallen durante su funcionamiento en la planta de producción.

Para la planificación del Mantenimiento Preventivo, en primer lugar, se organiza la formación del equipo para la implementación de dicho mantenimiento.

El cual se organiza un equipo de trabajo para la implementación de dicho mantenimiento ya que este paso es un punto fundamental donde se puede integrar el equipo. De esta manera los resultados se mantienen a lo largo del tiempo.

Los encargados de la implementación están conformados por los mismos trabajadores de la empresa ya que conocen muy bien el funcionamiento de las máquinas y además puede servir como una formación complementaria.

La tabla 41, muestra el equipo formado junto a las responsabilidades y competencias que debe alcanzar cada responsable para la óptima implementación del mantenimiento preventivo de las máquinas del proceso producción.

Luego, la tabla 42, muestra los equipos y las herramientas que se utilizan para el mantenimiento preventivo los cuales son equipos de última tecnología en el mercado y de las mejores marcas para una óptima duración en su ciclo de vida.

Así mismo, para el planeamiento de mantenimiento preventivo de la empresa, en la tabla 43 se detalla las máquinas con criticidad alta, la frecuencia con la que se realiza el mantenimiento, las actividades de mantenimiento que se realizan y el responsable de la ejecución de las actividades.

Tabla 41: Equipo formado para la implementación del Mantenimiento Preventivo

Encargado	Responsabilidades	Competencias
Gerente de Producción	- Máximo responsable de la implementación de la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	Encargado de la Planificación, Organización, Dirección, Control y Mejora continua del Mantenimiento Preventivo
	- Encargado de garantizar el adecuado funcionamiento de la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	- Actúa de enlace entre los Directivos y Jefe de Producción.
	Planificador de todos los recursos utilizados en la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	- Aptitud para tomar decisiones.
		- Aptitud para delegar.
Jefe de Producción	- Encargado de la cantidad necesaria del personal para la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	- Capacidad para priorizar tareas.
	- Responsable del cumplimiento de los pasos para la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	- Capacidad de organización.
	- Encargado en la asignación de las tareas asignadas para la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	- Capacidad de liderazgo.
	- Experto en la línea de producción.	
Supervisor de Producción	- Encargado de la supervisión durante la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	- Experto en temas de Mantenimiento Preventivo.
	- Verificar que los materiales sean los correctos en la implementación.	- Capacidad de analizar.
	- Supervisar funciones de los operarios.	- Motiva y dirige al personal.
	- Reportes de producción a Jefatura.	- Habilidades comunicativas.
Operarios de Producción	- Encargados del desarrollo de la implementación de la Gestión del Mantenimiento Preventivo.	- Experiencia en temas de Mantenimiento Preventivo.
		- Conocimientos en mantenimiento de maquinarias.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42: Equipos y Herramientas para el mantenimiento preventivo

Nombre	Descripción	Marca	Precio	Imagen
Caja de herramientas manuales	Las herramientas manuales son utilizadas que únicamente requieren para su accionamiento la fuerza motriz humana. Dentro de esta caja se encuentran herramientas que servirán para el mantenimiento preventivo como: Alicata, martillo, desarmador, cincel, cuchilla, tijera, wincha, sierra, clavo, tornillo, etc.	Stanley	S/. 129.90
Taladro Inalámbrico	Herramienta que sirve para hacer agujeros en materiales duros mediante una broca; la broca se hace girar por procedimientos mecánicos o eléctricos y agujerea la superficie.	Bosch	S/. 349.00
Medidor de Vibraciones	Cuando las vibraciones suben por encima de los niveles normales, pueden indicar únicamente un desgaste que pueden ocasionar problemas, como una alineación incorrecta del eje, y señalan la necesidad de determinar las causas subyacentes o aplicar medidas de mantenimiento inmediatas.	Fluke	S/. 1,675.00
Estroboscopio	El estroboscopio de mano es un aparato para el mantenimiento preventivo de las máquinas. Además es ideal para comprobar las revoluciones centrífugas, motores, ventiladores, así cómo de muchas otras máquinas que se utilizan dentro de la planta de producción de la empresa.	Fluke	S/. 899.00
Medidor láser de temperatura	El medidor de temperatura láser sirve, principalmente, para la medición de temperatura de los motores. Esto se determina por la radiación infrarroja. De este modo, las mediciones de la temperatura se pueden realizar sin contacto del operario con este tipo de medidor.	Fluke	S/. 1,520.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43: Plan de mantenimiento preventivo

Plan de Mantenimiento Preventivo				
Máquina	Frecuencia	Actividades	Objetivo	Responsable
Rotomoldeadora	Quincenal	Revisión de temperatura de máquina	Temperatura entre 35 - 40 C°	Operario
		Revisión de vibraciones	Eliminar vibraciones anormales	
		Mantenimiento a ventilador de motor	1500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal	
		Mantenimiento a motor	Revisión de placa de bornes / revisión de rodamientos	
		Mantenimiento a cañerías de gas	Sin fugas / sin corrosión	
		Realizar Limpieza en toda la máquina	Sin suciedad / sin residuos de polietileno en interior	
		Lubricación de partes móviles	Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	
Tapado	Quincenal	Revisión de temperatura	Temperatura entre 35 - 40 C°	Operario
		Revisión de vibraciones	Eliminar vibraciones anormales	
		Mantenimiento a motor	2500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal	
		Mantenimiento de la bancada	Precisión en posición de tanques	
		Mantenimiento de rodamientos	Correcta fricción de los ejes	
		Realizar Limpieza	Sin suciedad / sin manchas de grasa	
		Lubricación de partes móviles	Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	
		Realizar calibración de presión	Presión entre 2500 - 2600 Newton	
Termofusionado	Quincenal	Revisión de temperatura	Temperatura entre 35 - 40 C°	Operario
		Revisión de vibraciones	Eliminar vibraciones anormales	
		Mantenimiento a motor	2500 RPM	
		Mantenimiento de chumacera	Lubricación en rodamiento / revisión de anillos internos / revisión de arandelas	
		Mantenimiento a termostato	Correcto control de la temperatura / revisión de válvula interior	
		Realizar Limpieza	Sin suciedad / sin manchas de grasa	
		Lubricación de partes móviles	Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	
		Realizar calibración de temperatura	Temperatura adecuada de fusión entre 270 - 280 C°	

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Programación de Mantenimiento Preventivo

La programación del mantenimiento preventivo define las fechas establecidas que las máquinas que serán atendidas durante todo el año 2016 (Ver tabla 44) en la planta de producción de la empresa.

Cada máquina dispone el mantenimiento preventivo en diferentes fechas de acuerdo a la frecuencia de las fallas, las diferentes acciones de mantenimiento que se encuentran debidamente establecidas mediante procedimientos para cada tipo de mantenimiento para cada máquina.

Con esta programación se corrigen todas las actividades necesarias para prevenir los principales fallos que puedan tener las máquinas.

Tabla 44: Programación de Mantenimiento Preventivo

Programación de Mantenimiento Preventivo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Área	Equipo		Semanas (Año 2016)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	Código	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Rotomoldeo	Maq-01	Rotomoldeadora	X	X	X	X	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Ejecución de Mantenimiento Preventivo

La ejecución del mantenimiento preventivo de la empresa tiene como objetivo principal conseguir que las máquinas se conserven en condiciones óptimas de funcionamiento, previniendo las posibles averías y fallos, encaminando así que el trabajo se realice con los mayores niveles de calidad y seguridad en la planta de producción.

Todo trabajador que realice el mantenimiento preventivo en la planta de producción debe contar con los elementos de protección personal.

En el Anexo E, se muestran los Procedimientos de ejecución del Mantenimiento Preventivo que realiza cada operario a cada máquina. Las actividades de ejecución del mantenimiento para cada máquina es diferente ya que depende de las causas de las fallas, repuestos, complejidad, etc.

3.2.4. Evaluación de Mantenimiento Preventivo

Para la implementación óptima del mantenimiento preventivo se basa en la importancia que se enfoca principalmente en el deterioro de los equipos industriales y los efectos que este repercute. Para cumplir con este reto, la empresa tiene que anticiparse a las posibles fallas que pueda ocurrir con las máquinas.

Por ello, para mantener los estándares de evaluación del mantenimiento de la empresa, en el Anexo F se muestran los check list de los procedimientos para que de esta forma se asegure la consistencia y exhaustividad en la realización de las actividades.

3.2.5. Indicadores

El objetivo principal de los indicadores de evaluación de la mejora son las bases para las acciones que se toman para el presente y en el futuro.

Es de gran importancia que estos indicadores plasmen datos veraces y fiables, ya que el análisis de la situación no será el correcto para la toma de decisiones.

Por ello, los siguientes indicadores permiten determinar si la implementación de la mejora está siendo exitosa y si están cumpliendo con los objetivos. El gerente de la empresa es el responsable que estos sean utilizados de manera frecuente para evaluar desempeño y resultados. Los indicadores que se realizan para el Mantenimiento Preventivo son: (Ver Anexo G).

— % de máquinas para mantenimiento preventivo.

— % de tiempo de disponibilidad de máquina.

— % de clientes internos satisfechos.

3.3. Objetivos planteados por la Implementacion de las Mejoras propuestas

3.3.1. SMED

Tabla 45: Objetivo del SMED

Nº	Actividad	Sin propuesta de Mejora			Con propuesta de Mejora		
		Duración	Tiempo Interno	Tiempo Externo	Duración	Tiempo Interno	Tiempo Externo
1	Dejar enfriar máquina	00:15:00	X		00:04:00	X	
2	Búsqueda de guantes	00:00:15	X		00:00:15		X
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:00:20	X		00:00:20		X
4	Buscar herramienta de desajuste	00:00:15	X		00:00:15		X
5	Desajustar tuercas	00:02:30	X		00:01:00	X	
6	Sacar tuercas	00:00:30	X		00:00:30	X	
7	Guardar tuercas	00:00:10	X		00:00:10	X	
8	Guardar herramienta de desajuste	00:00:10	X		00:00:10	X	
9	Abrir Roto-moldeadora	00:00:08	X		00:00:08	X	
10	Retirar tanque y rebabas	00:00:39	X		00:00:39	X	
11	Buscar objeto para limpiar	00:00:08	X		00:00:08		X
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:04:00	X		00:01:30	X	
13	Colocar Polietileno	00:00:32	X		00:00:32	X	
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:00:08	X		00:00:08	X	
15	Colocar tuercas	00:00:30	X		00:00:30	X	
16	Sacar herramienta de desajuste	00:00:10	X		00:00:10	X	
17	Ajustar tuercas	00:02:30	X		00:01:00	X	
18	Caminar hacia tablero de control	00:00:10	X		00:00:10	X	
19	Programar tablero de control	00:01:00	X		00:01:00	X	
20	Encender la flama	00:00:10	X		00:00:10	X	
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:00:10		X	00:00:10		X
22	Inspeccionar	00:00:30		X	00:00:30		X
TIEMPO		00:29:55	00:29:15	00:00:40	00:15:25	00:11:47	00:01:38

Fuente: Elaboración Propia

El resultado final de la implementación del SMED fue la reducción de aproximadamente el 60% del tiempo total de cambio de set-up. Que equivalen 17 minutos y 28 segundos de tiempo reducido debido al SMED.

Cambio de set-up sin la mejora propuesta: 29 minutos y 15 segundos.

Cambio de set-up con la mejora propuesta: 11 minutos y 47 segundos.

Reducción del tiempo con la mejora propuesta: 59.72 %

3.3.2. Mantenimiento Preventivo

Tabla 46: Objetivo del OEE

ACTIVIDAD	INDICADORES	PORCENTAJE	OEE	Plan Piloto		
Rotomoldeado	Disponibilidad	77.50%	35.92%	Disponibilidad	96.00%	88.87%
	Rendimiento	48.06%		Rendimiento	96.00%	
	Calidad	96.43%		Calidad	96.43%	
Tapado	Disponibilidad	90.00%	34.39%	Disponibilidad	96.00%	88.87%
	Rendimiento	39.62%		Rendimiento	96.00%	
	Calidad	96.43%		Calidad	96.43%	
Termofusionado	Disponibilidad	87.50%	40.84%	Disponibilidad	96.00%	85.58%
	Rendimiento	50.26%		Rendimiento	96.00%	
	Calidad	92.86%		Calidad	92.86%	

Fuente: Elaboración Propia

Con la implementación del mantenimiento preventivo, las máquinas se encuentran en óptimas condiciones durante su funcionamiento en la planta de producción. Por ello, la disponibilidad y el rendimiento se espera que llegue por lo menos a 96% cada uno y de esta manera el OEE llegue a porcentajes mayores a 85% (Ver Tabla 46) lo que significa que tiene un Calificativo de Bueno en la clasificación estándar del OEE.

3.4. Presupuesto

Tabla 47: Presupuesto de la Implementación de la mejora

SMED		
Item	Recurso	Costo
1	Estantede 5 repisas	S/. 184.90
2	Ventilador de techo industrial	S/. 749.00
3	Pistola neumática	S/. 589.00
4	Aspiradora	S/. 999.00
5	Impresión de procedimientos, fichas, check list, etc.	S/. 50.00
TOTAL		S/. 2,571.90

Mantenimiento Preventivo		
Item	Recurso	Costo
1	Caja de herramientas	S/. 129.00
2	Taladro inalámbrico	S/. 349.00
3	Medidor de vibraciones	S/. 1,675.00
4	Estroboscopio	S/. 899.00
5	Medidor láser de temperatura	S/. 1,520.00
6	Impresión de procedimientos, fichas, check list, etc.	S/. 50.00
TOTAL		S/. 4,622.00

TOTAL		S/. 7,193.90
-------	--	--------------

Fuente: Elaboración Propia

El presupuesto total para la implementación de las mejoras es de S/. 7,193.90 nuevos soles.

Por ello, los recursos que se utilizarán para la ejecución del mantenimiento preventivo se comprarán de acuerdo al cronograma realizado.

3.5. Cronograma de Actividades

Tabla 48: Cronograma de Actividades

Cronograma de Actividades																																			
		Agosto - 2016																																	
Item	Actividades	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																
1	Reunión con el equipo de trabajo para ejecución de mejoras																																		
2	Imprimir todos los procedimientos, fichas, check list, etc.																																		
3	Compra de estante de 5 repisas																																		
4	Compra de Pistola neumática																																		
5	Compra de Aspiradora																																		
6	Compra de caja de herramientas																																		
7	Compra de Taladro inalámbrico																																		
8	Orden de compra y pedido de Ventilador de techo industrial																																		
9	Orden de compra y pedido de Medidor de vibraciones																																		
10	Orden de compra y pedido de Estroboscopio																																		
11	Orden de compra y pedido de Medidor láser de temperatura																																		
12	Recepción de Ventilador de techo industrial																																		
13	Recepción de Medidor de vibraciones																																		
14	Recepción de Estroboscopio																																		
15	Recepción de Medidor de láser de temperatura																																		
16	Instalación de repisa de 5 estantes																																		
17	Instalación de Ventilador industrial de techo																																		
18	Identificación de máquinas para Mantenimiento Preventivo																																		
19	Inicio Plan Piloto - SMED																																		
20	Inicio Plan Piloto - Mantenimiento Preventivo																																		
21	Seguimiento de Plan Piloto																																		
22	Recolección y análisis de información para validación																																		
23	Validación de Indicadores																																		

Fuente: Elaboración Propia

El cronograma de actividades mostrado, en la Tabla 48, se detalla el desarrollo de la implementación e instalación de equipos, herramientas, procedimientos, etc. Estas actividades se realizaron a partir del 22 de agosto del 2016, considerando un total de 18 actividades.

CAPÍTULO 4. Validación de Propuesta de Mejora

El objetivo de este capítulo es validar la propuesta de mejora planteada en el capítulo 3 a través de un plan piloto y estimando de la valoración económica.

4.1. Introducción

Respecto a lo mencionado, en el capítulo 2, el problema hallado es el Retraso en el tiempo de entrega del producto terminado que se da a consecuencia del tiempo excesivo en el proceso de producción, causando grandes pérdidas monetarias en la empresa e insatisfacción por parte de los clientes.

Las mejoras que se implementarán en la empresa, de acuerdo con el análisis realizado, se utilizarán herramientas de la ingeniería para la reducción del tiempo de set-up y un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas. La empresa solo realiza mantenimiento de máquinas cuando ocurren las fallas, es decir, aplican mantenimiento correctivo. Al aplicar este tipo de mantenimiento, aumentamos nuestras paradas de máquinas inesperadas y se para la producción afectando la productividad y eficiencia de la empresa.

En este capítulo se demostrará la factibilidad para mitigar los problemas identificados en el capítulo 2 el cual se emplea una prueba piloto, para ello se ejecutarán el SMED y el mantenimiento preventivo planteados en el capítulo 3; a través de dicha prueba y, posteriormente, hacer la validación correspondiente.

La primera herramienta de solución es el SMED que sirve para la reducción del tiempo de Set-up, ya que permitirá tener operarios autosuficientes calificados y con capacidad de realizar reportes dentro de la planta en cada set-up que realizado.

El segundo método es la implementación del mantenimiento preventivo, el cual está planteado de acuerdo con las especificaciones del fabricante, recomendaciones del ingeniero de mantenimiento y el análisis desarrollado en el capítulo 3.

Por último, se realizará la validación por medio de un análisis de resultados.

4.2. Prueba Piloto

Con la finalidad de validar y sustentar las propuestas de mejora de las herramientas del SMED y del mantenimiento preventivo en la empresa, como punto de partida para los resultados de análisis de las propuestas, se procede a realizar una prueba piloto en la planta de producción de la compañía para que se evalúe su efectividad, eficiencia y productividad con respecto al sistema de producción actual con el objetivo de disminuir el exceso de días de entrega del producto final.

Por ello, se mantuvo conversaciones en la compañía con el Gerente de Producción para dar inicio a la prueba piloto y se coordinó que empezaría el 05/09/2016.

A continuación, se muestra el cronograma actual de la prueba piloto. (Ver Tabla 49)

Tabla 49: Cronograma de Actividades final de Plan Piloto

Cronograma de Actividades																																																	
		Agosto - 2016															Septiembre - 2016																																
Item	Actividades	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Reunión con el equipo de trabajo para ejecución de mejoras																																																
2	Imprimir todos los procedimientos, fichas, check list, etc.																																																
3	Compra de estante de 5 repisas																																																
4	Compra de Pistola neumática																																																
5	Compra de Aspiradora																																																
6	Compra de caja de herramientas																																																
7	Compra de Taladro inalámbrico																																																
8	Orden de compra y pedido de Ventilador de techo industrial																																																
9	Orden de compra y pedido de Medidor de vibraciones																																																
10	Orden de compra y pedido de Estroboscopio																																																
11	Orden de compra y pedido de Medidor láser de temperatura																																																
12	Recepción de Ventilador de techo industrial																																																
13	Recepción de Medidor de vibraciones																																																
14	Recepción de Estroboscopio																																																
15	Recepción de Medidor de láser de temperatura																																																
16	Instalación de repisa de 5 estantes																																																
17	Instalación de Ventilador industrial de techo																																																
18	Identificación de máquinas para Mantenimiento Preventivo																																																
19	Inicio Plan Piloto - SMED																																																
20	Inicio Plan Piloto - Mantenimiento Preventivo																																																
21	Seguimiento de Plan Piloto																																																
22	Recolección y análisis de información para validación																																																
23	Validación de Indicadores																																																

[illegible]

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1. Implementación de SMED

La implementación del Piloto de la herramienta SMED es dirigida en la realización de set-up de la actividad de Rotomoldeado. Dicho proceso, tal como se comprobó en el capítulo anterior, es uno de los causantes de las paradas que se generan en el proceso de producción, motivo por el cual su estudio y opción de mejora debe ser implementado dentro del presente estudio.

El set-up es ejecutado por el mismo operario que trabaja en la rotomoldeadora debido a que ya que tiene altos conocimientos de su funcionamiento. En la máquina de rotomoldeo, el operario realiza un total de 22 actividades. Además, se puede identificar que el operario tiene más del 50% de tiempo de espera; es decir, se encuentra ocioso, mientras la máquina se encuentra parada.

Tabla 50: Implementación de SMED

ITEM	Actividad	Antes		Mejorado	
		Duración	Tiempo Interno	Duración	Tiempo Interno
1	Dejar enfriar máquina	00:15:00	X	00:04:00	X
2	Búsqueda de guantes	00:00:15	X	00:00:15	
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:00:20	X	00:00:20	
4	Buscar herramienta de desajuste	00:00:15	X	00:00:15	
5	Desajustar tuercas	00:02:30	X	00:01:00	X
6	Sacar tuercas	00:00:30	X	00:00:30	X
7	Guardar tuercas	00:00:10	X	00:00:10	X
8	Guardar herramienta de desajuste	00:00:10	X	00:00:10	X
9	Abrir Roto-moldeadora	00:00:08	X	00:00:08	X
10	Retirar tanque y rebabas	00:00:39	X	00:00:39	X
11	Buscar objeto para limpiar	00:00:08	X	00:00:08	
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:04:00	X	00:01:30	X
13	Colocar Polietileno	00:00:32	X	00:00:32	X
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:00:08	X	00:00:08	X
15	Colocar tuercas	00:00:30	X	00:00:30	X
16	Sacar herramienta de desajuste	00:00:10	X	00:00:10	X
17	Ajustar tuercas	00:02:30	X	00:01:00	X
18	Caminar hacia tablero de control	00:00:10	X	00:00:10	X
19	Programar tablero de control	00:01:00	X	00:01:00	X
20	Encender la flama	00:00:10	X	00:00:10	X
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:00:10		00:00:10	
22	Inspeccionar	00:00:30		00:00:30	
		00:29:55	00:29:15	00:15:25	00:11:47

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.1. Ejecución de la Implementación del SMED

La ejecución de la implementación de SMED se realiza en el proceso de rotomoldeado, en el cual mediante los procedimientos que se establecieron en el presente proyecto da inicio al plan piloto que empezó el 5 de septiembre del 2016.

En primer lugar, la figura 44, muestra 2 tiempos reales de set-up que se realizaron en la planta de producción los cuales fueron realizados por el operario encargado de la máquina, y revisado y aprobado por el gerente de producción el cual firma al final del procedimiento.

Luego de las ejecuciones de cada set-up, se realiza el check list (Ver figura 45) que sirve para tener controlado el cumplimiento de la lista de requisitos de procedimiento del set-up. Esta operación es realizada por el supervisor de producción el cual se encarga de la coordinación y control del set-up durante su ejecución.

Figura 44: Tiempo de Set-up mejorado

Máquina: Rotomoldeadora		
Realizado por: Luis Rosales		
Fecha: 19/09/2016		
Cambio de formato		
N°	Actividad	Duración
1	Dejar enfriar máquina	00:04:00
2	Búsqueda de guantes	00:00:15
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:00:20
4	Buscar herramienta de desajuste	00:00:15
5	Desajustar tuercas	00:01:00
6	Sacar tuercas	00:00:30
7	Guardar tuercas	00:00:10
8	Guardar herramienta de desajuste	00:00:10
9	Abrir Roto-moldeadora	00:00:08
10	Retirar tanque y rebabas	00:00:37
11	Buscar objeto para limpiar	00:00:08
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:00:30
13	Colocar Polietileno	00:00:36
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:00:08
15	Colocar tuercas	00:00:30
16	Sacar herramienta de desajuste	00:00:10
17	Ajustar tuercas	00:01:00
18	Caminar hacia tablero de control	00:00:10
19	Programar tablero de control	00:01:00
20	Encender la flama	00:00:10
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:00:10
22	Inspeccionar	00:00:30
TIEMPO		00:14:51
Revisado por:

Máquina: Rotomoldeadora		
Realizado por: Luis Rosales		
Fecha: 10/10/2016		
Cambio de formato		
N°	Actividad	Duración
1	Dejar enfriar máquina	00:04:00
2	Búsqueda de guantes	00:00:15
3	Caminar hacia caja de herramientas	00:00:20
4	Buscar herramienta de desajuste	00:00:15
5	Desajustar tuercas	00:01:00
6	Sacar tuercas	00:00:30
7	Guardar tuercas	00:00:10
8	Guardar herramienta de desajuste	00:00:10
9	Abrir Roto-moldeadora	00:00:08
10	Retirar tanque y rebabas	00:00:37
11	Buscar objeto para limpiar	00:00:08
12	Limpiar Roto-moldeadora	00:01:30
13	Colocar Polietileno	00:00:32
14	Cerrar Roto-moldeadora	00:00:08
15	Colocar tuercas	00:00:30
16	Sacar herramienta de desajuste	00:00:10
17	Ajustar tuercas	00:01:00
18	Caminar hacia tablero de control	00:00:10
19	Programar tablero de control	00:01:00
20	Encender la flama	00:00:10
21	Caminar hacia la rotomoldeadora	00:00:10
22	Inspeccionar	00:00:30
TIEMPO		00:14:45
Revisado por:

Fuente: Elaboración Propia

Figura 45: Check List para ejecución de Set-up

Check List para Ejecución de cambio de formato			
Código	CL.0.2		
Título	Check List de Ejecución de cambio de formato		
Responsable	Luis Rosales		
Cargo	Operario de Producción		
Fecha	19/09/2016		
	SI	NO	Observaciones
Se aprobó la ejecución de cambio de formato	X		
Se cumplió con los pasos de la ejecución	X		
La supervisión fue la adecuada	X		
La ejecución fue finalizada con éxito	X		
Las condiciones de la planta fue la óptima	X		
Todos los equipos de protección personal se encuentran disponibles	X		
Los Equipos de protección personal se encuentran en buenas condiciones	X		
Todas las herramientas para la ejecución se encuentran disponibles	X		
Herramientas para la ejecución se encuentran en buenas condiciones	X		
FIRMA:

Check List para Ejecución de cambio de formato			
Código	CL.0.2		
Título	Check List de Ejecución de cambio de formato		
Responsable	Luis Rosales		
Cargo	Operario de Producción		
Fecha	10/10/2016		
	SI	NO	Observaciones
Se aprobó la ejecución de cambio de formato	X		
Se cumplió con los pasos de la ejecución	X		
La supervisión fue la adecuada	X		
La ejecución fue finalizada con éxito	X		
Las condiciones de la planta fue la óptima	X		
Todos los equipos de protección personal se encuentran disponibles	X		
Los Equipos de protección personal se encuentran en buenas condiciones	X		
Todas las herramientas para la ejecución se encuentran disponibles	X		
Herramientas para la ejecución se encuentran en buenas condiciones	X		
FIRMA:

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2. Resultados de la Implementación del SMED

Con la implementación del SMED y con los datos de las ejecuciones del Plan Piloto se logra establecer una importante reducción del tiempo de set-up de 29:55 minutos a 11:47 minutos lo que representa una disminución de un 60% para el tiempo de cambio de set-up y/o preparación. La figura 46, muestra todos los cambios de set-up que se realizó en la empresa por el plan piloto entre los meses de setiembre y diciembre.

Como se sabe, el tiempo de cambio de set-up con la propuesta mejorada es de 11:47 minutos equivalentes a 707 segundos.

Se tomó los 15 cambios de set-up y se observa que los tiempos se encuentran dentro de un margen de error de +/- 4 segundos, con lo que se puede concluir que sí se logró la reducción del 60% de tiempo en el set-up tal como se estableció en los objetivos propuestas por la mejora.

Figura 46: Tiempo de Cambio de Set-Up durante el Plan Piloto

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar y analizar en la figura anterior, desde la implementación de la mejora de set-up, todos los cambios se han cumplido dentro del tiempo establecido.

Por ello, se puede concluir que existe una reducción del 60% de todos los set-up que se realizaron en la empresa.

4.2.2. Implementación de Mantenimiento Preventivo en la compañía

La implementación de mantenimiento en la compañía comienza por la continua necesidad de mejorar las actividades de trabajo en la búsqueda de contar con procesos más eficientes y obtener mejores resultados en el área de producción.

La empresa, antes de iniciar la prueba piloto, se encontraba trabajando bajo un sistema operacional simple con paradas innecesarias, lo cual impactaba mucho en su producción final en las fechas de entrega de los productos que, generando una insatisfacción por parte de los clientes, también aumentaba el costo de producción.

Por ello, con las propuestas desarrolladas y ejecutadas en la prueba piloto se busca obtener resultados positivos, actividades más eficientes, reducir el tiempo de producción y; por consiguiente, un mayor aprovechamiento de los recursos y con la premisa de reducir los costos de producción.

4.2.2.1. Implementación del Mantenimiento Preventivo

La ejecución del mantenimiento preventivo en la empresa dio inicio el 05 de setiembre. El desarrollo de este mantenimiento fue basado en los procedimientos descritos en los cuales se tomaron puntos fundamentales como: Orden y limpieza inicial, verificación, orden de ejecución, ejecución, registros y resultados.

4.2.2.2. Etapa 1: Orden y Limpieza Inicial

Esta etapa inició con la reunión del equipo de implementación, para esto se involucró al Gerente de Producción, Jefe de Producción, Supervisor de Producción y a todos los operarios.

La primera parte se realizó en la planta, se revisaron las siguientes áreas: almacén de materia prima, pesado, rotomoldeado, cortado, tapado, serigrafiado y termofusionado. Así mismo, se detectaron las áreas de mejora y focos de falta de orden más notorios en el almacén de la materia prima, de las máquinas, equipos, etc.

El punto de mayor falta de orden fue el almacén de la materia prima, los sacos que contienen el polietileno lo colocaban en cualquier lugar y con ello complicaba el transporte para la siguiente actividad ya que dichos sacos se encontraban dispersos, además reducían el espacio de tránsito de los trabajadores de la empresa.

En la figura 47, se observa como los sacos de materia prima se encuentran en diferentes partes del área sin que exista un orden.

Además, las bolsas que son utilizadas y que ya se encuentran vacías, estas son colocadas encima de las que aún se encuentran llenas generando más el desorden.

Figura 47: Ubicación de Sacos de materia prima antes de plan piloto

Fuente: Elaboración Propia

Por ello, para un adecuado orden y mantener la limpieza en el área de trabajo, se realizó una óptimo posicionamiento de la materia prima en un lugar donde no implique el transito de los trabajadores y que se encuentre cerca al área del siguiente proceso.

Así mismo, los sacos de materia prima se colocaron encima de parihuelas para evitar cualquier suciedad, humedad o cualquier otro factor que pueda afectar al producto. Además, se acondicionaron en una altura máxima de 12 sacos encima de otro tal como lo especifica el proveedor.

Para evitar las caídas de los sacos u otros inconvenientes, se envuelven en plástico en todo su alrededor tal como muestra la Figura 48.

Figura 48: Ubicación de Sacos de materia prima después de plan piloto

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.3. Etapa 2: Verificación de las instalaciones de las máquinas

El inicio de esta etapa es un recorrido en la planta con el objetivo de realizar las verificaciones de todas las máquinas críticas de la compañía, para luego evaluar los espacios y herramientas que se necesiten para ejecutar el mantenimiento preventivo.

Simultáneamente, se conversó con el supervisor de producción acerca de las fallas o paradas no programadas que se pueden hallar en el recorrido de planta y también se revisó el cronograma de mantenimiento preventivo planteado.

Figura 49: Verificación de Rotomoldeadora

Fuente: Elaboración Propia

Figura 50: Verificación de Tapera

Fuente: Elaboración Propia

Figura 51: Verificación de Termofusionado

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.4. Etapa 3: Orden de Ejecución de Mantenimiento Preventivo

Luego de verificar las máquinas críticas y ver el cronograma, el operario realiza distintas órdenes de realización de mantenimiento preventivo para las máquinas que se encuentran en el proceso de producción de la empresa. Las órdenes de mantenimiento preventivo se realizan mínimo con uno o dos días de anticipación para no alterar de producción.

Como ejemplo de órdenes de mantenimiento preventivo, las figuras 52, 53 y 54 muestran las órdenes de mantenimiento preventivo de cada máquina; el llenado de dichas órdenes son realizadas por el operario encargado del funcionamiento de cada máquina

Figura 52: Registro de orden de Mantenimiento Preventivo – Rotomoldeadora

Orden de Mantenimiento Preventivo		
Máquina: Rotomoldeadora	Fecha: 09/09/2016	
Observaciones:	Hora: 10:36	
Descripción del trabajo:		
Fecha de Ejecución: 12/09/2016		
Mantto Prev. Programado	X	
Mantto Prev. No Programado		
Nombre de Mecánico: Pedro Guzmán		
Hora de Inicio: 17:00	Hora final: 18:45	
Requerido por: Saúl Méndez		
Aprobado por:

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53: Registro de orden de Mantenimiento Preventivo – Tapera

Orden de Mantenimiento Preventivo		
Máquina: Tapera	Fecha: 04/11/2016	
Observaciones:	Hora: 14:15	
Descripción del trabajo:		
Fecha de Ejecución: 07/11/2016		
Mantto Prev. Programado	X	
Mantto Prev. No Programado		
Nombre de Mecánico: Raúl Tello		
Hora de Inicio: 17:00	Hora final: 17:40	
Requerido por: Saúl Méndez		
Aprobado por:

Fuente: Elaboración Propia

Figura 54: Registro de orden de Mantenimiento Preventivo – Termofusionado

Orden de Mantenimiento Preventivo		
Máquina: <i>TERMO FUSIONADO.</i>	Fecha: <i>21/10/2016</i>	
Observaciones:	Hora: <i>16:30.</i>	
Descripción del trabajo:		
Fecha de Ejecución: <i>24/10/2016</i>		
Mantto Prev. Programado	☒	
Mantto Prev. No Programado	☐	
Nombre de Mecánico: <i>JOSUE RAMOS</i>		
Hora de Inicio: <i>17:00.</i>	Hora final: <i>18:15.</i>	
Requerido por: <i>SAUL MÉNDEZ</i>		
Aprobado por:

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.5. Etapa 4: Ejecución de Mantenimiento Preventivo

En esta etapa, se da inicio a la ejecución del mantenimiento preventivo a las máquinas de alta criticidad que se encuentran en el área de producción.

Para su realización se toma en cuenta los actividades y objetivos propuestos para las máquinas críticas que son la rotomoldeadora, la tapera y el termofusionador como se muestra en la figura 55. Así mismo, en las Figuras 56, 57 y 58 se muestra algunos ejemplos de las ejecuciones del mantenimiento preventivo.

Figura 55: Actividades de Mantenimiento Preventivo

	Item	Actividad de Mantenimiento Preventivo	Objetivo
1	Revisar temperatura de motor	Temperatura entre 35 - 40 C°
	2	Revisar vibraciones del motor	Eliminar vibraciones anormales
	3	Mantenimiento a ventilador de motor	1500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal
	4	Mantenimiento general de motor	Revisión de placa de bornes / revisión de rodamientos
	5	Mantenimiento a las cañerías de gas	Sin fugas / sin corrosión
	6	Limpieza de la rotomoldeadora	Sin suciedad / sin residuos de polietileno en interior
	7	Lubricación de partes móviles	Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.
1	Revisar temperatura de motor	Temperatura entre 35 - 40 C°
	2	Revisar vibraciones del motor	Eliminar vibraciones anormales
	3	Mantenimiento de motor	2500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal
	4	Mantenimiento de la bancada	Precisión en posición de tanques
	5	Mantenimiento de rodamientos	Correcta fricción de los ejes
	6	Limpieza de tapera	Sin suciedad / sin manchas de grasa
	7	Lubricación de partes movibles	Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.
	8	Calibración de presión y ajustes	Presión entre 2500 - 2600 Newton
1	Revisar temperatura de motor	Temperatura entre 35 - 40 C°
	2	Revisar vibraciones del motor	Eliminar vibraciones anormales
	3	Mantenimiento de motor	2500 RPM
	4	Mantenimiento de chumacera	Lubricacion en rodamiento / revisión de anillos internos / revisión de arandelas
	5	Mantenimiento del termostato	Correcto control de la temperatura / revisión de válvula interior
	6	Realizar Limpieza	Sin suciedad / sin manchas de grasa
	7	Lubricación de partes movibles	Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.
	8	Realizar calibración de temperatura	Temperatura adecuada de fusión entre 270 - 280 C°

Fuente: Elaboración Propia

Figura 56: Ejecución de Mantenimiento Preventivo – Limpieza y lubricación de rotomoldeadora

Fuente: Elaboración Propia

Figura 57: Ejecución de Mantenimiento Preventivo – Mantenimiento y lubricación de rodamiento

Fuente: Elaboración Propia

Figura 58: Ejecución de Mantenimiento Preventivo – Mantenimiento y revisión de vibraciones de motor

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.6. Etapa 5: Check List y Registro de Mantenimiento Preventivo

Durante la ejecución del mantenimiento preventivo se desarrolla las actividades que el operario realizará en una ficha, las cuales son supervisadas y contabilizados el tiempo de cada actividad por el Supervisor de producción con el objetivo de estandarizar tiempos para cada actividad que realiza el operario durante el mantenimiento. Dichas actividades son realizadas por los operarios, los cuales llena el supervisor junto a un cronómetro tal como se muestran en las figuras 59, 60 y 61 con el fin de validar su uso.

Figura 59: Ficha de Mantenimiento Preventivo - Rotomolmeadora

Ficha de Mantenimiento Preventivo						
Máquina:	Rotomoldeadora					
Código:	Maq-01					
Fecha de programación:	12 / 07 / 2016					
Fecha de hoy:	12 / 07 / 2016					
		¿Se realizó?				
Item	Actividad de Mantenimiento Preventivo	SI	NO	Objetivo	Tiempo	Observaciones
1	Revisar temperatura de motor	X		Temperatura entre 35 - 40 C°	__ : __ : 30	
2	Revisar vibraciones del motor	X		Eliminar vibraciones anormales	__ : 13 : 30	
3	Mantenimiento a ventilador de motor	X		1500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal	__ : 24 : 41	
4	Mantenimiento general de motor	X		Revisión de placa de bornes / revisión de rodamientos	__ : 14 : 20	
5	Mantenimiento a las cañerías de gas	X		Sin fugas / sin corrosión	__ : 16 : 17	
6	Limpieza de rotomoldeadora	X		Sin suciedad / sin residuos de polietileno en interior	__ : 13 : 10	
7	Lubricación de partes móviles	X		Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	__ : 18 : 20	
Observaciones generales:						
Realizado por: <u>Saúl Méndez</u>						
Firma: <u>[Firma]</u>				Revisado por: <u>[Firma]</u>		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 61: Ficha de Mantenimiento Preventivo - Tapera

Ficha de Mantenimiento Preventivo						
Máquina:	Tapera					
Código:	Maq-02					
Fecha de programación:	08 / 11 / 2016					
Fecha de hoy:	09 / 11 / 2016					
¿Se realizó?						
Item	Actividad de Mantenimiento Preventivo	SI	NO	Objetivo	Tiempo	Observaciones
1	Revisar temperatura de motor	X		Temperatura entre 35 - 40 C°	__ : __ : 30	
2	Revisar vibraciones del motor	X		Eliminar vibraciones anormales	__ : 14 : 15	
3	Mantenimiento de motor	X		2500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal	__ : 22 : 20	
4	Mantenimiento de la bancada	X		Precisión en posición de tanques	__ : 10 : 15	
5	Mantenimiento de rodamientos	X		Correcta fricción de los ejes	__ : 18 : 10	
6	Limpieza de tapera	X		Sin suciedad / sin manchas de grasa	__ : 11 : 15	
7	Lubricación de partes móviles	X		Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	__ : 14 : 18	
8	Calibración de presión y ajustes	X		Presión entre 2500 - 2600 Newton	__ : 05 : 18	
Observaciones generales:						
Realizado por: <i>Saúl Méndez</i>						
Firma: <i>[Firma]</i>			Revisado por: <i>[Firma]</i>			

Fuente: Elaboración Propia

Figura 60: Ficha de Mantenimiento Preventivo – Termofusionador

Ficha de Mantenimiento Preventivo						
Máquina:	Termofusionador					
Código:	Maq-03					
Fecha de programación:	24 / 10 / 2016					
Fecha de hoy:	24 / 10 / 2016					
¿Se realizó?						
Item	Actividad de Mantenimiento Preventivo	SI	NO	Objetivo	Tiempo	Observaciones
1	Revisar temperatura de motor	X		Temperatura entre 35 - 40 C°	__ : __ : 30	
2	Revisar vibraciones del motor	X		Eliminar vibraciones anormales	__ : 12 : 11	
3	Mantenimiento de motor	X		2500 RPM	__ : 05 : 10	
4	Mantenimiento de chumacera	X		Lubricación en rodamiento / revisión de anillos internos / revisión de arandelas	__ : 15 : 15	
5	Mantenimiento del termostato	X		Correcto control de la temperatura / revisión de válvula interior	__ : 10 : 00	
6	Realizar Limpieza	X		Sin suciedad / sin manchas de grasa	__ : 10 : 10	
7	Lubricación de partes móviles	X		Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	__ : 13 : 15	
8	Realizar calibración de temperatura	X		Temperatura adecuada de fusión entre 270 - 280 C°	__ : 03 : 50	
Observaciones generales:						
Realizado por: <i>Saúl Méndez</i>						
Firma: <i>[Firma]</i>			Revisado por: <i>[Firma]</i>			

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.7. Etapa 6: Evolución de la Implementación del Mantenimiento Preventivo de las máquinas críticas

En la Etapa 6, se muestra cómo está la evolución de la implementación del mantenimiento preventivo de las máquinas críticas, esto ha llevado a que se compruebe que la nueva implementación de las mejoras han permitido una eficiencia progresiva en el proceso de producción.

Los resultados de la evolución se midieron durante las 2 primeras realizaciones del mantenimiento preventivo y se observa que sí existe un aumento considerable en el OEE.

Por ello, es fundamental disminuir las pérdidas productivas y obtener una mayor competitividad ya que uno de los mayores beneficios de utilizar el OEE es que el rendimiento de las máquinas aumenta rápidamente.

Conseguir minimizar reprocesos y productos defectuosos es clave y genera un enorme ahorro de costes.

Sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Esta información es importante, ya que gracias a ella se pueden tomar las decisiones óptimas para alcanzar las mejoras. A su vez, el OEE es una herramienta de medición estándar que se utiliza en todo el mundo y el crecimiento en la actualidad es exponencial.

Conocer la evolución del rendimiento de las máquinas es sinónimo de tener conocimiento si está funcionando adecuadamente o si existen algunas causas que puedan afectar.

A continuación, se muestran las tablas 51, 52 y 53 donde se detallan el OEE mejorado por el mantenimiento preventivo de cada máquina crítica. Así mismo, las figuras 62, 63 y 64 muestran la comparación de los minutos de parada de las máquinas antes y después de la implementación de las mejoras propuestas.

Tabla 51: Evolución del OEE de Rotomoldeado

ROTOMOLDEADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	42	
Calibraciones	18	
Falta de limpieza	36	
Cambio de Herramienta o partes	21	
Arranques	120	
Ajustes	10	
Total Tiempo Paradas No Programadas	247	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	87.14%	(5) = (((4) - (3)) / (4)) * 100%
Minutos Efectivos	399.84	(6)
Minutos Reales	646.84	(7)
RENDIMIENTO	61.81%	(8) = ((6)/(7)) * 100%
Unidades con Defecto	1	
Unidades para Reproceso	0	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = ((10) / (9)) * 100%
OEE	51.94%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52: Evolución del OEE de Tapado

TAPADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	42	
Calibraciones	14	
Falta limpieza	16	
Cambio de Herramienta o partes	12	
Arranques	0	
Ajustes	11	
Total Tiempo Paradas No Programadas	95	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	95.05%	(5) = (((4) - (3)) / (4)) * 100%
Minutos Efectivos	126	(6)
Minutos Reales	221	(7)
RENDIMIENTO	57.01%	(8) = ((6)/(7)) * 100%
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	1	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = ((10) / (9)) * 100%
OEE	52.26%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53: Evolución del OEE de Termofusionado

TERMOFUSIONADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	36	
Calibraciones	12	
Falta y limpieza	14	
Cambio de Herramienta o partes	21	
Arranques	0	
Ajustes	22	
Total Tiempo Paradas No Programadas	105	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	94.53%	(5) = (((4) - (3)) / (4)) * 100%
Minutos Efectivos	242.76	(6)
Minutos Reales	347.76	(7)
RENDIMIENTO	69.81%	(8) = ((6)/(7)) * 100%
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	2	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	26	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	92.86%	(11) = ((10) / (9)) * 100%
OEE	61.28%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.8. Etapa 7: Resultados de la Implementación del Mantenimiento Preventivo de las máquinas críticas

En esta etapa se muestran a detalle los resultados obtenidos del plan Piloto, basándonos en los indicadores planteados en el capítulo 3, con el objetivo de validar la mejora implementada en la empresa.

Como se sabe, la falta de un plan de mantenimiento preventivo impactaba en la mayor parte de las horas de retraso en el tiempo de entrega del producto final.

Como objetivo se planteó aumentar el OEE de las máquinas críticas (34%, 35% y 40%) a un OEE mayor a 80% para lo cual se implementó el mantenimiento preventivo.

Para explicar este punto primero empezaremos a describir los resultados de todas las máquinas críticas y luego como total empresa.

La máquina de rotomoldeo fue a la que más mantenimiento minucioso se le realizó durante la prueba piloto, ya que de acuerdo con el análisis de criticidad desarrollado en el capítulo 3, esta máquina era la más crítica de todo el proceso de producción de los tanques.

A continuación, se muestran las tablas 54, 55 y 56; donde se detallan el OEE mejorado por el mantenimiento preventivo de cada máquina crítica. Así mismo, las figuras 62, 63 y 64 muestran la comparación de los minutos de parada de las máquinas antes y después de la implementación de las mejoras propuestas.

Tabla 54: OEE actual de Rotomoldeado

ROTOMOLDEADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	0	
Calibraciones	1	
Falta de limpieza	0	
Cambio de Herramienta o partes	0	
Arranques	12	
Ajustes	0	
Total Tiempo Paradas No Programadas	13	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	99.32%	(5) = (((4) - (3)) / (4)) * 100%
Minutos Efectivos	399.84	(6)
Minutos Reales	413	(7)
RENDIMIENTO	96.81%	(8) = ((6)/(7)) * 100%
Unidades con Defecto	1	
Unidades para Reproceso	0	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = ((10) / (9)) * 100%
OEE	92.73%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 62: Tiempo de parada Antes y Después de la mejora – Rotomoldeado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55: OEE actual de Tapado

TAPADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	0	
Calibraciones	3	
Falta limpieza	0	
Cambio de Herramienta o partes	0	
Arranques	0	
Ajustes	7	
Total Tiempo Paradas No Programadas	10	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	99.48%	(5) = (((4) - (3)) / (4)) * 100%
Minutos Efectivos	126	(6)
Minutos Reales	136	(7)
RENDIMIENTO	92.65%	(8) = ((6)/(7)) * 100%
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	1	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = ((10) / (9)) * 100%
OEE	88.87%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 63: Tiempo de parada Antes y Después de la mejora – Tapado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56: OEE actual de Termofusionado

TERMOFUSIONADO		
CONCEPTO	TIEMPO (minutos)	OBSERVACIÓN
Tiempo total Disponible	2160	(1) 4 días X 9 horas X 60 minutos
Tiempo de Paradas Programadas		
Almuerzo	240	(2) 4 días X 60 minutos
Total Tiempo Paradas Programadas	240	
Tiempo de Paradas No Programadas		
Averías e interrupciones	0	
Calibraciones	0	
Falta y limpieza	0	
Cambio de Herramienta o partes	0	
Arranques	0	
Ajustes	11	
Total Tiempo Paradas No Programadas	11	(3)
Total Tiempo de Operación	1920	(4) = (1) - (2)
DISPONIBILIDAD	99.43%	(5) = $((4) - (3)) / (4) * 100\%$
Minutos Efectivos	242.76	(6)
Minutos Reales	254	(7)
RENDIMIENTO	95.57%	(8) = $((6)/(7)) * 100\%$
Unidades con Defecto	0	
Unidades para Reproceso	1	
Unidades Rechazadas	0	
Unidades Producidas OK	27	(9)
Total de Unidades	28	(10)
CALIDAD	96.43%	(11) = $((10) / (9)) * 100\%$
OEE	91.63%	(12) = (5) * (8) * (11)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 64: Tiempo de parada Antes y Después de la mejora – Termofusionado

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con las tablas antes mostradas, muestran que el OEE de las máquinas críticas ha mejorado con la implementación del mantenimiento preventivo ya que existe un aumento superior al 80%.

4.2.2.9. Etapa 8: Resultados de la Implementación del Mantenimiento Preventivo en el proceso de producción

El resultado final de la implementación en la compañía fue positivo, ya que todas las máquinas críticas disminuyeron tiempo de paradas. Lo que significa que aumenta el OEE y la productividad de cada máquina.

La tabla 57 muestra el OEE de todas las máquinas del proceso de producción, donde se concluye que con la implementación del mantenimiento preventivo se logró alcanzar los objetivos planteados en superar el 80%.

Así mismo, en la tabla 58 se muestra los estándares del OEE donde permite clasificar el proceso de producción de la empresa, incluso para toda una planta.

Tabla 57: OEE actual de las máquinas

ACTIVIDAD	INDICADORES	PORCENTAJE	OEE
Pesado	Disponibilidad	98.75%	98.05%
	Rendimiento	99.29%	
	Calidad	100%	
Rotomoldeado	Disponibilidad	99.32%	92.73%
	Rendimiento	96.81%	
	Calidad	96.43%	
Cortado	Disponibilidad	97.24%	92.48%
	Rendimiento	98.62%	
	Calidad	96.43%	
Tapado	Disponibilidad	99.48%	88.87%
	Rendimiento	92.65%	
	Calidad	96.43%	
Serigrafiado	Disponibilidad	96.46%	92.79%
	Rendimiento	99.76%	
	Calidad	96.43%	
Termofusionado	Disponibilidad	99.43%	91.63%
	Rendimiento	95.57%	
	Calidad	96.43%	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58: Porcentaje estándar de OEE

OEE	Calificativo	Consecuencias
< 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad en el mercado.
>= 65% < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable solo si se encuentra en proceso de mejora.
>= 75% < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
>= 85% < 95%	Buena	Buena competitividad. Se considera la empresa como "World Class"
>= 95%	Excelente	Competitividad excelente

Fuente: Elaboración Propia

En síntesis, las actividades de Rotomoldeo, Tapado y Termofusionado; con la implementación del mantenimiento preventivo se encuentran en un calificativo Buena; es decir, en la actualidad, la compañía tiene buena competitividad y se considera como “World Class”.

Así mismo, en la Figura 65 se muestra la evolución del OEE de las máquinas críticas en cuanto antes, durante y después de la mejora. En la cual se puede observar que existe un incremento en la disponibilidad de las máquinas.

Figura 65: Evolución del OEE de las máquinas críticas

Fuente: Elaboración Propia

4.3. VSM actual de la empresa después de la mejora

Figura 66: VSM actual de la empresa después de la mejora

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 66 muestra el VSM actual de la compañía después de la implementación de las mejoras. En el cual los tiempos por paradas no programadas han sido eliminados; por ello, el Lead Time y el Tiempo de ciclo en la producción de los tanques para agua de uso doméstico es de solo 2 días.

Por ello, la reducción de las paradas no programadas ha sido de suma importancia ya que el tiempo de ciclo aporta valor al producto final.

Efectivamente, mientras más rápido sea la elaboración de los tanques, mayor será la cantidad de productos que se podrá fabricar y aumentará la cadencia de la producción.

4.4. Validación innovadora

La propuesta de solución en la empresa es innovadora ante otras ya que ha sido aplicada mediante un diseño propio de instructivos personalizando su desarrollo frente a los problemas la compañía. Como se señaló en el capítulo 1, en los casos de éxito planteados se redujo los tiempos de parada de las máquinas ya que los métodos utilizados fueron la implementación del SMED y el mantenimiento preventivo, lo cual también aumentó la producción mensual. Se logró alcanzar los objetivos trazados por la empresa, de disminuir los tiempos de paradas no programadas, aumentar la productividad y el OEE.

En primer lugar, mi proyecto de investigación se ha desarrollado en la identificación de problemas en base a un muestreo general de producción en la planta de la empresa, para posteriormente analizar los resultados de los mismos. Además, se procedió a detallar los problemas con sus causas raíces y el impacto económico que se encontraban en la empresa.

Posteriormente se plantearon las propuestas de solución basándonos en el porcentaje de impacto que se generaba; dichas propuestas fueron realizadas al mínimo detalle, tal es así que se crearon los instructivos, para los cuales se tuvo que capacitar a todos los trabajadores que se volvieron autosuficientes y más informados sobre el proyecto. Los resultados detallados en el capítulo 4, sustentan el diseño de la mejora y además se innovó en la empresa ya que esta no contaba con un programa de mantenimiento que pueda solucionar el problema del retraso en el tiempo de entrega de los productos finales.

CAPÍTULO 5. Impactos de la Propuesta de Mejora

El presente capítulo tiene como principal objetivo mostrar el análisis de los diferentes impactos de la propuesta implementada, tanto internos como externos para la empresa, teniendo en cuenta todos los indicadores involucrados en dicho proyecto.

5.1. Impactos internos de la solución de ingeniería

Luego de implementar la propuesta de solución basada en el SMED y el Mantenimiento Preventivo de la empresa, es necesario detallar los impactos dentro de la organización.

5.1.1. Impacto en la organización

Con la implementación de la solución de la ingeniería, enfocada en el SMED y el mantenimiento preventivo, la empresa cambió su metodología de trabajo, ya que la finalidad de utilizar procedimientos de set-up y de mantenimiento preventivo en formatos de gestión por procesos, hace que los tiempos y todos los procesos de producción se encuentren estandarizados.

Ya que, anteriormente, en la empresa, las acciones de mantenimiento se realizaban siempre que ocurría una falla, además de que la máquina estaba parada, los costos de producción y las horas-hombre aumentaban considerablemente.

5.1.2. Impacto en los registros de la empresa

Los diferentes registros e indicadores de medición de las mejoras implementadas ayudan a la empresa, a tener un orden cronológico e histórico de datos respecto a las ejecuciones del cambio de formato y mantenimiento que se hicieron y que se seguirán realizando en las máquinas críticas de la empresa, para que, de acuerdo con los cronogramas ya establecidos, los operarios realicen sus actividades de manera continua en un determinado rango de tiempo.

Así mismo, ayuda a organizar todas las tareas y actividades de producción, ya que, si se tiene un cronograma programado, los operarios ya sabrán lo que deberían acelerar o desacelerar la producción del día, semana o mes.

5.2. Impactos externos de la solución de ingeniería

5.2.1. Impacto Económico

Complementando la evaluación técnica, procedemos a realizar la evaluación económica de los impactos del rediseño de los procesos analizados.

En este punto se detallan los costos incurridos antes de la implementación versus un escenario de óptimas condiciones de operatividad en la empresa con la finalidad de hallar el costo de manufactura unitario en los dos escenarios. También se muestra los costos variables y fijos.

Asimismo, se calcula los ahorros generados por conceptos de reducción de tiempo del set-up, eliminación de paradas no programadas y desarrollo de mejoras, teniendo en cuenta la capacidad de producción ganada por reducción del tiempo estándar de fabricación del proceso completo.

En la tabla 59, se muestra el volumen de producción anual de los tres tipos diferentes de capacidad de tanques durante el periodo actual de investigación (2016) y la producción que debería fabricarse en condiciones normales de operación en la empresa.

Este último dato fue brindado por la empresa respecto a los pronósticos de venta durante los años anteriores.

Obteniendo una diferencia de 2352 unidades en la producción de tanques de 550 litros, 1842 unidades en la producción de tanques de 1100 litros y 1641 unidades en la producción de tanques de 2200 litros.

Tabla 59: Volumen de producción anual actual vs. Producción en condiciones normales

	550 Litros	1100 Litros	2200 Litros
Volumen de Producción Anual (Unidades)	6,223	9,828	8,959
Condiciones normales de operación (Unidades)	8,575	11,670	10,600
Diferencia	2,352	1,842	1,641

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, se levantó los datos e información de todos los costos de producción incurridos en la empresa para la elaboración de cada tanque, también llamados costos de operación, ya que con dichos datos se logra determinar el costo de manufactura unitario de cada tipo de tanque. Por ello, la determinación de los costos es una parte de suma importancia para lograr el éxito en cualquier negocio. Con los costos hallados se puede conocer si el precio al que se vende cada producto permite lograr la obtención de utilidades, luego de cubrir con todos los costos de operación de la compañía.

Estos costos incluyen la Materia Prima, la Mano de Obra Directa, Costo indirecto de Fabricación fijos y variables.

En la tabla 60, se muestra los costos de manufactura unitario de cada tipo de tanque durante la producción actual.

En la tabla 61, se muestra los costos de manufactura unitario de cada tanque en un escenario futuro después de la implementación de mejora; es decir, en las condiciones normales de operación.

Tabla 60: Costos unitarios de cada tanque antes de la mejora

Determinación de costos Unitarios	550 Litros	1100 Litros	2200 Litros
MP	S/. 48.00	S/. 96.00	S/. 192.00
MOD	S/. 75.00	S/. 150.00	S/. 225.00
CIF Variable	S/. 1.38	S/. 1.38	S/. 1.38
CIF Fijo	S/. 8.49	S/. 18.37	S/. 28.24
Costo de Manufactura Unitario	S/. 132.87	S/. 265.75	S/. 446.62

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61: Costos unitarios de cada tanque después de la mejora

Determinación de costos Unitarios	550 Litros	1100 Litros	2200 Litros
MP	S/. 48.00	S/. 96.00	S/. 192.00
MOD	S/. 75.00	S/. 150.00	S/. 225.00
CIF Variable	S/. 1.38	S/. 1.38	S/. 1.38
CIF Fijo	S/. 6.16	S/. 15.47	S/. 23.87
Costo de Manufactura Unitario	S/. 130.54	S/. 262.85	S/. 442.25

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con las tablas anteriores se puede concluir que existe una disminución en los costos unitarios después de la implementación de la mejora debido a la reducción del CIF fijo.

Esto se debe a que el volumen de unidades producidas es mayor en las condiciones normales de operación contra la situación anterior (antes de la implementación de la mejora) y este no depende de la cantidad de unidades producidas.

Finalmente, con los datos obtenidos, se presenta el estado de resultados de la empresa que muestra ordenada y detalladamente la manera la cual se obtiene los dos resultados del ejercicio durante el periodo anterior y el periodo en las condiciones normales de operación de la empresa. Por lo tanto, cada costo debe aplicarse correctamente al principio del periodo contable para que la información que se presenta sea útil y confiable para la toma de decisiones.

El estado de resultados permite saber y analizar cuáles son los ingresos, los gastos y el beneficio que genera la empresa con la propuesta de mejora, para la realización de tomar las mejores decisiones.

En la tabla 62, se muestra el Estado de Resultados de la situación anterior de la empresa, mientras que en la tabla 63, se muestra el Estado, pero con la situación actual luego de la implementación de la mejora.

Tabla 62: Estado de Resultado de situación antes de la implementación

ESTADO DE RESULTADOS (Antes de la mejora)				
	550 Litros	1100 Litros	2200 Litros	Consolidado
Ventas	1,160,220.34	3,164,949.15	4,479,500.00	S/. 8,804,669.49
<u>Costos variables:</u>				
Materia Prima	S/. 298,704.00	S/. 943,488.00	S/. 1,720,128.00	S/. 2,962,320.00
Mano de Obra Directa	S/. 466,725.00	S/. 1,474,200.00	S/. 2,015,775.00	S/. 3,956,700.00
Costos Indirectos	S/. 8,599.24 (774,028.24)	S/. 13,580.79 (2,431,268.79)	S/. 12,379.97 (3,748,282.97)	S/. 34,560.00
Margen de Contribución	S/. 386,192.10	S/. 733,680.36	S/. 731,217.03	S/. 1,851,089.49
<u>Costos y Gastos Fijos:</u>				
Costos Indirectos	S/. 52,852.24	S/. 180,520.16	S/. 253,027.60	S/. 486,400.00
Gastos de Administ. Y Ventas	S/. 276,000.00 (328,852.24)	S/. 276,000.00 (456,520.16)	S/. 276,000.00 (529,027.60)	S/. 828,000.00
Utilidad Operativa	57,339.86	277,160.20	202,189.43	S/. 536,689.49

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63: Estado de Resultado de situación después de la implementación

ESTADO DE RESULTADOS (Después de la mejora)				
	550 Litros	1100 Litros	2200 Litros	Consolidado
Ventas	1,673,305.08	3,983,559.32	5,425,000.00	S/. 11,081,864.41
<u>Costos variables:</u>				
Materia Prima	S/. 430,800.00	S/. 1,187,520.00	S/. 2,083,200.00	S/. 3,701,520.00
Mano de Obra Directa	S/. 673,125.00	S/. 1,855,500.00	S/. 2,441,250.00	S/. 4,969,875.00
Costos Indirectos	S/. 12,385.50 (1,116,310.50)	S/. 17,070.60 (3,060,090.60)	S/. 14,973.00 (4,539,423.00)	S/. 44,429.10
Margen de Contribución	S/. 556,994.58	S/. 923,468.72	S/. 885,577.00	S/. 2,366,040.31
<u>Costos y Gastos Fijos:</u>				
Costos Indirectos	S/. 52,852.24	S/. 180,520.16	S/. 253,027.60	S/. 486,400.00
Gastos de Administ. Y Ventas	S/. 276,000.00 (328,852.24)	S/. 276,000.00 (456,520.16)	S/. 276,000.00 (529,027.60)	S/. 828,000.00
Utilidad Operativa	228,142.34	466,948.57	356,549.40	S/. 1,051,640.31

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en las tablas anteriores; en el escenario anterior, se obtiene una Utilidad Operativa de S/. 536,689.49 nuevos soles. Mientras que, en el estado de resultados de la situación actual de la empresa, se obtiene una Utilidad Operativa de S/. 1'051,640.31.

Lo que se puede concluir que existe un aumento de 95.95% en la Utilidad Operativa con la propuesta de mejora. Este aumento es debido a la disminución del CIF fijo y del aumento de unidades producidas en la compañía.

5.2.2. Impacto Social

Actualmente las empresas basan sus medidas de impacto social en indicadores estándares internacionales como el “Global Reporting Initiative” o en sistemas de calidad como el ISO 26000.

Sin embargo, estas medidas realmente no miden los inputs correctos para llamarse impacto social, es por eso que se define como la influencia o efecto en la sociedad por causa de cualquier acción o programa, medir, para el caso de la empresa en estudio, como ha cambiado la calidad de trabajo y el bienestar de las personas en la empresa gracias a la implementación de un programa de mantenimiento.

La evaluación del impacto social en la empresa se realizó en 4 fases de investigación:

- **Fase 1 – Encuestas a los operarios beneficiarios**

En esta etapa se seleccionaron a los operarios involucrados en el proceso de mejora para realizarles una encuesta con el objetivo de identificar las capacidades desarrolladas a nivel laboral y social.

Dicha encuesta fue realizada por el Gerente de Producción de la planta de la empresa.

- **Fase 2 – Identificación de capacidades de operarios y gestión de la encuesta**

De acuerdo con las preguntas formuladas en la entrevista, se elaboró un cuestionario con 7 preguntas específicas (Ver tabla 64) para medir la capacidad de los operarios, siendo validado por el Gerente de planta.

Tabla 64: Cuestionario para los operarios de la planta de producción de la empresa

Responsable: Enrique Torres Cueva - Gerente de Producción	
Item	Cuestionario
1	¿De qué manera asumió la nueva propuesta de implementación de SMED y de mantenimiento preventivo para la empresa?
2	¿Le sirvió la inducción del SMED y de Mantenimiento Preventivo?
3	¿Qué resalta de haber implementado un sistema de mejora continua?
4	¿Qué se le viene a la mente cuando le hablan sobre un programa de mantenimiento?
5	¿Qué beneficios ofrece este nuevo sistema?
6	En una escala de 1 a 5. Donde 1 es "nada satisfecho" y 5 es "muy satisfecho", ¿Qué tan satisfecho se siente con la implementación de las mejoras?
7	¿Qué capacidades cree que se desarrolló durante la implementación de este sistema?

Fuente: Producción Propia

- Fase 3 - Elaboración de Resultados**

En esta última fase se procedió a mostrar los resultados y a la construcción de índice de capacidades desarrolladas por los operarios de la empresa, gracias a la implementación de un nuevo programa de mantenimiento en la empresa.

A continuación, las figuras se muestran los detalles por pregunta relevante al impacto social, respondida por los operarios.

Figura 67: ¿De qué manera asumió la nueva propuesta de implementación de SMED y de mantenimiento preventivo para la empresa?

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 67, se observa que el 60% de los operarios tuvieron una actitud social de responsabilidad, disciplina y reto; lo cual nos indica que se tomaron muy en serio el proyecto de mejora. Por otro lado, el 40% de ellos, tuvieron actitudes positivas de dedicación, esfuerzo y compromiso.

Como dato adicional, se sabe que los operarios son personas técnicas que no cuenta con estudios superiores, por lo cual se les dio el instructivo para realizar el mantenimiento de manera adecuada.

Figura 68: ¿Le sirvió la inducción del SMED y de Mantenimiento Preventivo?

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a la gráfica anterior, se concluye que a todos los operarios les sirvió la inducción de Mantenimiento Preventivo ya que respondieron con una respuesta afirmativa.

Figura 69: ¿Qué resalta de haber implementado un sistema de mejora?

Fuente: Elaboración Propia

La gráfica anterior indica que la implementación de un nuevo sistema de mejora impacta socialmente en su percepción de la empresa, siente que ahora es una empresa que ha tenido cambios para mejorar sus procesos; perciben a una empresa más organizada, la producción y mantenimiento son más ordenadas, la producción ha aumentado y máquinas más efectivas.

Figura 70: ¿Qué se le viene a la mente cuando le hablan sobre un programa de mantenimiento?

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la gráfica anterior se concluye que el 55% de los operarios enlazan la frase “programa de mantenimiento” con mayor productividad en máquinas. Esto impacta en su percepción de las cosas lo cual es un cambio social generado por la solución de ingeniería aplicada.

Figura 71: ¿Qué beneficios ofrece este nuevo sistema?

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a la pregunta anterior, las 2/3 partes de los operarios afirman que el beneficio de este nuevo sistema de mejora en la empresa es la eficiencia en las máquinas. Ya que el 67% aseguran que, con un nuevo y mejorado sistema en la empresa, va de la mano con la eliminación de las paradas no programadas de los equipos y reducción en el tiempo de set-up.

Figura 72: En una escala de 1 a 5. Donde 1 es "nada satisfecho" y 5 es "muy satisfecho", ¿Qué tan satisfecho se siente con la implementación de las mejoras?

Fuente: Elaboración Propia

La gráfica anterior se observa que el 80% de los operarios se sienten “muy satisfechos” con el trabajo realizado durante y después de la prueba piloto, guiándose del desarrollo de las dos mejoras aplicadas en la empresa (SMED y mantenimiento preventivo).

Figura 73: ¿Qué capacidades cree que se desarrolló durante la implementación de este sistema

Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico anterior se concluye que los operarios sienten que desarrollaron diferentes capacidades, entre ellas la que más resalta es el trabajo en equipo. A continuación, se describe cada una de ellas.

Trabajo en equipo (28%): Los operarios reconocían que formaban parte de un grupo de trabajo y que lo valoraban positivamente.

Autonomía (13%): Los operarios desarrollaron la habilidad de establecerse objetivos y cumplirlos, esto también gracias a la implementación de las dos mejoras.

Iniciativa (13%): Capacidad de generar ideas y acciones nuevas en el trabajo, por medio del llenado de registros, crearon formatos digitales para almacenarlos en su base de datos.

Comunicación (13%): Está es una capacidad clave que desarrollaron los operarios para con sus superiores, como habilidad de dar respuesta a las preguntas de ellos respecto al nuevo sistema de mejora.

Capacidad de relacionarse (7%): Los operarios, de acuerdo al aprendizaje desarrollado, entablan nuevas relaciones de amistad no sólo con los otros operarios, sino también con todo el equipo de producción, lo cual genera un compañerismo con el resto de los empleados de la empresa, ya que cuando se implementó el piloto, todo el personal estuvo involucrado en cierta forma del proyecto.

Solidaridad (13%): Esta habilidad la desarrollaron los operarios con más experiencia en la empresa; ayudar a los compañeros más nuevos de la empresa a desarrollar el proyecto aplicado. Al ser la primera vez que se mide un estudio de impacto social en la empresa, puede presentar algunas limitaciones; sin embargo, las escalas pueden perfeccionarse en futuros estudios que se puedan realizar.

En conclusión, el impacto social fue positivo para la empresa, ya que los operarios tienen una actitud diferente frente a los retos que puedan tener en su trabajo.

5.2.3. Impacto Cultural

El Impacto cultural de la solución de ingeniería afecta directamente a todas las personas de la organización de la empresa. Antes de realizar el proyecto de mejora, los operarios de la empresa no tenían conocimiento del porqué se debía tener que desarrollar un plan de sistema en el proceso de producción (implementación del SMED y mantenimiento preventivo) en la empresa, ya que sólo se hacía mantenimiento en la empresa cuando ocurría una falla; por ello, con la nueva propuesta, los trabajadores desarrollaron funciones de mantenimiento como parte importante de su trabajo.

Para crear una cultura organizacional enfocada en la solución de ingeniería se desarrollaron dos capacitaciones, las cuales tuvieron temas de gran importancia antes de desarrollar un plan de mantenimiento, los cuales son: “El mantenimiento en la empresa” y “Máquinas Críticas”. Esto hizo que los operarios se convirtieran en una mano de obra más especializada, y que por ende desarrollaren comportamientos que antes no tenían como hábito.

La primera prueba para medir el nivel cultural de los operarios fue el examen de capacitación. Durante el desarrollo de la prueba piloto, el jefe de planta desarrolló su liderazgo organizacional, el cual motivó y sigue motivando a sus operarios a trabajar con ganas y a gusto en su trabajo.

La cultura organizacional de la empresa actualmente, luego de haberse implementado la propuesta de mejora, se divide en tres niveles: Equipos, valores y presunciones.

- Equipos: Nivel visible de la cultura de la empresa, la distribución de oficina está realizada para tener un flujo de información totalmente horizontal.
- Valores: Solidaridad y dinamismo entre los operarios. La solución de los problemas de la empresa se incorpora en el quehacer diario de la compañía de manera automática.
- Presunciones: El gerente de la empresa ha creado una reunión en la cual los operarios son los primeros en dar ideas de mejora para la empresa en el transcurso del año, estas reuniones hacen que los operarios tengan empoderamiento de sus responsabilidades al 100%.

CAPÍTULO 6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- En base a las bases teóricas se puede concluir que tanto el SMED como la Planificación de Mantenimiento Preventivo buscan optimizar la utilización de recursos a través de la obtención de un flujo continuo del producto. Además, la implementación de ingeniería de reducción de set-up y mantenimiento aplicada a la empresa, proporciona un mejoramiento de sus actividades de producción, las cuales se enfocan en productividad, eficiencia de máquinas y reducción de costos; por ende, la reducción de tiempo de producción.
- Respecto a la hipótesis general planteada, sobre la reducción de los costos; se concluye que después de haber aplicado el SMED y el Mantenimiento Preventivo en el capítulo IV y ver los resultados económicos de estas propuestas en el capítulo V se obtiene una reducción de los costos operativos, obteniendo un aumento del 83% en las utilidades operativas durante el año 2016; por lo tanto, dicha hipótesis planteada es validada y cierta.
- Para la implementación de las propuestas de mejora planteadas en el capítulo 3, es necesario la participación de toda la organización desde la gerencia hasta los operarios. Cabe resaltar, que es importante la cooperación de los operarios, ya que gracias a la experiencia que ellos transmiten, se pudo realizar el levantamiento de información acompañado de entrevistas cortas, filmaciones, entre otras. De esta manera, su aporte ayuda a reconocer en vista preliminar los principales problemas a atacar y las posibles soluciones a proponer.
- Con la implementación de Mantenimiento Preventivo se logró que el tiempo estimado de entrega de los productos finales se cumpla. Lo cual genera la satisfacción de los clientes y así seguir siendo competitivo en el mercado de los tanques para agua. Además, le proporciona a la empresa una ventaja competitiva en calidad, flexibilidad y cumplimiento, que a largo plazo se verá reflejado en aumento de ventas y mayor utilidad por parte de la empresa.

- Con la implementación del SMED se logró la reducción de los tiempos de cambios de set-up en un 60%. Además, esta herramienta nos permite conocer al detalle el proceso de operación y puesta en marcha de la línea de producción tanto en sus aspectos operativos como de calidad y seguridad.
- Con la implementación del Mantenimiento Preventivo se logró la eliminación de las paradas no programadas.
- Con las implementaciones del SMED y el Mantenimiento Preventivo se logró la reducción del Lead-Time de 3.82 días a 2 días.
- El OEE de las máquinas del área rotomoldeo, tapado y termofusionado antes de la implementación de la propuesta de mejora no superaba el 40%. Luego de la implementación se logró superar el 80%.
- El costo de la implementación del nuevo sistema es insignificante en relación con el beneficio derivado de ingresos en la empresa debido a que se trata de cambios pocos costosos en productos y mantenimiento.
- El tener un plan de mantenimiento es fundamental para asegurar la disponibilidad de la maquinaria, y así permitir al departamento de producción desarrollar el ciclo de producción con normalidad y sin retrasos.
- La implementación del nuevo sistema de mejora respectivamente ha ayudado a mejorar los indicadores de set-up, paradas de máquina y productividad de la empresa.
- Gracias al estudio de análisis de criticidad se estableció el grupo de máquinas de criticidad alta, media y baja respectivamente.
- La parte más complicada de la elaboración del plan de mantenimiento preventivo fue la asignación de frecuencias de inspección en los cronogramas de mantenimiento; ya que inspeccionar poco, conlleva a una desatención de la maquinaria e inspeccionar mucho

aumenta los costos; por ello, con la ayuda del mecánico de mantenimiento (experiencia técnica) y los detalles del fabricante, se diseñaron los cronogramas.

- El correcto uso de los formatos de control planteados permite documentar, controlar y consultar la información de los equipos de forma ordenada.
- La implementación del nuevo plan de mantenimiento también permitió incrementar el MTBF (Tiempo medio entre fallas), disminuir el MTTR (Tiempo medio de reparación), por consecuencia aumentó la disponibilidad de las máquinas aumentaron significativamente.

6.2. Recomendaciones

- Capacitar al personal, frecuentemente, sobre las nuevas acciones a emprender en el área de mejora continua y mantenimiento, la retroalimentación es necesaria. Ya que la principal herramienta para la implementación de Manufactura Esbelta y del Mantenimiento Preventivo es el recurso humano. Para ello, el personal involucrado debe ser consciente que el proceso funciona cuando se aplica mejora continua, lo cual les permitirá mejorar en base a las retroalimentaciones constantes por parte de sus jefes de áreas, supervisores, capacitadores, entre otros.
- El Gerente de planta, su equipo y los operarios deben mantener reuniones para coordinar los trabajos a realizarse en el transcurso de la jornada laboral. La gerencia es un recurso importante para la aprobación efectiva de las medidas tomadas para la implementación de las mejoras propuestas. Ellos, deben ser conscientes de la importancia de las inversiones en equipos, herramientas, capacitaciones, entre otros, para incrementar su producción y competitividad. De igual forma su participación en actividades para la implementación de las herramientas es muy importante para la motivación respectiva de los equipos de trabajo.
- Se debe mantener sinergia constante entre las áreas principales como Producción y Mantenimiento, mediante reuniones mensuales, para que se puedan identificar los principales aspectos para atacar y trabajar en equipo para la mejora continua, la

innovación de nuevas máquinas, equipos y herramientas; así como, la supervivencia de mercado a través del provecho de sus recursos.

- Promover la participación de los operarios es de suma importancia, ya que ellos son los que cuentan con la experiencia en esta etapa de implementación de herramientas; para ello, es importante realizar reuniones entre los líderes de equipos de trabajo u operarios más antiguos para analizar también si se está logrando una mejora en el clima laboral proyectado con estas propuestas. Esto a causa de que los operarios son los que participan activamente en el proceso de producción y pueden tener nociones de cómo mejorar su labor además del apoyo de la empresa para poder analizar la viabilidad de dichas propuestas de los trabajadores.
- Los registros de mantenimiento deben ser cargados diariamente en forma digital para un manejo de la información, la cual debe ser procesada luego de determinado periodo para ver la evolución de los beneficios del nuevo proyecto.
- Con la finalidad de asegurar que las mejoras propuestas se mantengan en el tiempo, se recomienda que el Gerente y el Jefe de Producción, quincenalmente revisen el reporte de producción y la Eficiencia General de los Equipos (OEE) ya que este indicador permite identificar los puntos de desperdicio o ineficiencia en una línea de producción.
- Documentar todos los formatos creados y realizar retroalimentación al personal y a los líderes de la planta para monitorear el avance de la implementación de las mejoras y advertir de cualquier alteración que se presente durante la implementación. Además, se recomienda realizar auditorías internas y externas posteriores a la implementación con la finalidad de mantener un estado óptimo.
- Asegurar toda la información por medio de un Back-up y FeedBack.
- El Gerente de Producción debe recibir diariamente los reportes de trabajo de mantenimiento realizados por el Supervisor.

REFERENCIAS

AMZARRAIN, M. (1999). La Gestión por Procesos. España: Mondragón Corporación Cooperativa.

BALLOU, R. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. (5ª ed.) México: Pearson Educación.

BELEKOUKIAS, Ioannis y Otros (2014) The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. International Journal of Production Research, pp. 5346-5366.

BENJAMIN, Samuel Jebaraj y Otros (2013) The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm. Journal of Manufacturing Technology Management, pp. 792-807.

BOHAN, Rick (2010) Starting point. EE.UU.: Fabricating & Metalworking, pp. 22 - 25

BRAVO BRAVO, Verónica (2011) Metodología Lean en las Pymes agroalimentarias ecuatorianas (Tesis para optar el grado de Máster en Gestión de la Calidad Alimentaria). Universidad Politécnica de Madrid: Escuela de Ingeniería Técnico Agrícola, España.

BOUCLY, Francis (1999) Gestión del mantenimiento. Madrid: AENOR Asociación Española de Normalización Certificación.

CALLONI, Juan Carlos (2015) Mantenimiento Preventivo. México: Nobuko.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter (2010) Supply Chain Management: Strategy, planning, and operation. (4a ed.) USA: Prentice Hall.

COTTYN, J. y Otros (2011) A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. International Journal of Production Research, pp. 4397-4413.

COX, Cody y ULMER, Jeffrey M. (2015) Lean Manufacturing: An Analysis of Process Improvement Techniques. Franklin Business & Law Journal, pp. 70-77.

DELGADO MORENO, Frank Nicolás y GALLO, Eliseo (2011) Propuesta del mejoramiento de la metodología de Manufactura Esbelta por medio de optimización de sistemas de manufactura y modelación de eventos discretos. Vol. 8, Issue 2, pp. 119-131.

DOMINGUEZ, J. (1995) Dirección de Operaciones, Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. España: McGraw-Hill.

DOMINGUEZ, Jorge (2006) Optimización simultánea para la mejora continua y reducción de costos en procesos. Ingeniería y Ciencia. Vol. 2, pp. 145-162.

GARCÍA, Ricardo Fernández (2014) Estrategia 5s. Como mejorar la productividad a través del orden y limpieza (II). Gestión Práctica de Riesgos Laborales. Issue 112, pp. 8-18.

GONZALES GARCIA, Raimundo H. (2016) Mantenimiento industrial: Organización, Control y Gestión. Argentina: Alsina.

HEMMANT, Robert (2007) The 5S to keeping lean on course. En: Circuits assembly. Vol.18 Issue 8, pp. 30.

HERNÁNDEZ, A. (2003) Gestión por proceso. Revista Ingeniería Industrial. Vol. 35, no. 1, ISSN 1815-5936.

HINES, Peter; HOLWE, Mathias y RICH, Nick (2004) Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. En: International Journal of Operations & Production Management. Vol. 24, Issue 9, pp. 994-1011.

HOPP, Wallace y SPEARMAN, Mark (2004) To Pull or Not to Pull: What Is the Question? En: Manufacturing & Service Operations Management. Vol. 6, Issue 2, pp. 133-148.

HUAMÁN, Laura y RÍOS RAMOS, Franklin (2008) Metodología para implantar la estrategia: diseño organizacional de la empresa. UPC, Lima.

IMAI, Masaaki (1992) Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa. México, D.F.: Compañía Editorial Continental.

IMAI, Masaaki (1998) Como implementar el Kaizen en el sitio de Trabajo (Gemba). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

JOHNSTON, M. (2004). Administración de ventas. México, McGraw-Hill.

Instituto de Ingeniería Aplicada (2009) Introducción al Lean Manufacturing: Iniciando la Gestión del Flujo Valor. Lean Manufacturing Center.

JONES, Daniel (2006) Heijunka: leveling production. En: Manufacturing Engineering. Vol. 137, Issue 2, pp. 29-34.

JIMÉNEZ, A. (2006) El estado del arte en la investigación en ciencias sociales. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. & MALHOTRA, M.K. (2008) Administración de Operaciones. (8a. ed.). México: Pearson.

LAUFER, Miguel (2006) Planificación y ejecución. Revista: Interciencia.

KUMAR, Pardeep y KAJAL, Sanjay (2015) Implementation of Lean Manufacturing in a Small-Scale Industry. IUP Journal of Operations Management. Vol. 14 Issue 2, p25-33.

LAZALA ROSARIO, Nayeli. (2011) Lean Manufacturing y sus Herramientas. Estas son las ocho herramientas lean. Escuela de Organización Industrial.

LEFCOVICH, Mauricio León (2009). Just in time: en la búsqueda de la ventaja competitiva. Argentina: El Cid Editor.

LEVITT, Joel (2008) Lean Maintenance.USA: Industrial Press Inc.

LINARES DEPESTRE, Luis Orlando (2012) Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Centro Azúcar. Vol. 39, Issue 3, p7-14.

LOBATO, Maricela y GONZALEZ, Aleida (2007) Modelo estratégico de mejora continua para la pequeña y mediana empresa mexicana. Ingeniería Industrial. Vol. 28, Issue 3, p30-34.

LUIS GARCÍA ALCARÁZ, Jorge y Otros (2011) Factores tecnológicos asociados al éxito del mantenimiento preventivo total (TPM). Cultura Científica y Tecnológica. Vol. 8 Issue 45, p115-124.

MELÉNDEZ LÓPEZ, Edith Margoth; JIMÉNEZ ZAVALA, Felipe; CORTÉS GUERRERO, David; JASSO OBARRA, Sandra Lilia (2015) Análisis del impacto en la aplicación de las metodologías de la manufactura esbelta en las pymes de la región centro de Coahuila. Global Conference on Business & Finance Proceedings.

MENDOZA, Galo (2008) Aplicación de la Metodología SMED para la reducción de los tiempos de cambio de formato en una línea de producción de helados (Tesis para Titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

MOREIRA, M. (2013). La gestión por procesos en las instituciones de información. Ciudad de la Habana: ACIMED.

OLOFSSON, Oskar (2015) Value Stream Mapping: VSM – Word Class Manufacturing. Suecia: WCM Consulting AB.

PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo (2012) Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. Ingeman. Lima, Perú

PASCAL, Dennis (2002) Lean Production Simplified. Segunda edición. New York: Productivity Press.

PANWAR, Avinash y Otros (2015) On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. Production Planning & Control. May2015, Vol. 26, Issue 7, pp. 564-587.

PERINIC, M. (2009) Die casting process assessment using Single Minute Exchange of Die (SMED) method. Metalurgija. Vol. 48 Issue 3, pp. 199-202.

RAMNATH, Vijaya y otros (2009) Inventory Optimization Using Kanban System: A Case Study. En: IUP Journal of Business Strategy. Vol. 6, Issue 2, pp. 56-58.

REY, Francisco (2005) Las 5S orden y limpiezas en el puesto de trabajo. Madrid: FC Editorial.

REYES AGUILAR, Primitivo (2002) Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. Contaduría y Administración. México. Vol. xx, N. xx, pp. 01-22.

RODRIGUEZ MEDINA, Guillermo; CHAVEZ SANCHEZ, Jorge; MUNOZ FRANCO, Jesús et al. (2004) Factores críticos en la gestión del proceso productivo en el sector de pastas alimenticias del municipio San Francisco -estado Zulia. México D. F.: Hispanoamérica.

ROLLE, José Luis Calvo y Otros (2008) Sistema basado en conocimiento para análisis de vibraciones en mantenimiento predictivo. DYNA - Ingeniería e Industria. Vol. 83, Issue 8, pp. 484-492.

RUEDA BLANCO, Lizbeth (2007) Aplicación de la metodología six sigma y lean manufacturing para la reducción de costos, en la producción de jeringas hipodérmicas desechables (Tesis de Máster). Instituto Politécnico Nacional, México D.F.

SALAZAR, Dalmay; ROMERO, Enrique (2006) Planificación. ¿Éxito Gerencial? Venezuela: Revista Multiciencias.

SECRETARÍA DE LA FUNCION PUBLICA (SFP) (2008) “Herramientas para el análisis y mejora de procesos”. Consulta: 12 de septiembre del 2016.

SHINGO, Shigueo (1990) Una revolución en la producción: El sistema SMED. Segunda edición. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.

PATROCINIO, Erwin (2015) VALUE STREAM MAPPING: Operationalizing Lean Manufacturing. SMT: Surface Mount Technology, pp. 12-18.

SANCHEZ, Raymundo (2007) El proceso de las 5'S en acción: La metodología japonesa para mejorar la calidad y la productividad de cualquier tipo de empresa. Gestión y Estrategia. pp. 91-94.

SOUSA COMBE, Lourdes (2014) Eficiencia con las 5'S Limpieza y orden eficientes, clave del desarrollo japonés. (Spanish). Hospitalidad ESDAI. Issue 25, p33-53.

SUZUKI, Tokutaró (1996) TPM para industrias de proceso. Traducción de Antonio Cuesta Álvarez. Madrid: TGP Hoshin.

TEJEDA, Anne Sophie (2011) Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Ciencia y Sociedad. Vol. 36, Issue 2, pp. 276-310.

TELLES, Felipe Santoyo (2013) Comportamiento y organización. Implementación del sistema de gestión de la calidad 5S'S. Diversitas. Vol. 9, Issue 2, p361-371.

UNZUETA-ARANGUREN, Gorka y Otros (2014) Aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado. DYNA - Ingeniería e Industria. Vol. 89, Issue 3, p347-354.

UPADHYE, Nitin; DESHMUKH, S. y GARG, Suresh (2010) Lean manufacturing for sustainable development. Vol. 2, N°1, pp. 125-137

VLCKOVA, Vladimira y PATAK, Michal (2011) Barriers of demand planning implementation. En: Economics & management, vol. 16 pp. 1000 – 1005.

VILLASEÑOR CONTRERAS, A. (2009) Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Mexico: Limusa.

VUJICA HERZOG, Natasa y TONCHIA, Stefano (2014) An Instrument for Measuring the Degree of Lean Implementation in Manufacturing. Journal of Mechanical Engineering. Vol. 60, Issue 12, pp. 797-803.

WOMACK, James y JONES, Daniel (1996) Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. Primera edición. New York: Simon & Schuster.

WOMACK, James (2005) Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. España: Planeta DeAgostini Profesional y Formación, S.L.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. Análisis de criticidad: Metodología que permite jerarquizar a los equipos en función a su impacto global con el fin de facilitar la toma de decisiones.

2. Calidad: Propiedades inherentes a una cosa que la caracteriza y valora con respecto a los demás de su misma “especie”.

3. Diagrama de recorrido: Es un esquema de distribución de planta en un plano bidimensional a escala, que muestra donde se realizan todas las actividades que aparecen en el DAP, además, la ruta de los movimientos se señala por medio de líneas.

4. Enfoque a la gestión: Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus objetivos.

5. Enfoque a procesos: Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

6. Gestión por procesos: Es un ámbito estratégico que representa la base misma del rubro de la empresa, lo que respecta a su crecimiento y su competitividad. Es una forma de administrar una organización, concentrándose en el valor agregado para el cliente y las partes interesadas.

7. Merma: Es una pérdida que se genera en el proceso de producción de cualquier producto.

8. Mantenimiento: Conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desplegar la función requerida o las que venía desplegando hasta el momento en el cual se dañó.

9. Mantenimiento Preventivo: Mantenimiento programado y planificado mediante un cronograma de actividades, que debe llevarse a cabo en forma periódica. El propósito es prever las fallas manteniendo sistemas y equipos en completa operación a niveles y eficiencia óptimos.

10. Muestreo: Selección de un conjunto de datos representativos, con la finalidad de analizar y determinar las características del mismo.

11. MTB - Tiempo promedio entre fallas: Representa las veces que falla cualquier componente del equipo o el sistema que produzca la pérdida de su función, que implique una parada en un periodo determinado.

12. MTTR - Tiempo promedio para reparar fallas: Es el tiempo empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. Mide la efectividad que se tiene para restituir las unidades del sistema en estudio a óptimas condiciones de operatividad.

13. OEE - Efectividad Global de los Equipos: Es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de las máquinas en una empresa.

14. Producto defectuoso: Es aquel bien que, al momento de su uso o consumo, no cumple las especificaciones que le son propias, con independencia de cuál sea el motivo de tal anomalía. Producto terminado con fallas o anomalías, el cual no puede ser usado.

15. Rotomoldeado: Actividad encargada del conformado de productos plásticos en el que se introduce el polietileno y que, mediante dos ejes perpendiculares, crea piezas huecas.

16. SMED: En gestión de la producción, SMED es un método de reducción de los desperdicios en un sistema productivo que se basa en asegurar un tiempo de cambio de herramienta de un solo dígito de minutos.

17. Tapado: Actividad encargada de colocar la tapa del tanque mediante el proceso de fricción.

18. Termofusionado: Actividad encargada de unir el tanque a tubos de polietileno o accesorios mediante altas temperaturas de fusión que se unen por medio de aplicación de presión.

19. Tiempos Internos: Son aquellas operaciones que se realizan cuando la máquina se encuentra parada, ajenas a las horas de producción (conocidos por las siglas en inglés IED).

20. Tiempos Externos: Son aquellas operaciones que se realizan, o que pueden realizarse, cuando la máquina se encuentra en funcionamiento; es decir, durante la etapa de producción (conocidos por las siglas en inglés OED).

ANEXOS

Anexo A: Ficha de utilización de herramientas y Check List de SMED

Anexo 1: Ficha de utilización de herramientas y Check List de SMED

Ficha de habilitación de herramientas para cambio de formato					
Código	HE.0.1				
Título	Ficha de habilitación de herramientas para cambio de formato				
Actividad	Habilitación de Herramientas para cambio de formato				
Descripción	Ficha para la habilitación de las herramientas que se utilizan para el cambio de formato				
Realizado por:					
Cargo:					
Fecha:					
Paso	Actividades	¿Se Realizó?		Observaciones	Responsable
		Si	No		
HE.0.1.1	Dirigirse a almacén de herramientas				Operario
HE.0.1.2	Dirigirse a repisa de herramientas de Seguridad				
HE.0.1.3	Buscar guantes				
HE.0.1.4	Dirigirse a repisa de herramientas de Montaje				
HE.0.1.5	Buscar herramienta de desajuste				
HE.0.1.6	Dirigirse a repisa de herramientas de Limpieza				
HE.0.1.7	Buscar objeto de limpieza				
HE.0.1.8	Regresar a la actividad de rotomoldeado				
HE.0.1.9	Dejar las herramientas en la repisa				
HE.0.1.10	Llenado del Check List				
FIRMA: _____					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla A2: Check List de Herramientas

Check List de Herramientas							
Código	CL.0.1						
Título	Check List de Herramientas						
Responsable							
Cargo							
Fecha							
Herramienta	Descripción	¿Elección?	¿Buen estado?			Observaciones	Cantidad
			SI	NO	NA		
Guantes	Seguridad						
	Nitrilo						
	PVC						
	Dieléctrico						
	Otros						
Herramienta de desajuste	Pistola neumática						
	Llave de boca						
	Otros						
Objeto de limpieza	Trapo						
	Escoba						
	Recogedor						
	Otros						
FIRMA: _____							

Fuente: Elaboración Propia

Anexo B: Procedimiento de utilización de Ventilador de techo industrial, Pistola Neumática y Aspiradora

Anexo 2: Procedimiento de utilización de Ventilador de techo industrial

Código:	Responsable:	Fecha:
Título: Procedimiento de utilización de Ventilador de techo industrial		

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones a realizar para la utilización del ventilador de techo industrial en el proceso de Rotomoldeado.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es realizado por los operarios de la planta de producción de la empresa.

Contempla el procedimiento de actividades que se realizan dentro de la planta de producción de la compañía.

Su ámbito de desarrollo corresponde a mejoras de procesos/actividades para que la empresa sea más eficiente y requiere del compromiso y esfuerzo de todos los trabajadores.

3. CONDICIONES BÁSICAS

3.1. Las actividades se realizan necesariamente dentro de la planta de producción de la empresa.

3.2. Toda actividad realizada en la planta de producción, se debe hacer con los equipos de protección personal para los trabajadores y visitantes.

3.3. El personal encargado de la ejecución debe estar calificado y autorizado para el desarrollo de las actividades.

3.4. El responsable de la ejecución del procedimiento tiene que cumplir y realizar en orden todas las actividades obligatoriamente.

3.5. El encargado de la ejecución debe de registrar su nombre completo y su firma al final de la ejecución.

3.6. La finalización de la ejecución del procedimiento de las actividades debe ser aprobada por el Jefe de producción o por el Gerente de Producción.

3.7. El área de trabajo debe estar adecuadamente iluminada.

3.8. Todos los equipos utilizados tienen que estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.

3.9. En caso de producirse una situación de emergencia en la planta de producción de la empresa, todo el personal debe detener los trabajos y dejar en condiciones de seguridad, se desconectarán los equipos y se desplazarán a una zona segura fuera del recinto que ya está debidamente señalizado.

3.10. El equipo no debe estar en funcionamiento más de 5 minutos.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Actividad: Utilización de Ventilador de techo industrial	Responsable
<p>4.1. Colocarse los guantes de seguridad para la adecuada manipulación del operario.</p> <p>4.2. Colocarse los lentes de seguridad para la protección de la vista del operario.</p> <p>4.3. Colocarse el casco de protección ya que es fundamental cuando se trabaja en una planta de producción.</p> <p>4.4. Verificar que la rotomoldeadora haya terminado su actividad en el último tanque antes del cambio de formato.</p> <p>4.5. El operario debe asegurar que la rotomoldeadora se haya detenido.</p> <p>4.6. Dirigirse al interruptor encendido/apagado del ventilador.</p> <p>4.7. Encender la ventiladora.</p> <p>4.8. Seleccionar la velocidad del ventilador.</p> <p>4.9. Controlar el tiempo estándar de enfriamiento.</p> <p>4.10. Apagar la ventiladora.</p> <p>4.11. Verificar la temperatura de la rotomoldeadora con el medidor láser.</p>	Operario

Realizado por:

Aprobado por:

5. ANEXOS

No hay anexos para este documento.

Fuente: Elaboración Propia

Figura B2: Procedimiento de utilización de Pistola neumática

Código:	Responsable:	Fecha:
Título: Procedimiento de utilización de Pistola Neumática		

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones a realizar para la utilización de la Pistola neumática.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es realizado por los operarios de la planta de producción de la empresa.
Contempla el procedimiento de actividades que se realizan dentro de la planta de producción de la compañía.
Su ámbito de desarrollo corresponde a mejoras de procesos/actividades para que la empresa sea más eficiente y requiere del compromiso y esfuerzo de todos los trabajadores.

3. CONDICIONES BÁSICAS

3.1. Las actividades se realizan necesariamente dentro de la planta de producción de la empresa.

3.2. Toda actividad realizada en la planta de producción, se debe hacer con los equipos de protección personal para los trabajadores y visitantes.

3.3. El personal encargado de la ejecución debe estar calificado y autorizado para el desarrollo de las actividades.

3.4. El responsable de la ejecución del procedimiento tiene que cumplir y realizar en orden todas las actividades obligatoriamente.

3.5. El encargado de la ejecución debe de registrar su nombre completo y su firma al final de la ejecución.

3.6. La finalización de la ejecución del procedimiento de las actividades debe ser aprobada por el Jefe de producción o por el Gerente de Producción.

3.7. El área de trabajo debe estar adecuadamente iluminada.

3.8. Todos los equipos utilizados tienen que estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.

3.9. En caso de producirse una situación de emergencia en la planta de producción de la empresa, todo el personal debe detener los trabajos y dejar en condiciones de seguridad, se desconectarán los equipos y se desplazarán a una zona segura fuera del recinto que ya está debidamente señalado.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Actividad: Utilización de Pistola neumática	Responsable
<p>4.1. Colocarse los guantes de seguridad para la adecuada manipulación del operario.</p> <p>4.2. Colocarse los lentes de seguridad para la protección de la vista del operario.</p> <p>4.3. Colocarse el casco de protección ya que es fundamental cuando se trabaja en una planta de producción.</p> <p>4.4. Colocarse la protección para los oídos debido a que los decibeles de la presión sonora supera los niveles permisibles.</p> <p>4.5. Dirigirse al interruptor de corriente y enchufar la pistola neumática.</p> <p>4.6. Dirigirse a la rotomoldeadora para sacar las tuercas.</p> <p>4.7. Seleccionar la dirección y la torsión de la pistola neumática.</p> <p>4.8. Encender la pistola neumática.</p> <p>4.9. Desajustar las tuercas para la apertura de la rotomoldeadora.</p> <p>4.10. Guardar las tuercas para evitar extravíos.</p> <p>4.11. Luego de sacar el tanque que se encuentra dentro, se procede a la colocación de las tuercas.</p> <p>4.12. Ajustar las tuercas para la clausura de la rotomoldeadora.</p> <p>4.13. Apagar la pistola neumática.</p> <p>4.14. Dirigirse al interruptor de corriente y desenchufar la pistola neumática.</p> <p>4.15. Guardar la pistola neumática.</p>	Operario

Realizado por:

Aprobado por:

5. ANEXOS

No hay anexos para este documento.

Fuente: Elaboración Propia

Figura B3: Procedimiento de utilización de Aspiradora

Código:	Responsable:	Fecha:
Título: Procedimiento de utilización de Aspiradora		

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones a realizar para la utilización de la Aspiradora.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es realizado por los operarios de la planta de producción de la empresa.

Contempla el procedimiento de actividades que se realizan dentro de la planta de producción de la compañía.

Su ámbito de desarrollo corresponde a mejoras de procesos/actividades para que la empresa sea más eficiente y requiere del compromiso y esfuerzo de todos los trabajadores.

3. CONDICIONES BÁSICAS

3.1. Las actividades se realizan necesariamente dentro de la planta de producción de la empresa.

3.2. Toda actividad realizada en la planta de producción, se debe hacer con los equipos de protección personal para los trabajadores y visitantes.

3.3. El personal encargado de la ejecución debe estar calificado y autorizado para el desarrollo de las actividades.

3.4. El responsable de la ejecución del procedimiento tiene que cumplir y realizar en orden todas las actividades obligatoriamente.

3.5. El encargado de la ejecución debe de registrar su nombre completo y su firma al final de la ejecución.

3.6. La finalización de la ejecución del procedimiento de las actividades debe ser aprobada por el Jefe de producción o por el Gerente de Producción.

3.7. El área de trabajo debe estar adecuadamente iluminada.

3.8. Todos los equipos utilizados tienen que estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.

3.9. En caso de producirse una situación de emergencia en la planta de producción de la empresa, todo el personal debe detener los trabajos y dejar en condiciones de seguridad, se desconectarán los equipos y se desplazarán a una zona segura fuera del recinto que ya está debidamente señalizado.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Actividad: Utilización de Aspiradora	Responsable
<p>4.1. Colocarse los guantes de seguridad para la adecuada manipulación del operario.</p> <p>4.2. Colocarse los lentes de seguridad para la protección de la vista del operario.</p> <p>4.3. Colocarse el casco de protección ya que es fundamental cuando se trabaja en una planta de producción.</p> <p>4.4. Dirigirse al interruptor de corriente y enchufar la aspiradora.</p> <p>4.5. Dirigirse a la rotomoldeadora para la limpieza en su interior.</p> <p>4.6. Seleccionar el tipo de boquilla que se utilizará en la aspiradora para la limpieza interior de la rotomoldeadora.</p> <p>4.7. Seleccionar dirección de aspiración y velocidad de la aspiradora.</p> <p>4.8. Encender la aspiradora.</p> <p>4.9. Limpiar todo el interior de la rotomoldeadora para evitar contaminaciones futuras.</p> <p>4.10. Luego de la limpieza, apagar la aspiradora.</p> <p>4.11. Dirigirse al interruptor de corriente y desenchufar la aspiradora.</p>	Operario

Realizado por:

Aprobado por:

5. ANEXOS

No hay anexos para este documento.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo C: Procedimiento de ejecución para cambio de formato

Anexo 3: Procedimiento de ejecución para cambio de formato

Código:	Responsable:	Fecha:
Título: Procedimiento de ejecución de cambio de formato en la planta de producción		

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones a realizar del procedimiento para la ejecución de cambio de formato en la planta de producción.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es realizado por los operarios de la planta de producción de la empresa.

Contempla el procedimiento de actividades que se realizan dentro de la planta de producción de la compañía.

Su ámbito de desarrollo corresponde a mejoras de procesos/actividades para que la empresa sea más eficiente y requiere del compromiso y esfuerzo de todos los trabajadores.

3. CONDICIONES BÁSICAS

3.1. Las actividades se realizan necesariamente dentro de la planta de producción de la empresa.

3.2. Toda actividad realizada en la planta de producción, se debe hacer con los equipos de protección personal para los trabajadores y visitantes.

3.3. El personal encargado de la ejecución debe estar calificado y autorizado para el desarrollo de las actividades.

3.4. El responsable de la ejecución del procedimiento tiene que cumplir y realizar en orden todas las actividades obligatoriamente.

3.5. El encargado de la ejecución debe de registrar su nombre completo y su firma al final de la ejecución.

3.6. La finalización de la ejecución del procedimiento de las actividades debe ser aprobada por el Jefe de producción o por el Gerente de Producción.

3.7. El área de trabajo debe estar adecuadamente iluminada.

3.8. Todos los equipos utilizados tienen que estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.

3.9. En caso de producirse una situación de emergencia en la planta de producción de la empresa, todo el personal debe detener los trabajos y dejar en condiciones de seguridad, se desconectarán los equipos y se desplazarán a una zona segura fuera del recinto que ya está debidamente señalizado.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Actividad: Ejecución de cambio de formato en la planta de producción	Responsable
4.1. Orden de pedido para el inicio de la ejecución del cambio de formato en la planta de producción.	Operario
4.2. Aprobación de la orden de pedido para la ejecución	Gerente de producción
4.3. Cumplimiento de todos los pasos de la ejecución.	Jefe de producción
4.4. Supervisión durante la ejecución del cambio de formato.	Supervisor de producción
4.5. Ejecución del cambio de formato.	Operario
4.6. Verificación de finalización del cambio de formato.	Jefe de producción
4.7. Aprobación de término del cambio de formato.	Gerente de producción

Realizado por:	Aprobado por:

5. ANEXOS

No hay anexos para este documento.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo D: Indicadores de Implementación del SMED

Anexo 4: Indicador de tiempo de cambio de Set-up

Código:	Responsable:	Fecha:						
Ficha técnica de Indicador								
1. Nombre: Tiempo de Set-up								
2. Objetivo: Lograr reducir el tiempo de Set-up								
3. Nivel de Referencia: <table border="1"><tbody><tr><td> </td><td>Entre 11' 40" – 11' 55"</td></tr><tr><td> </td><td>Entre 11' 56" – 12' 25"</td></tr><tr><td> </td><td>Mayor a 12' 25"</td></tr></tbody></table> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. </p>				Entre 11' 40" – 11' 55"		Entre 11' 56" – 12' 25"		Mayor a 12' 25"
Entre 11' 40" – 11' 55"
Entre 11' 56" – 12' 25"
Mayor a 12' 25"							
4. Responsable de Gestión: Gerente de Producción								
5. Frecuencia de Medición: Semanal								
6. Fuente de Información: Proceso de Producción								
7. Frecuencia de Reporte: Mensual								
8. Responsable del Reporte: Jefe de Producción								
9. Usuarios: Comité de Gerencia								
10. Observaciones:								

Fuente: Elaboración Propia

Figura D2: Indicador de Tiempo de entrega de producto terminado

Código:	Responsable:	Fecha:						
Ficha técnica de Indicador								
1. Nombre: Tiempo de entrega de producto terminado								
2. Objetivo: Lograr cumplir con el tiempo de entrega de producto terminado								
3. Nivel de Referencia: <table border="1"> <tr> <td> </td> <td>8 días</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>9 días</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>10 días o más</td> </tr> </table> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. ▲</p>				8 días		9 días		10 días o más
8 días
9 días
10 días o más							
4. Responsable de Gestión: Gerente de Producción								
5. Frecuencia de Medición: Semanal								
6. Fuente de Información: Proceso de Producción								
7. Frecuencia de Reporte: Mensual								
7. Frecuencia de Reporte: Mensual								
8. Responsable del Reporte: Jefe de Producción								
9. Usuarios: Comité de Gerencia								
10. Observaciones:								

Fuente: Elaboración Propia

Figura D3: Indicador de Clientes satisfechos

Código:	Responsable:	Fecha:						
Ficha técnica de Indicador								
1. Nombre: Clientes satisfechos								
2. Objetivo: Lograr cumplir con la satisfacción del cliente								
3. Fórmula de Cálculo: $\% \text{ de clientes satisfechos} = \frac{\text{Cantidad de clientes satisfechos}}{\text{Cantidad total de clientes atendidos}} * 100$								
4. Nivel de Referencia: <table border="1"> <tr> <td> </td> <td>Mayor a 90 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Entre 90 % - 80 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Menor a 80 %</td> </tr> </table> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. </p>				Mayor a 90 %		Entre 90 % - 80 %		Menor a 80 %
Mayor a 90 %
Entre 90 % - 80 %
Menor a 80 %							
5. Responsable de Gestión: Gerente de Producción								
6. Frecuencia de Medición: Mensual								
7. Frecuencia de Reporte: Mensual								
8. Responsable del Reporte: Jefe de Producción								
9. Usuarios: Comité de Gerencia								
10. Observaciones:								

Fuente: Elaboración Propia

Anexo E: Procedimiento de ejecución de mantenimiento preventivo de Rotomoldeadora, Tapera y Termofusionador

Anexo 5: Procedimiento de ejecución de mantenimiento preventivo de la Rotomoldeadora

Código: Maq-01	Responsable:	Fecha:
Título: Procedimiento de mantenimiento preventivo de la Rotomoldeadora		

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones a realizar del procedimiento de mantenimiento preventivo de la Rotomoldeadora

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es realizado por los operarios de la planta de producción de la empresa.

Contempla el procedimiento de actividades que se realizan dentro de la planta de producción de la compañía.

Su ámbito de desarrollo corresponde a mejoras de procesos/actividades para que la empresa sea más eficiente y requiere del compromiso y esfuerzo de todos los trabajadores.

3. CONDICIONES BÁSICAS

3.1. Las actividades se realizan necesariamente dentro de la planta de producción de la empresa.

3.2. Toda actividad realizada en la planta de producción, se debe hacer con los equipos de protección personal para los trabajadores y visitantes.

3.3. El personal encargado de la ejecución debe estar calificado y autorizado para el desarrollo de las actividades.

3.4. El responsable de la ejecución del procedimiento tiene que cumplir y realizar en orden todas las actividades obligatoriamente.

3.5. El encargado de la ejecución debe de registrar su nombre completo y su firma al final de la ejecución.

3.6. La finalización de la ejecución del procedimiento de las actividades debe ser aprobada por el Jefe de producción o por el Gerente de Producción.

3.7. El área de trabajo debe estar adecuadamente iluminada.

3.8. Todos los equipos utilizados tienen que estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.

3.9. En caso de producirse una situación de emergencia en la planta de producción de la empresa, todo el personal debe detener los trabajos y dejar en condiciones de seguridad, se desconectarán los equipos y se desplazarán a una zona segura fuera del recinto que ya está debidamente señalizado.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Actividad: Ejecución de mantenimiento preventivo de Rotomoldeadora	Responsable
<p>4.1. Revisar la temperatura del motor con el medidor láser.</p> <p>4.2. Revisar la vibración del motor con el medidor de vibraciones.</p> <p>4.3. Realizar mantenimiento a ventilador de motor, tanto la limpieza total como la medición de las revoluciones de las aspas con el estroboscopio.</p> <p>4.4. Mantenimiento general al motor.</p> <p>4.5. Mantenimiento a las cañerías por donde salen las flamas de fuego.</p> <p>4.6. Realizar limpieza general a la rotomoldeadora para evitar cualquier tipo de contaminación</p> <p>4.7. Lubricar todas las partes móviles de la máquina para una prolongada duración de los mismos.</p> <p>4.8. Realizar calibraciones y ajustes de todas las partes de la máquina.</p>	Operario

Realizado por:

Aprobado por:

5. ANEXOS

No hay anexos para este documento.

Fuente: Elaboración Propia

Figura E2: Procedimiento de ejecución de mantenimiento preventivo de la Tapera

Código: Maq-02	Responsable:	Fecha:
Título: Procedimiento de mantenimiento preventivo de la Tapera		

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones a realizar del procedimiento de mantenimiento preventivo de la Tapera.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es realizado por los operarios de la planta de producción de la empresa.

Contempla el procedimiento de actividades que se realizan dentro de la planta de producción de la compañía.

Su ámbito de desarrollo corresponde a mejoras de procesos/actividades para que la empresa sea más eficiente y requiere del compromiso y esfuerzo de todos los trabajadores.

3. CONDICIONES BÁSICAS

3.1. Las actividades se realizan necesariamente dentro de la planta de producción de la empresa.

3.2. Toda actividad realizada en la planta de producción, se debe hacer con los equipos de protección personal para los trabajadores y visitantes.

3.3. El personal encargado de la ejecución debe estar calificado y autorizado para el desarrollo de las actividades.

3.4. El responsable de la ejecución del procedimiento tiene que cumplir y realizar en orden todas las actividades obligatoriamente.

3.5. El encargado de la ejecución debe de registrar su nombre completo y su firma al final de la ejecución.

3.6. La finalización de la ejecución del procedimiento de las actividades debe ser aprobada por el Jefe de producción o por el Gerente de Producción.

3.7. El área de trabajo debe estar adecuadamente iluminada.

3.8. Todos los equipos utilizados tienen que estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.

3.9. En caso de producirse una situación de emergencia en la planta de producción de la empresa, todo el personal debe detener los trabajos y dejar en condiciones de seguridad, se desconectarán los equipos y se desplazarán a una zona segura fuera del recinto que ya está debidamente señalizado.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Actividad: Ejecución de mantenimiento preventivo de Tapera	Responsable
4.1. Revisar la temperatura del motor con el medidor láser. 4.2. Revisar la vibración del motor con el medidor de vibraciones. 4.3. Mantenimiento general al motor. 4.4. Mantenimiento de la bancada para evitar vibraciones de la máquina. 4.5. Mantenimiento de los rodamientos de la máquina. 4.6. Mantenimiento de los rodets de la máquina. 4.7. Realizar limpieza general a la tapera para evitar cualquier tipo de contaminación 4.8. Lubricar todas las partes móviles de la máquina para una prolongada duración de los mismos. 4.9. Realizar calibraciones y ajustes de todas las partes de la máquina.	Operario

Realizado por:	Aprobado por:

5. ANEXOS

No hay anexos para este documento.

Fuente: Elaboración Propia

Figura E3: Procedimiento de ejecución de mantenimiento preventivo del Termofusionador

Código: Maq-03	Responsable:	Fecha:
Título: Procedimiento de mantenimiento preventivo del Termofusionador		

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones a realizar del procedimiento de mantenimiento preventivo del Termofusionador.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es realizado por los operarios de la planta de producción de la empresa.

Contempla el procedimiento de actividades que se realizan dentro de la planta de producción de la compañía.

Su ámbito de desarrollo corresponde a mejoras de procesos/actividades para que la empresa sea más eficiente y requiere del compromiso y esfuerzo de todos los trabajadores.

3. CONDICIONES BÁSICAS

3.1. Las actividades se realizan necesariamente dentro de la planta de producción de la empresa.

3.2. Toda actividad realizada en la planta de producción, se debe hacer con los equipos de protección personal para los trabajadores y visitantes.

3.3. El personal encargado de la ejecución debe estar calificado y autorizado para el desarrollo de las actividades.

3.4. El responsable de la ejecución del procedimiento tiene que cumplir y realizar en orden todas las actividades obligatoriamente.

3.5. El encargado de la ejecución debe registrar su nombre completo y su firma al final de la ejecución.

3.6. La finalización de la ejecución del procedimiento de las actividades debe ser aprobada por el Jefe de producción o por el Gerente de Producción.

3.7. El área de trabajo debe estar adecuadamente iluminada.

3.8. Todos los equipos utilizados tienen que estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.

3.9. En caso de producirse una situación de emergencia en la planta de producción de la empresa, todo el personal debe detener los trabajos y dejar en condiciones de seguridad, se desconectarán los equipos y se desplazarán a una zona segura fuera del recinto que ya está debidamente señalizado.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

Actividad: Ejecución de mantenimiento preventivo de Termofusionador	Responsable
4.1. Revisar la temperatura del motor con el medidor láser. 4.2. Revisar la vibración del motor con el medidor de vibraciones. 4.3. Mantenimiento general al motor. 4.4. Mantenimiento de la chumacera de la máquina 4.5. Mantenimiento del termostato para mantener la temperatura adecuada de trabajo al momento de su funcionamiento. 4.6. Realizar limpieza general a la tapera para evitar cualquier tipo de contaminación 4.7. Lubricar todas las partes móviles de la máquina para una prolongada duración de los mismos. 4.8. Realizar calibraciones y ajustes de todas las partes de la máquina.	Operario

Realizado por:	Aprobado por:

5. ANEXOS

No hay anexos para este documento.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo F: Ficha de mantenimiento preventivo de Rotomoldeadora, Tapera y Termofusionador

Anexo 6: Ficha de mantenimiento preventivo de Rotomoldeadora

Ficha de Mantenimiento Preventivo						
Máquina:	Rotomoldeadora					
Código:	Maq-01					
Fecha de programación:	___ / ___ / ___					
Fecha de hoy:	___ / ___ / ___					
		¿Se realizó?				
Item	Actividad de Mantenimiento Preventivo	SI	NO	Objetivo	Tiempo	Observaciones
1	Revisar temperatura de motor			Temperatura entre 35 - 40 C°	__ : __ : __	
2	Revisar vibraciones del motor			Eliminar vibraciones anormales	__ : __ : __	
3	Mantenimiento a ventilador de motor			1500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal	__ : __ : __	
4	Mantenimiento general de motor			Revisión de placa de bornes / revisión de rodamientos	__ : __ : __	
5	Mantenimiento a las cañerías de gas			Sin fugas / sin corrosión	__ : __ : __	
6	Limpieza de rotomoldeadora			Sin suciedad / sin residuos de polietileno en interior		
7	Lubricación de partes móviles			Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	__ : __ : __	
Observaciones generales:						
Realizado por:						
Firma:			Revisado por:			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla F2: Ficha de mantenimiento preventivo de Tapera

Ficha de Mantenimiento Preventivo						
Máquina:	Tapera					
Código:	Maq-02					
Fecha de programación:	__ / __ / __					
Fecha de hoy:	__ / __ / __					
		¿Se realizó?				
Item	Actividad de Mantenimiento Preventivo	SI	NO	Objetivo	Tiempo	Observaciones
1	Revisar temperatura de motor			Temperatura entre 35 - 40 C°	__ : __ : __	
2	Revisar vibraciones del motor			Eliminar vibraciones anormales	__ : __ : __	
3	Mantenimiento de motor			2500 RPM / sin suciedad / sin ruido anormal	__ : __ : __	
4	Mantenimiento de la bancada			Precisión en posición de tanques	__ : __ : __	
5	Mantenimiento de rodamientos			Correcta fricción de los ejes	__ : __ : __	
6	Limpieza de tapera			Sin suciedad / sin manchas de grasa	__ : __ : __	
7	Lubricación de partes móviles			Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	__ : __ : __	
8	Calibración de presión y ajustes			Presión entre 2500 - 2600 Newton	__ : __ : __	
Observaciones generales:						
Realizado por:						
Firma:			Revisado por:			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla F3: Ficha de mantenimiento preventivo de Termofusionador

Ficha de Mantenimiento Preventivo						
Máquina:	Termofusionador					
Código:	Maq-03					
Fecha de programación:	__ / __ / __					
Fecha de hoy:	__ / __ / __					
		¿Se realizó?				
Item	Actividad de Mantenimiento Preventivo	SI	NO	Objetivo	Tiempo	Observaciones
1	Revisar temperatura de motor			Temperatura entre 35 - 40 C°	__ : __ : __	
2	Revisar vibraciones del motor			Eliminar vibraciones anormales	__ : __ : __	
3	Mantenimiento de motor			2500 RPM	__ : __ : __	
4	Mantenimiento de chumacera			Lubricacion en rodamiento / revisión de anillos internos / revisión de arandelas	__ : __ : __	
5	Mantenimiento del termostato			Correcto control de la temperatura / revisión de válvula interior	__ : __ : __	
6	Realizar Limpieza			Sin suciedad / sin manchas de grasa	__ : __ : __	
7	Lubricación de partes móviles			Lubricación de rodamiento, ejes, piñon, engranajes, etc.	__ : __ : __	
8	Realizar calibración de temperatura			Temperatura adecuada de fusión entre 270 - 280 C°	__ : __ : __	
Observaciones generales:						
Realizado por:						
Firma:			Revisado por:			

Fuente: Elaboración Propia

Anexo G: Indicadores de Implementación de Mantenimiento Preventivo

Anexo 7: Indicador de máquinas para mantenimiento preventivo

Código:	Responsable:	Fecha:						
Ficha técnica de Indicador								
1. Nombre: Máquinas para mantenimiento preventivo								
2. Objetivo: Conseguir que todas las máquinas de alta criticidad realicen el mantenimiento preventivo								
3. Fórmula de Cálculo: $\% \text{ máquinas para mantenimiento preventivo} = \frac{\text{Máquinas críticas para mantto preventivo}}{\text{Cantidad total de máquinas críticas}} * 100$								
4. Nivel de Referencia: <table border="1"> <tr> <td> </td> <td>Mayor a 90 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Entre 90 % - 80 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Menor a 80 %</td> </tr> </table> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. </p>				Mayor a 90 %		Entre 90 % - 80 %		Menor a 80 %
Mayor a 90 %
Entre 90 % - 80 %
Menor a 80 %							
5. Responsable de Gestión: Gerente de Producción								
6. Frecuencia de Medición: Semanal								
7. Fuente de Información: Proceso de Producción								
8. Frecuencia de Reporte: Mensual								
9. Responsable del Reporte: Jefe de Producción								
10. Usuarios: Comité de Gerencia								
11. Observaciones:								

Fuente: Elaboración Propia

Figura G2: Indicador de tiempo de disponibilidad de máquinas

Código:	Responsable:	Fecha:						
Ficha técnica de Indicador								
1. Nombre: Tiempo de disponibilidad de máquinas								
2. Objetivo: Lograr cumplir con el tiempo de disponibilidad de las máquinas								
3. Fórmula de Cálculo: $\% \text{ de tiempo de disponibilidad de máquina} = \frac{\text{Tiempo de disponibilidad de máquina}}{\text{Tiempo disponible}} * 100$								
4. Nivel de Referencia: <table border="1"> <tr> <td> </td> <td>Mayor a 95 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Entre 95 % - 90 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Menor a 90 %</td> </tr> </table> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. </p>				Mayor a 95 %		Entre 95 % - 90 %		Menor a 90 %
Mayor a 95 %
Entre 95 % - 90 %
Menor a 90 %							
5. Responsable de Gestión: Gerente de Producción								
6. Frecuencia de Medición: Mensual								
7. Fuente de Información: Proceso de Producción								
8. Frecuencia de Reporte: Semestral								
9. Responsable del Reporte: Jefe de Producción								
10. Usuarios: Comité de Gerencia								
11. Observaciones:								

Fuente: laboración Propia

Figura G3: Indicador de satisfacción de clientes internos

Código:	Responsable:	Fecha:						
Ficha técnica de Indicador								
1. Nombre: Satisfacción de clientes internos								
2. Objetivo: Lograr cumplir con la satisfacción de los clientes internos								
3. Fórmula de Cálculo: $\% \text{ de clientes internos satisfechos} = \frac{\text{Cantidad de clientes internos satisfechos}}{\text{Cantidad total de clientes internos}} * 100$								
4. Nivel de Referencia: <table border="1"> <tr> <td> </td> <td>Mayor a 95 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Entre 95 % - 80 %</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>Menor a 80 %</td> </tr> </table> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. </p>				Mayor a 95 %		Entre 95 % - 80 %		Menor a 80 %
Mayor a 95 %
Entre 95 % - 80 %
Menor a 80 %							
5. Responsable de Gestión: Gerente de Producción								
6. Frecuencia de Medición: Mensual								
7. Fuente de Información: Proceso de Producción								
8. Frecuencia de Reporte: Semestral								
9. Responsable del Reporte: Jefe de Producción								
10. Usuarios: Comité de Gerencia								
11. Observaciones:								

Fuente: Elaboración Propia