



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE MAGISTER
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

TEMA
“IMPLEMENTACIÓN DE OEE Y SMED COMO
HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN UNA
EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO”.

AUTOR
ING. IND. ALARCÓN FALCONÍ ANDRÉS HUMBERTO

DIRECTOR DE TESIS
ING. IND. ZAMBRANO SILVA DENNIS HOLGER Msc.

2014
GUAYAQUIL - ECUADOR

Autoría

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis corresponden exclusivamente al autor

Ing. Ind. Andrés Humberto Alarcón Falconí

CC 0904593142

Dedicatoria:

A Esposa, a mis Padres y a mis Hijos

Agradecimientos

A Dios el Padre Celestial por permitirme llevar a término esta Investigación

Al personal directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial por darme las facilidades para poder sustentar este trabajo.

A Plásticos del Litoral S.A. y a todas y cada una de las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

Índice General

No	Descripción	Pág.
	Prólogo	1
	CAPÍTULO I	3
	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1	Descripción de la situación	3
1.2	Formulación del problema	4
1.2.1	Delimitación del problema	5
1.2.2	Planteamiento del Problema	6
1.3	Objetivos de la Investigación	6
1.4	Justificación e importancia	7
1.5	Alcance	8
1.6	Limitaciones	8
	CAPÍTULO II	9
	MARCO TEORICO	9
2.1	Antecedentes de la Investigación	9
2.2	Fundamentación teórica	9
2.2.1	Productividad	10
2.2.2	Manufactura Esbelta “Lean Manufacturing”	11
2.3	Definiciones conceptuales del OEE	38
2.3.1	Definición de tiempo	39
2.3.2	Definición de velocidad	41
2.3.3	Definición de calidad	43
2.4	Fundamentación legal	44
2.5	Formulación de hipótesis de partida	44
2.6	Variables de investigación	44
	CAPÍTULO III	45
	METODOLOGÍA	45
3.1	Diseño de la investigación	45
3.1.1	Modalidad de la investigación	46
3.1.2	Tipo de Investigación	47
3.2	Población y muestra	47
3.3	Recolección de la Información	48
3.4	Técnicas estadísticas para análisis de la información	48
3.5	Validación y aplicación práctica	49
	CAPITULO IV	50
	PROPUESTA Y ANALISIS	50
4.1	Descripción del proceso	50
4.2	Medición de la productividad - Situación inicial	54
4.3	Pasos para la implementación del OEE	60
4.3	Análisis de la información obtenida	71

4.5	Análisis de los resultados	85
4.6	Cálculo del OEE para un periodo determinado	93
4.7	Aplicación del SMED	94
4.7.1	Análisis de la Situación Actual	96
4.7.2	Evaluación final	104
4.8	Conclusiones	108
	GLOSARIO	111
	ANEXOS	115
	BIBLIOGRAFÍA	120

Índice de Cuadros

Número	Descripción	Pág.
Cuadro 1	LAS SEIS GRANDES PERDIDAS	30
Cuadro 2	TIEMPOS PERDIDOS	62
Cuadro 3	CAUSA DE TIEMPO PERDIDO	65
Cuadro 4	DATOS DE TIEMPO PERDIDO	69
Cuadro 5	CÁLCULO DEL OEE	71
Cuadro 6	OEE CLASE MUNDIAL	72
Cuadro 7	DISPONIBILIDAD	73
Cuadro 8	ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO	75
Cuadro 9	ANÁLISIS DE LA CALIDAD	76
Cuadro 10	TIEMPOS PERDIDOS (DATOS DE LA TABLA 6)	84
Cuadro 11	TIEMPOS PERDIDOS POR CALIBRACIÓN	89

Índice de Tablas

Número	Descripción	Pág.
Tabla 1	DATOS DE PRODUCCIÓN	55
Tabla 2	RESUMEN DE DATOS	55
Tabla 3	HORAS HOMBRE UNITARIAS	56
Tabla 4	INDICE DE PRODUCTIVIDAD POR MAQUINA	58
Tabla 5	INDICE DE PRODUCTIVIDAD TOTAL	59
Tabla 6	RECOLECCIÓN DE DATOS DEL OEE	81
Tabla 7	TIEMPOS PARA CAMBIO DE ROLLOS	87
Tabla 8	EVALUACION DE DATOS	105
Tabla 9	EVALUACIÓN DE DATOS DEL ESTUDIO	107
Tabla 10	ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD	107

Índice de gráficos

Número	Descripción	Pág.
Gráfico 1	PARETO DE TIEMPOS PERDIDOS	62
Gráfico 2	PARETO DE TIEMPOS PERDIDOS TERMO FORMADORA 10525	70
Gráfico 3	TIEMPOS PERDIDOS MAYO	84
Gráfico 4	TIEMPOS PERDIDOS (GRÁFICO DE PASTEL)	85
Gráfico 5	PRUEBA DE NORMALIDAD	88
Gráfico 6	HISTOGRAMA CON CURVA NORMAL	88
Gráfico 7	DIAGRAMA DE PARETO DE CALIBRACIÓN	89
Gráfico 8	DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA CAMBIOS DE MOLDE	98

Índice de figuras

Número	Descripción	Pág.
Figura 1	FILOSOFIA LEAN MANUFACTURING	13
Figura 2	ESQUEMA KAIZEN	18
Figura 3	OEE ESQUEMA DE LA DISPONIBILIDAD	26
Figura 4	OEE RENDIMIENTO	27
Figura 5	ESQUEMA DE LA CALIDAD	28
Figura 6	OEE TOTAL	29
Figura 7	BENEFICIOS SMED	35
Figura 8	ESQUEMA SMED DE REDUCCION DE TIEMPOS	36
Figura 9	EJEMPLO DE SMED: DISTRIBUCIÓN TAREAS EN PARADA BOXES DE SAUBER.	38
Figura 10	PASOS PARA EL TERMO FORMADO DE UNA LÁMINA TERMOPLÁSTICA	51
Figura 11	MÁQUINA TERMO FORMADORA	51
Figura 12	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESCARTABLES	53
Figura 13	FORMULARIO DIDEÑADO PARA EL CÁLCULO DEL OEE	79
Figura 14	REVERSO DEL FORMULARIO OEE	80
Figura 15	FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE SMED	99
Figura 16	ANÁLISIS DE DATOS SMED	100
Figura 17	ACOPLES RAPIDOS	102
Figura 18	EJEMPLOS DE ACOUPLE RÁPIDO	103

Autor: Andrés Humberto Alarcón Falconí
Tema: “Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico”.
Director: Ing. Ind. Dennis Zambrano Silva Msc.

Resumen

En esta tesis de maestría, las herramientas OEE (Overall Equipment Effectiveness) y SMED (Single Minute Exchange of Die) fueron usadas como técnicas de Producción Esbelta o Lean Manufacturing para medir y hacer más eficiente la producción.. Se hace un enfoque de cómo se está midiendo la productividad y se propone un método mediante la utilización de un KPI adecuado y útil.

La investigación fue llevada a cabo en el área de termoformado de la empresa *Plásticos del Litoral S.A.* ubicada en la ciudad de Guayaquil. El trabajo se realizó durante los años 2013-2014. La metodología empleada está basada en la investigación descriptiva a través de la toma directa de datos reales de producción

Las conclusiones del estudio nos demuestran que el OEE unido al SMED se muestran como técnicas totalmente útiles y aplicables a cualquier máquina.

Se demuestra a través de la investigación que el OEE muestra claramente las pérdidas productivas de una máquina, y una vez identificadas, pueden ser eliminadas o reducidas por la aplicación de la técnica SMED con la consiguiente reducción de los costos de producción, a fin de lograr una mayor competitividad.

Palabras clave: OEE, SMED, Productividad, Producción Esbelta, Lean Manufacturing, KPI, Muda, Disponibilidad, Rendimiento, Calidad.

Autor: Andrés Humberto Alarcón Falconí

Tema: “Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico”.

Director: Ing. Ind. Dennis Zambrano Silva Msc.

Abstract

In this master's thesis, the OEE (Overall Equipment Effectiveness) and SMED (Single Minute Exchange of Die) tools were used as Lean Manufacturing or Lean production techniques to measure and make more efficient the production. An approach is made of how productivity is being measured and a method using a suitable and useful KPI is proposed. The research was carried out in the thermoforming area at *Plásticos del Litoral S.A.* a company in the city of Guayaquil. The methodology used is based on the descriptive research through direct real production data. The findings of the study show us the OEE joined SMED shown as completely useful and techniques applicable to the study of the productivity of any machine. Shown through research that the OEE displays clearly productive losses of a machine, and once identified, they may be eliminated or reduced by the application of the SMED technique with the consequent reduction of production costs, in order to achieve improved competitiveness.

Key words: OEE, SMED, Productivity, Lean production, Lean Manufacturing, KPI, Muda, Availability, Performance, Quality.

Ing. Alarcón Falconí Andrés Humberto
CC 0904593142

Ing. Dennis Zambrano Silva Msc
Director de Tesis

Prólogo

La manufactura industrial es uno de los mayores aportadores a la actividad económica mundial. Las Industrias deben afrontar las demandas cada vez más exigentes de los clientes adoptando métodos de producción que les permitan ser más competitivas en lo referente a calidad, servicio al cliente y costos más bajos. Para el lograr este objetivo se han desarrollado una serie de técnicas y estudios científicos. Entre ellas está la Producción Esbelta o Lean Manufacturing que a su vez es un conjunto de herramientas desarrolladas para este propósito.

El Overall Equipment Effectiveness (OEE) es una herramienta de medición usada para identificar las pérdidas de producción de una máquina, de modo que estas puedan ser revertidas utilizando técnicas de mejoramiento tales como TPM (Total Productive Maintenance), SMED, Lean Manufacturing o Six Sigma.

Este estudio se complementa con una herramienta tradicional de la Producción esbelta como es el SMED o Single Machine Exchange of Die y su manera correcta de aplicarla en el momento de hacer el alistamiento de máquinas para diferentes productos con diferentes comportamientos productivos. Se propone un método idóneo para alcanzar una mejora.

Todo lo anterior se enmarca en el afán de obtener significativos aumentos de la productividad y por ende ser más competitivos, para lo cual se plantea un método adecuado para medir la productividad de una máquina o grupo de máquinas.

Esta Tesis se ha basado en el estudio de la producción de la empresa Plásticos del Litoral S.A. En resumen se llevó a cabo un análisis de la metodología de la aplicación del OEE y SMED en uno de los procesos más importantes de la empresa.

En el Capítulo I se presenta el problema se delimita y justifica la investigación, además de determinar los objetivos de esta investigación.

En el Capítulo II muestra el Marco teórico acerca de las técnicas de Lean Manufacturing, se emite una hipótesis acerca de la investigación realizada y sus variables de estudio.

En el Capítulo III, se aborda cómo se desarrolla la investigación y las diferentes herramientas a utilizar en el análisis de la información. Se explican los pasos seguidos para llevar a cabo la investigación.

En el Capítulo IV se recopila y se analiza la información se entrega la Propuesta de la tesis en donde se definen las condiciones para implementar un estudio de OEE y cambio de molde utilizando la herramienta SMED.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la situación

Dada la imperiosa necesidad de las empresas de mejorar su competitividad, las empresas deben hacer sus mejores esfuerzos para replantear y rediseñar sus sistemas productivos para de esta manera afrontar los retos de los mercados actuales. Una de las maneras de lograr este propósito es empleando técnicas prácticas que den soporte al rediseño de estos sistemas productivos.

En la gran mayoría de plantas de fabricación se utilizan indicadores de gestión para medir la productividad de sus operaciones, si estos indicadores han sido mal contruidos sin utilizar una técnica científica darán una mala retroalimentación a los administradores los cuales serán guiados por una incorrecta proyección de resultados, peor aún si los indicadores de gestión no consideran las diferencias entre cantidad de productos entre máquinas o velocidades de desempeño, tendremos unos indicadores con mediciones alejadas de una correcta evaluación afectando por ende la productividad y el costo.

Por tanto, entender la forma de evaluar las variables de estudio para obtener un correcto diagnóstico de los procesos productivos de una instalación fabril traerá como consecuencia una mejora evidente en la productividad de la empresa.

El uso equivocado en las medidas de productividad es generalizado, pues como se verá en el marco teórico el desarrollo de este tipo de métrica es reciente en las plantas de primer mundo, como por ejemplo en Fuji Film. Se entiende que el desarrollo de indicadores debe cumplir el objetivo de registrar fielmente el desempeño de un equipo en relación a los materiales o la mano de obra empleada, y puede ser utilizado en cualquier proceso de manufactura sin importar el tipo de distribución de planta.

Para los Gerentes el incrementar la productividad es vital, debido a las exigencias del mercado, como bajos precios y menores tiempos de entrega, sumado a la fuerte competencia de compañías del medio y de los productos importados. Cuando las empresas no tienen una sana situación financiera, tomar acciones que aseguren una mejora continua en sus resultados de gestión es vital para su supervivencia.

1.2 Formulación del problema

Una vez descrito el problema en su contexto se hace necesario plantearse lo siguiente:

La base teórica que nos permita conocer formular e interpretar los indicadores de gestión dentro de una empresa de manufactura.

Determinar las variables, los procesos, equipos, y productos de interés que impacten de mayor manera los resultados y demuestren el incremento de la productividad.

Determinar los indicadores sustentados en la base teórica.

Determinar equipos de trabajo y pasos a seguir para la implementación y registro de los indicadores de gestión.

Analizar los registros y actuar sobre las causas que ocasionan la pérdida de la productividad

Comparar los resultados luego de la implementación con los registros de la etapa inicial del estudio.

1.2.1 Delimitación del problema

El presente trabajo de tesis se enfoca en una línea de producción del proceso de termo formado. Se explican los pasos a seguir para determinar un indicador de productividad adaptado al producto y a la máquina que lo está procesando. Se toma como caso de estudio una línea de producción de la Compañía Plásticos del Litoral S.A.

Debido a las características de procesamiento en las industrias del sector plástico, generalmente los productos son elaborados en equipos que llevan la materia prima hasta un producto terminado, embalado y listo para su despacho. Se debe tener en cuenta este hecho al desear aplicar esta técnica en procesos que involucren más equipos de fabricación.

Esta tesis no estudia las causas por las cuales se pueden estar usando indicadores de productividad erróneos. Más bien pretende ser una guía para las personas encargadas de ésta gestión en aras de obtener una mejora de la productividad en cada uno de sus entornos, mediante la aplicación conceptual de cómo emplear un índice adecuado que refleje la realidad de la empresa y lo más importante que sea de utilidad para la toma correcta de decisiones.

1.2.2 Planteamiento del Problema

Para definir un correcto indicador de productividad se requiere conocer por medio del Marco teórico cuáles son las técnicas especializadas que son utilizadas efectivamente por empresas con un desarrollo sostenido en el campo de la productividad.

Es necesario determinar las variables que más impacten en producción, además de elegir un producto y una línea de producción para este estudio.

Se debe formar un equipo de trabajo que conozca los conceptos que permiten el diseño de los indicadores de productividad y registrar consistentemente la evolución de los procesos.

Qué herramientas de análisis podemos utilizar para definir cuáles son las causas que más afectan el incremento de la productividad.

Por último definir las acciones para implementar y dar a conocer y mantener los nuevos indicadores de Gestión.

1.3 Objetivos de la Investigación

Objetivo general

Determinar por medio de las herramientas de Lean Manufacturing los indicadores en los procesos de producción que permitan incrementar la productividad en Planta.

Objetivos específicos

Definir cuáles son los conceptos más apropiados para desarrollar los indicadores de gestión.

Definir, interpretar y valorar las variables de mayor impacto en la productividad de la operación de la planta.

Proponer un modelo de cálculo de la productividad y planificar su divulgación e implementación, mediante el estudio del OEE.

Proponer una herramienta que defina las causas que ocasionan pérdidas o baja productividad con el uso de SMED.

Evaluar la efectividad de la implementación y la mejora continua de su utilización.

1.4 Justificación e importancia

Por todo lo anteriormente expresado, la investigación se justifica, debido a los grandes desperdicios que se presentan en las actividades de una planta industrial. En la mayoría de los casos no es fácil definir qué medir y bajo qué parámetros comparar para obtener medidas de rendimientos coherentes entre varios productos o entre equipos de similares características y diferentes rendimientos de producción. En compañías con pocos productos y una sola línea de producción la implementación de cualquier técnica de Manufactura Esbelta, es mucho más sencilla, y los resultados saltan a la vista, bajando los costos e incrementando la productividad.

En nuestro medio muy pocas empresas han emprendido la aplicación de las herramientas Lean desconociendo aspectos tales como las fortalezas y las debilidades de éstas, para el contexto práctico de aplicación, el tiempo, esfuerzo y la formación requerida, los recursos

necesarios y la posibilidad de combinación y adaptación con otras técnicas y conceptos productivos. En éste orden, el presente estudio ha aportado con la exploración y análisis de la aplicabilidad de ésta técnica.

La investigación se refuerza al aportar con un ejemplo de implementación en un producto de gran participación en ventas que permita su réplica en otras instalaciones de la empresa o en otras Compañías.

1.5 Alcance

Esta investigación puede ser utilizada en cualquier instalación industrial en que se pueda definir los componentes de mano de obra, utilización de máquinas o equipos y su porcentaje de desperdicio en el proceso productivo.

1.6 Limitaciones

Esta tesis evalúa el cumplimiento de los objetivos de acuerdo a las unidades de medida de los indicadores desarrollados en la propuesta. El incremento de la productividad se lo realiza comparando los parámetros iniciales y los parámetros finales luego de tomar las acciones de implementación. Se hace un análisis somero de los costos únicamente para demostrar la fortaleza de la técnica aplicada, pues se valoran los resultados en unidades de eficiencia de mano de obra y producto terminados en unidades de tiempo.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Alrededor del globo se están utilizando estas herramientas de análisis para la mejora de la productividad, como el caso de estudio de implementación del OEE en una Compañía de manufactura electrónica en Malasia. (Bin Ahmad, Muhammad Hafiz, 2009)

En nuestro continente, en el Perú, Miguel Palomino desarrolla el uso de las herramientas Lean Manufacturing en una empresa de envasado de lubricantes en el año 2012. (Palomino, Miguel, 2012)

En nuestro país también se ha investigado el uso de estas herramientas, la tesis Estudio para la Aplicación de las Herramientas Lean Manufacturing en la empresa Plastimec Cia. Ltda donde utiliza la metodología de Overall Equipment Effectiveness (OEE) en el año 2012. (Cevallos, 2012)

2.2 Fundamentación teórica

En ésta sección se analizará y describirá el marco teórico en el que se va a desarrollar la Tesis. Tomando como referencia la información existente en el tema se desarrollarán los siguientes puntos:

- Destacar el rol de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) como un sistema integrado de técnicas que se adoptan con el fin de lograr una mayor productividad en la industria y presentar las técnicas *SMED* y *OEE* que han sido desarrolladas como parte de la manufactura esbelta como una alternativa para utilizarse en los procesos de manufactura para el mejoramiento de los sistemas de producción.
- Resaltar el uso de una adecuada medición de la productividad para implementar indicadores de productividad idóneos.

2.2.1 Productividad

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios.

En este sentido amplio la productividad (Chase-Jacobs-Aquilano, 2005) se define como:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Para incrementar la productividad, se tratará de que la razón de salida a entrada sea lo más grande posible.

La productividad es lo que se conoce como una medida relativa; es decir, para que tenga significado se debe comparar con otra cosa.

La productividad se puede comparar en dos sentidos. En primer término, una compañía se puede comparar con operaciones similares del mismo sector o, si existen, puede utilizar datos del sector (por ejemplo, comparar la productividad de diferentes establecimientos de una misma franquicia). Otro enfoque sería medir la productividad de una misma operación a lo largo del tiempo. En este caso se compararía la

productividad registrada en un período determinado con la registrada en otro.

Algunos ejemplos de medida de la productividad serían:

$$\text{Medida Parcial} \quad \frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo}} \quad \text{O} \quad \frac{\text{Producto}}{\text{Capital}} \quad \text{O} \quad \frac{\text{Producto}}{\text{Materiales}} \quad \text{O} \quad \frac{\text{Producto}}{\text{Energía}}$$

$$\text{Medida Multifactorial} \quad \frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo}+\text{Capital}+\text{Energía}} \quad \text{O} \quad \frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo}+\text{Capital}+\text{Materiales}}$$

$$\text{Medida Total} \quad \frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} \quad \text{O} \quad \frac{\text{Bienes y servicios producidos}}{\text{Todos los recursos utilizados}}$$

2.2.1.1 Medición de la productividad

Los indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en inglés) deben estructurarse para ayudar a los administradores a predecir el desempeño económico de la compañía y detectar la necesidad de cambios en las operaciones. Las medidas financieras tales como el efectivo disponible del día y el ingreso operativo por unidad o división se utilizan junto con medidas no financieras tales como el tiempo promedio de respuesta a las llamadas de servicio, el tiempo de entrega para cumplir con los pedidos del cliente y el porcentaje de las ventas de nuevos productos. La evaluación de que tan productivamente utiliza sus recursos una empresa es la base para los KPI. (Chase, Richard B; F. Robert, 2009)

2.2.2 Manufactura Esbelta “Lean Manufacturing”

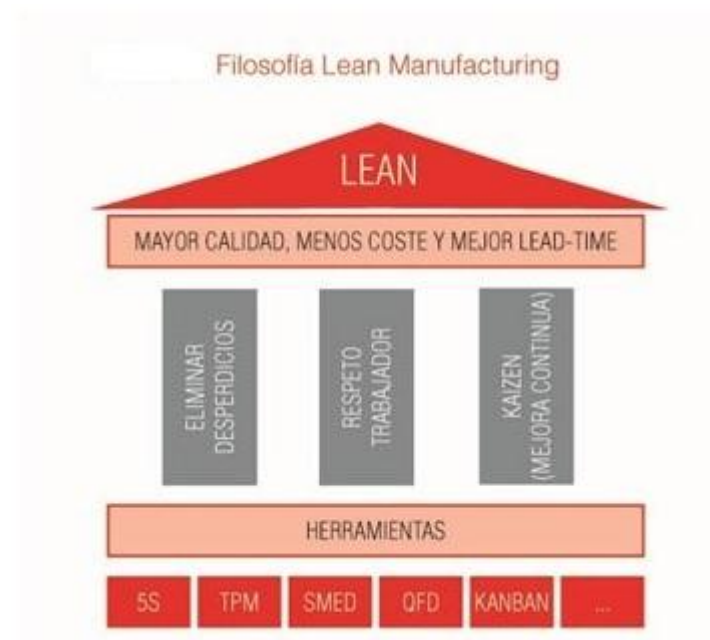
La Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) es un término amplio que se refiere al uso de las tecnologías de manufactura basadas en la maximización del valor y en la minimización del desperdicio en los procesos de producción industrial. La manufactura esbelta tuvo sus comienzos en el sistema de producción Toyota (TPS) en Japón. Muchos de sus más reconocidos términos, incluyendo Kaizen, Andon y Kanban son términos japoneses que se han vuelto términos estándares en la manufactura esbelta. (Lean Manufacturing, 2012)

El corazón de Lean es la determinación del valor. El valor es definido como un ítem o característica que el cliente está dispuesto a pagar. Todos los otros aspectos del proceso de manufactura son considerados como desperdicio. Lean Manufacturing es usado como una herramienta que enfoca recursos y energía en la producción de características con valor agregado mientras que identifica y elimina actividades con valor no agregado.

Para entender Lean es necesario comprender que Lean se enfoca en cómo pensamos en el proceso de manufactura. Lean es la codificación de un conjunto de ideas que trabajan en armonía. Identificando a los clientes y cómo ellos definen el valor Lean. Permite a las compañías y a las personas enfocar los recursos en añadir valor. Fabricando lo que el cliente demanda, disminuyendo el desperdicio y mejorando continuamente, las compañías pueden satisfacer a sus clientes, empleados y accionistas por igual.

Producir lo que el cliente demanda incluye el correcto nivel de calidad y características. La meta de una organización esbelta es poder entregar el producto exacto en la exacta cantidad con la calidad exacta que los clientes requieren y exactamente cuando ellos lo necesitan

Figura 1 FILOSOFIA LEAN MANUFACTURING



Fuente: www.improven.com

Uno de los escollos de la manufactura esbelta es entender el concepto de desperdicio. En cualquier ambiente de manufactura todos trabajan para minimizar el desperdicio. Sin embargo la manufactura esbelta define este esquema con otra visión. Tradicionalmente el desperdicio ha sido visto como un objeto. Es muy fácil guardar un recipiente e identificarlo como desperdicio. En la manufactura esbelta, el término desperdicio no solo se refiere al material físico sino más bien a la relación existente entre el recurso y el consumidor final. Por regla general, si el consumidor final no paga por algo, entonces se considera como desperdicio.

Uno de los íconos de calidad de las compañías que son realmente esbeltas es el enfoque en el mejoramiento continuo. Si bien los cambios

basados en proyectos son más generalizados, la manufactura esbelta lleva en sí mismo al cambio constante. Al ser la manufactura esbelta capaz de identificar y eliminar los desperdicios de los procesos se llega a conseguir beneficios en un corto tiempo.

Las técnicas de la Manufactura Esbelta son usadas para incrementar la productividad a través de la reducción de los costos. Al comprender como los clientes definen el valor, los costos que no añaden valor son reducidos o eliminados.

Visión Tradicional: Costo + Utilidad = Precio de Venta

En esta ecuación el costo de llegar con el producto al mercado más la utilidad determina el precio de venta de un producto. Particularmente en nuestra economía globalizada esto raramente ocurre en la práctica cotidiana, puesto que la demanda de los clientes y la competencia a menudo ponen los precios de venta, Mediante el control de los costos a través de la eliminación de las actividades que no agregan valor, un ambiente de manufactura esbelta afectará directa y positivamente al resultado final.

Visión esbelta: Utilidad = Precio de Venta – Costo

2.2.2.1 Los siete desperdicios

Tradicionalmente Lean identifica 7 áreas claves de desperdicio (Producción, Herramientas LEAN: Los siete Desperdicios, 2010) :

1. Sobre producción: Esta es una forma particularmente seria de generación de desperdicio, porque lleva a mantener excesos de inventario que a menudo son usados para ocultar otros problemas e ineficiencias.

2. Espera: Es el tiempo que el trabajo en proceso está esperando por el próximo paso en producción (no existe valor agregado).
3. Transporte: Movimientos innecesarios de materias primas, productos en proceso o productos terminados.
4. Movimiento: Innecesario movimiento de personas (Movimientos que no agregan valor).
5. Sobre proceso: Más procesamiento que el necesario para producir lo que el cliente requiere. Este es a menudo uno de los desperdicios más difíciles de detectar y de eliminar.
6. Inventario: Producto (Materias primas, trabajos en proceso o productos terminados) cantidades que son mayores a las necesidades inmediatas.
7. Defectos: Producción que es desperdicio o que requiere ser re-trabajada.

Una extremadamente importante forma de desperdicio que no es considerada dentro de los siete desperdicios es el mal uso del potencial humano. Esta forma de desperdicio resulta en toda clase de pérdida de oportunidades (Ejemplo: desmotivación, pérdida de creatividad, y pérdida de ideas).

2.2.2.2 Herramientas Lean

Lean tiene una extensa colección de herramientas y conceptos. Estas herramientas desarrollan una filosofía de Mejora Continua que permite a las compañías eliminar los desperdicios en todas las áreas, reducir sus costos, mejorar los procesos, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. (LEAN Production, 2010)

Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige alta calidad, entrega rápida a menor precio y en la cantidad requerida. Algunas de éstas herramientas son: (<http://manufactura-esbelta.wikispaces.com/Lean+Manufacturing>)

2.2.2.2.1 5S Organiza el área de trabajo

El objetivo central de las 5 S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo. Puesto que cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce. Cada S representa una palabra en japonés:

- Seiri => Seleccionar: Eliminar lo que no se necesite
- Seiton=> Todo en su lugar: Asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material necesario.
- Seiso => Super limpieza: Hacer una limpieza excepcional.
- Seiketso=> Estandarización: Establecer las nuevas condiciones como normales.
- Sitsuke => Sostenimiento: Sostener el esfuerzo para no perder lo avanzado.

2.2.2.2.2 Just in time (JIT)

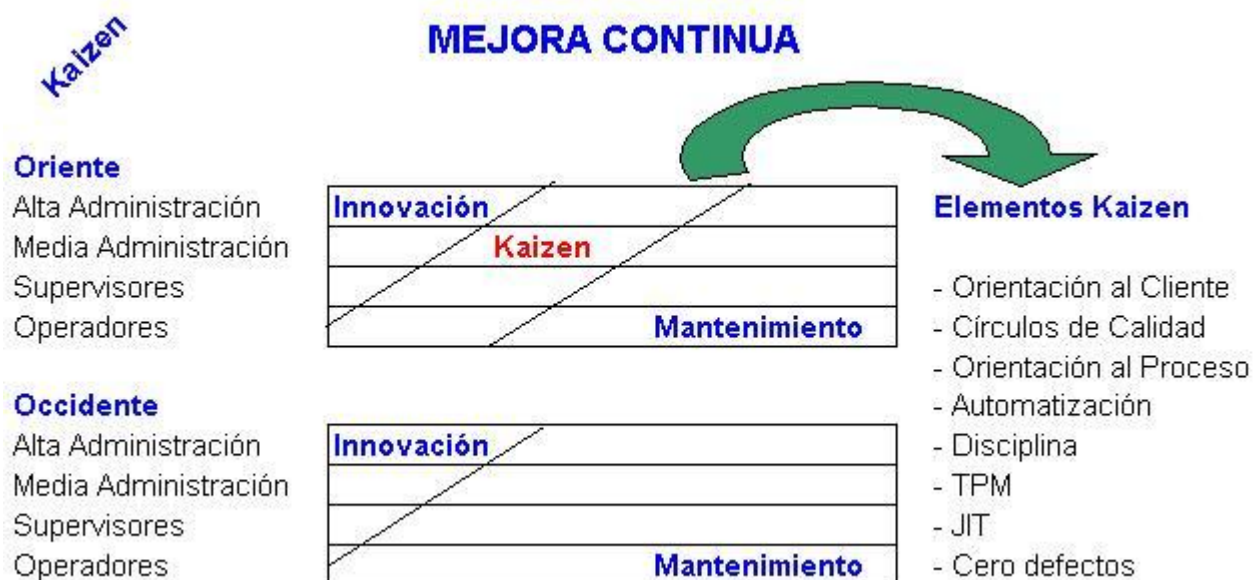
Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que éste sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en el proceso de manufactura. La producción dentro de la

célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando el inventario de la célula siguiente se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo y ha llegado una cantidad de material semejante a la entregada a la primera célula de trabajo. El **Just in Time** sigue los siguientes principios: 1. Igualar la oferta y la demanda 2. El peor enemigo: el desperdicio 3. El proceso debe ser continuo 4. Mejora Continua 5. Es primero el ser humano 6. La sobreproducción es ineficiencia 7. No vender el futuro.

2.2.2.2.3 Kaizen (Mejoramiento continuo)

Kaizen es lo opuesto a la complacencia. Es un sistema enfocado en la mejora continua de toda la empresa y sus componentes, de manera armónica y proactiva. El Kaizen surgió en el Japón como resultado de sus imperiosas necesidades de superarse a sí mismos, de forma tal de poder alcanzar a las potencias industriales de occidente y así ganar el sustento para una gran población que vive en un país de escaso tamaño y recursos. Hoy el mundo en su conjunto tiene la necesidad imperiosa de mejorar día a día. La polución ambiental, el continuo incremento de la población a nivel mundial y el agotamiento de los recursos tradicionales más fácilmente explotables, hacen necesaria la búsqueda de soluciones, las cuales sólo podrán ser alcanzadas mediante la mejora continua en el uso de los recursos en un mundo acostumbrado al derroche y el despilfarro. Kaizen se apoya sobre los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial para mejorar los procesos productivos. En sí, Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación.

Figura 2 ESQUEMA KAIZEN



Fuente: Gutiérrez Garza, Gustavo. Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones.

2.2.2.2.4 Kanban

Kanban es el uso de etiquetas que contiene información que sirve como orden de trabajo, ésta es su función principal. En otras palabras es un dispositivo de dirección automático que brinda información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo. Dentro de las principales funciones desarrolladas por la Etiqueta Kanban, tenemos:

Control de la producción.- Integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Justo a Tiempo, en el cual, los materiales llegarán en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas del proceso y si es posible incluyendo a los proveedores.

Mejora de los procesos.- Facilita la mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kanban, esto se hace mediante técnicas de ingeniería.

Los motivos para utilizar el sistema Kanban en lugar de un sistema por ordenador son los siguientes:

1. Reducción de costos en el proceso de la información.
2. Conocimiento rápido y preciso de los hechos.
3. Limitación del exceso de capacidad de los talleres anteriores.

2.2.2.2.5 KPI (Key Performance Indicator) o Indicadores claves de desempeño

Son mediciones para seguir y alentar el progreso hacia los objetivos críticos de la organización. Si los KPI's son bien establecidos en una empresa pueden ser extremadamente poderosos motores del comportamiento, por lo que es importante seleccionarlos cuidadosamente ya que ellos impulsarán a la organización hacia la meta deseada.

Los mejores indicadores clave de rendimiento de fabricación deben cumplir los siguientes requisitos:

- ¿Están alineados con los objetivos estratégicos de nivel superior? (lo que ayuda a alcanzar esas metas)
- ¿Son eficaces en la exposición y para cuantificar los desperdicios? (OEE es un buen ejemplo)
- Fácilmente se ven influidas por los empleados de planta (para que puedan ayudar a conseguir resultados)

2.2.2.2.6 TPM: Mantenimiento Productivo Total

El mantenimiento productivo total es un enfoque holístico del mantenimiento de los equipos que se esfuerza para alcanzar la producción perfecta:

- No daños
- Ausencia de paradas cortas o correr a baja velocidad
- No defectos
- No accidentes

TPM hace énfasis en el mantenimiento pro activo y preventivo para maximizar la eficiencia operacional del equipo y empodera a los operadores para que ayuden en este logro.

La implementación del programa de TPM crea una responsabilidad compartida para el equipo de trabajo que alienta al involucramiento de los trabajadores de la planta lo que lleva a un incremento sustancial de la productividad.

2.2.2.2.7 Teoría de las restricciones

La teoría de las restricciones es una metodología para enfocar los más importantes factores limitantes (Ej. Las restricciones) que están en el camino de conseguir una meta y entonces sistemáticamente mejorar la restricción hasta que ésta no sea más un factor limitante. En la manufactura una restricción es generalmente considerada como cuello de botella.

La teoría de las Restricciones adopta un enfoque científico para el mejoramiento. Considera la hipótesis de que cada sistema complejo, incluidos los procesos de manufactura, consiste de múltiples actividades vinculadas, una de las cuales actúa como una restricción sobre todo el sistema.

2.2.2.2.8 Andon

Es un sistema de retro alimentación visual para la planta que indica en tiempo real el estado del proceso de producción, emite señales de alerta cuando una asistencia es requerida y empodera a los operadores para detener la línea de producción.

Existen otras técnicas como:

- **Análisis de Cuello de Botella** que identifica qué parte del proceso de manufactura limita el rendimiento total y mejora el rendimiento de esa parte del proceso.
- **Flujo continuo**.- Cuando el trabajo en proceso de una fabricación fluye constante y ordenadamente con mínimas (o sin) interrupciones entre los pasos del proceso de manufactura.
- **Gemba (El lugar real)**.-La filosofía que nos recuerda estar fuera de nuestras oficinas y pasar el tiempo en la planta, el lugar donde la real acción está ocurriendo.
- **Heijunka (Nivel de programación)**.-Una forma de programación de producción cuyo propósito es fabricar en muchos pequeños lotes en secuencia (mezclando) de varios productos dentro del mismo proceso.

2.2.2.2.9 OEE: Desempeño total del equipo (Overall Equipment Effectiveness)

Marco para la medición de la pérdida de productividad durante un proceso de fabricación dado. Hace un análisis de tres categorías de pérdidas:

- Disponibilidad
- *Rendimiento*

- Calidad

Proporciona un punto de referencia / línea de base y un medio para medir el progreso en la eliminación de los desperdicios de un proceso de fabricación. Un OEE de 100% significa producción perfecta (es decir que se fabrican únicamente partes buenas, lo más rápido posible, sin tiempo de inactividad).

2.2.2.2.9.1 Origen del OEE (OEE Foundation, 2010)

El OEE fue descrito originalmente como un componente de la metodología TPM (Total Productive Maintenance) en el libro de Seiichi Nakajima “TPM tenkai”. (Total Productive Maintenance, 1982)

A finales de los años 80 el concepto de TPM se volvió ampliamente conocido en el mundo occidental. Alrededor de la misma época, en Europa, Fuji Photo-Film hizo la más grande inversión que nunca antes lo hubiera hecho fuera del Japón, construyendo 3 fábricas en Holanda. El gran desafío para las tres factorías era: “Producir con cero defectos y cero pérdidas usando los principios japoneses en un ambiente occidental”. Esta fue la primera vez que los conceptos de TPM y Lean fueron extensivamente aplicados fuera del Japón. El director de la Fuji Steven Blom lo resume de la siguiente manera: “Medir el OEE y eliminar los desperdicios, usando Pequeños grupos de Actividades” (Blom, 2012)

Alrededor de 1995, la industria de semiconductores SEMATECH publica “Semiconductor Manufacturing Productivity Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guidebook” con lineamientos para la implementación del OEE en la fabricación de semiconductores. (Sematech, 1995)

A finales de los años 90 Arno Koch trabajó junto con los editores y autores de Productivity Press, publicando “OEE Toolkit” y “OEE for operators”. Estas publicaciones lograron que el OEE fuese accesible y factible para los departamentos de producción de muchas compañías occidentales. (Koch, OEE Toolkit and OEE for Operators, 1999)

En respuesta a varias empresas multinacionales que utilizaban el OEE Koch inició en el 2001 la “OEE Industry Standard Endeavour” que resultó en “OEE Industry Standard” ofreciendo desde entonces definiciones y estándares para las empresas manufactureras alrededor del mundo. (OEE Industry Standard Endeavour, 2001)

En el mismo año 2001 Bob Hansen escribió su “Overall Equipment Effectiveness” intentando clarificar los pasos para la curva de aprendizaje efectiva para el OEE con énfasis en el mantenimiento y la confiabilidad. (Hansen, 2001)

En Alemania en la Ansbach University of Applied Technology, el Prof. Dr. Constantin May inició en el 2006 el “Centre of Excellence for TPM (CETPM). Los cursos de OEE se volvieron un estándar en su pensum; En los cursos de capacitación de los instructores de TPM estos son entrenados en forma sistemática en la aplicación del OEE. (May, 2006)

Mientras tanto el OEE está siendo usado en virtualmente cualquier clase de producción.

2.2.2.2.9.2 Estándar del OEE en la Industria

La historia de la creación de estándares en la aplicación del OEE se remonta al comienzo de los años 90 cuando durante la implementación de Lean/TPM se observaron algunas diferencias en lo que tiene que ver

con la correcta interpretación de los términos empleados en su aplicación. Fue así como se pensó en tratar de integrar todas las definiciones del OEE dentro de un estándar que garantizará que por lo menos dentro de la misma compañía todos usen el OEE de la misma manera. (Koch, www.oeerindustrystandard.com, 1990)

De acuerdo a Arno Koch y su equipo de investigación para el establecimiento de éstas normas se investigaron datos de más de 1000 máquinas en muchos diferentes ambientes y se buscaron patrones.

1. Todos los nombres más o menos iguales se renombraron y se agruparon en forma lógica.
2. A los elementos ambiguos se les dio una clara definición.
3. Cada nueva definición encontrada acerca del tiempo fue asignada a uno de los principales grupos: “Producción”, “Fallas”, “Inactividad” o “No programada”
4. De acuerdo a Koch el objetivo era tener una definición disponible de los estándares del OEE donde cada definición es acompañada con una razonable y fuerte argumentación que difícilmente pudiera ser refutada dentro del espíritu del TPM y Lean Manufacturing.
5. Estas definiciones fueron publicadas en Internet y son de libre acceso para todo el que tenga interés. (OEE Industry Standard Foundation, 1999)

2.2.2.2.9.3 Cálculo del OEE

La base del cálculo del OEE es tan simple como brillante; en una mano asume una capacidad máxima teórica y en la otra la actual salida o producción. El OEE no solo proyecta las pérdidas entre estos dos puntos de manera clara e inequívoca, sino, lo más importante es que es totalmente entendible para todo el equipo involucrado, tales como

operadores, supervisores, personal técnico, ingenieros, etc. (OEE Industry Standard Foundation, 1999)

Hasta donde se conoce el OEE es el único indicador de producción con un efecto de balance (que normalmente solo encontramos en el mundo de las finanzas). Si alguna cosa es “olvidada” o “exagerada”, una diferencia aparecerá en algún otro lugar. En adición el cálculo del OEE combina los factores de **Tiempo, Velocidad y Calidad** de una manera útil y responsable.

En pocas palabras el cálculo del OEE plantea tres preguntas:

Disponibilidad: ¿está la máquina operando o no?

Si la máquina está sacando productos mientras está disponible para el equipo de producción, entonces la máquina está corriendo. En éste punto no sabemos si el producto que está saliendo es bueno o no, tampoco sabemos nada acerca de la velocidad de la máquina. (Todo lo que sabemos es que está corriendo).

La “tasa de disponibilidad” (figura 3), indica la relación existente entre el tiempo teórico en que la máquina pudo haber estado en operación (había demanda) y el tiempo que realmente estuvo disponible u operando. Si la máquina entrega 360 minutos de operación (independiente de su velocidad y calidad) durante un turno de 8 horas (= 480 minutos), entonces la tasa de disponibilidad es:

DISPONIBILIDAD: $360 / 480 = 75\%$
--

Figura 3 OEE ESQUEMA DE LA DISPONIBILIDAD

DISPONIBILIDAD	A	TIEMPO POTENCIAL DE PRODUCCIÓN	
	B	TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • PERDIDA DE DISPONIBILIDAD • DAÑOS • ESPERA • CAMBIOS DE TRABAJO • FALLA EN EL SUMINISTRO O TRANSPORTE

Fuente: OEE Industry Standard

En otras palabras 25% del tiempo disponible es “pérdida”

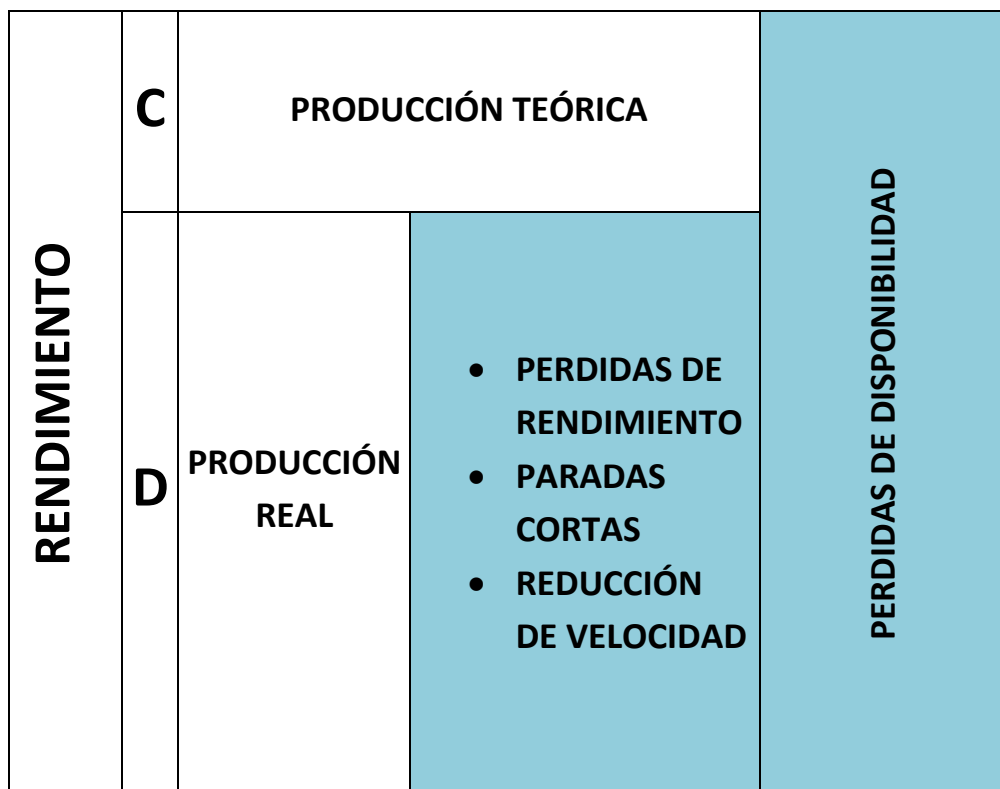
Con respecto al tiempo que la máquina esta en operación (En éste caso el 75% del turno), OEE ahora se plantea la segunda pregunta:

Rendimiento: ¿cuán rápido está la máquina corriendo?

Supongamos que la máquina está diseñada para producir 10 piezas por minuto, en cuyo caso esperaríamos obtener una producción de 3600 piezas después de 360 minutos, lo cual solo sería posible si la máquina trabaja al 100% de su velocidad.

El rendimiento se muestra en la figura 4.

Figura 4 OEE RENDIMIENTO



Fuente: OEE Industry Standard

Si una máquina opera 360 minutos con una velocidad de producción de 10 piezas por minuto, tenemos una producción teórica de $360 \times 10 = 3600$ piezas. Si la producción real es de 2880 piezas (buenas + malas), entonces el rendimiento sería:

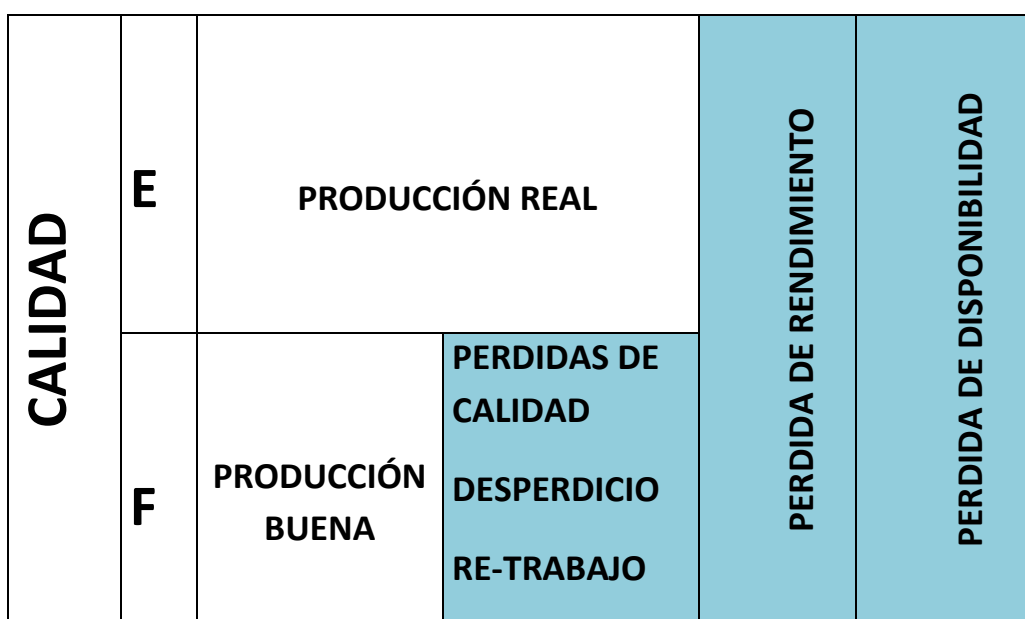
RENDIMIENTO: $2880 / 3600 = 80\%$

La máquina pudo haber operado a la máxima velocidad pero produjo productos que no cumplieron con la especificación. Cuando conocemos cuánto tiempo trabajó la máquina y cuán rápido corrió, la siguiente pregunta es:

Calidad: ¿Cuántos productos cumplieron con las especificaciones?

Una vez que hemos medido el tiempo y las pérdidas de velocidad, enfocamos nuestra atención en la calidad de los productos que estamos produciendo. La relación entre el número de unidades producidas y el número de unidades producidas que cumplen con las especificaciones se llama la “tasa de calidad”. Figura 5

Figura 5 Esquema de la calidad



Fuente: OEE Industry Standard

Cuando se ordenan las respuestas a las tres preguntas, el cálculo del OEE se muestra en la figura 6. El OEE es calculado multiplicando la tasa de disponibilidad, la tasa de rendimiento y la tasa de calidad:

$$(B / A) \times (D / C) \times (F / E) \times 100\%$$

Figura 6 OEE TOTAL

DISPONIBILIDAD	A	TIEMPO POTENCIAL DE PRODUCCIÓN (480 MINUTOS)	
	B	TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN (360 MINUTOS)	PERDIDA DE DISPONIBILIDAD DAÑOS ESPERA/CAMBIO DE TRABAJO RESTRICCIÓN DE LA LINEA
RENDIMIENTO	C	PRODUCCIÓN TEÓRICA: 360 MIN X 10 ARTÍCULOS 3600 ARTÍCULOS	
	D	PRODUCCIÓN REAL 2880 ARTÍCULOS	PERDIDAS DE RENDIMIENTO PARADAS CORTAS REDUCCIÓN DE VELOCIDAD
CALIDAD	E	PRODUCCIÓN REAL 2880 ARTÍCULOS	
	F	PRODUCTO BUENO 2736 UNIDADES	PERDIDAS DE CALIDAD DESPERDICIO RE-TRABAJO
		PERDIDA DE EFECTIVIDAD	

Fuente: OEE Industry Standard

En el ejemplo:

Disponibilidad = $B/A = 360/480 = 75\%$

Rendimiento = $D/C = 2880 / 3600 = 80\%$

Calidad = $F/E = 2736 / 2880 = 95\%$

$$\text{OEE} = 75\% \times 80\% \times 95\% = 57\%$$

De aquí surge lo que el OEE considera como las Seis Grandes pérdidas:

Cuadro 1.

Cuadro 1 LAS SEIS GRANDES PERDIDAS

Tipos de Pérdidas	Las Seis Grandes Pérdidas
Pérdidas de Disponibilidad (=Pérdida de tiempo de producción)	1. Máquina dañada 2. Esperas
Pérdidas de Rendimiento (=Pérdida de velocidad)	3. Paradas menores 4. Reducción de velocidad
Pérdidas de Calidad (=Pérdida de la adecuada calidad del producto)	5. Desperdicio 6. Re-Trabajo

Fuente: Gutiérrez Garza, Gustavo. *A tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones*.

2.2.2.2.9.4 Breve descripción de los diferentes enfoques en la Industria (OEE Industry Standard Foundation, 1999)

Muchas de las partes involucradas en el estudio de productividad de las plantas industriales tales como equipos de producción, gerentes de planta, pueden tener visiones diferentes cuando se habla de efectividad o eficiencia.

En la literatura tradicional estas definiciones no siempre son consistentes, pero es posible calcular diferentes índices que representan

estas diferentes visiones. Si bien estas definiciones van más allá del alcance del OEE es necesario tener un marco claro dado que esto determina como definir ciertas categorías dentro del OEE.

OEE Solitario:

El OEE solitario es aplicable en situaciones donde el equipo monitoreado tiene un vínculo técnico con otros equipos o procesos. De ésta manera el equipo es parte integrante de una línea. La efectividad de este equipo es parcialmente dependiente de factores como balance de línea de efectividad de otros equipos. Para este propósito el OEE debe ser enfocado en el equipo, independientemente de lo que suceda en la línea

OEE

OEE es la visión por defecto de un equipo de producción. Muestra la relación entre la máxima producción teórica y de buena calidad durante el tiempo de corrida vs la producción real de buena calidad. El tiempo de corrida puede ser menor que el tiempo de operación dado que el equipo puede estar sin programa durante el tiempo de operación reduciendo de esta manera el tiempo de corrida. El tiempo de corrida sería potencialmente el tiempo que la máquina pudo haber estado corriendo.

Los cambios de trabajo, interrupciones, mantenimiento son todas ellas pérdidas potenciales que deben ser reducidas; la máquina está esperando por algo por lo que este tiempo es muerto y no “sin programa”. La razón principal de una máquina sin programa es la ausencia de demanda.

OEE Top

OEE Top es igual al OEE excepto en la manera en que el rendimiento es calculado. En el OEE Top la relación del rendimiento es calculado sobre la base de velocidad de diseño de la máquina, ignorando de esta manera las restricciones debido a la combinación producto-máquina. Es usado para calcular pérdidas de efectividad debidas a la asignación de productos o la mezcla seleccionada de productos.

Efectividad de las operaciones:

La efectividad de las operaciones va más allá de la visión del equipo de producción (Mantenimiento, Operador, Supervisor). Incluye el tiempo de las operaciones en el que el equipo no está disponible para el Departamento de producción o cuando la Gerencia de Operaciones no quiere o no puede programar este equipo. Ejemplos de estas situaciones son la falta de pedidos o restricciones legales como feriados obligatorios o pruebas para nuevos productos o para investigación y desarrollo.

Utilización de los Activos:

El porcentaje del tiempo total (calendario) que el equipo corre.

Utilización Neta (=TEEP=Total Effective Equipment Perfomance)

La utilización neta refleja el último mejoramiento potencial. Es la relación entre el tiempo calendario total y el tiempo efectivo real de producción (o la cantidad teórica máxima de productos buenos vs la cantidad real de productos buenos que se han producido durante ese tiempo). En algunas publicaciones se puede encontrar la misma definición con el nombre de TEEP; *Total Effective Equipment Perfomance* Utilización de la capacidad (=Gross Utilization):

La capacidad de utilización refleja la relación entre el tiempo calendario total y el tiempo de corrida. Muestra el potencial oculto de las operaciones. Ej: la diferencia entre tres y cuatro turnos.

2.2.2.2.10 SMED (Single Minute Exchange of Die) Cambio rápido de trabajo

Esta herramienta fue desarrollada para acortar significativamente los tiempos de cambios de trabajo o alistamiento de las máquinas, logrando de esta manera producir lotes más pequeños. La esencia del SMED es convertir la mayor cantidad posible de actividades internas a externas, esto es ejecutarlas cuando la máquina está trabajando.

Objetivos de SMED

- Pequeños lotes de producción.
- Costos de producción más bajos.
- Programa de producción más flexible.
- Disminuir los niveles de inventario.
- Cambio de molde en menos de 10 minutos

Aproximación en 3 pasos

1. Eliminar el tiempo externo

La mayor parte del tiempo se desperdicia por la falta de planificación para ejecutar un cambio de trabajo. Deben planificarse las tareas para reducir el tiempo con una adecuada secuencia de las actividades involucradas en el cambio, así como cuantas y que personas intervendrán, además de las herramientas necesarias para el propósito. El objetivo es transformar en un evento sistemático el proceso, no dejando nada al azar.

2. **Estudiar los métodos y practicar**

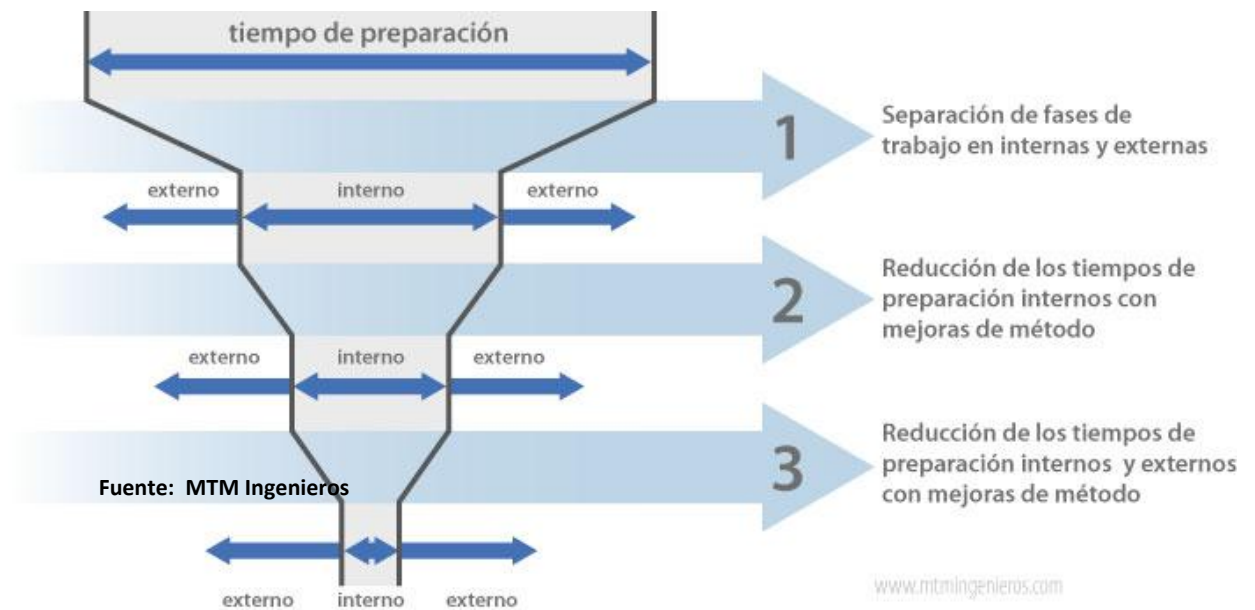
El estudio de tiempos y métodos permitirá encontrar el camino más rápido y mejor para encontrar el tiempo interno remanente. Las tuercas y tornillos son unos de los mayores causantes de demoras. La unificación de medidas y de herramientas permite reducir el tiempo. Duplicar piezas comunes para el montaje permitirá hacer operaciones de forma externa ganando este tiempo de operaciones internas.

Para mejores y efectivos cambios de modelo se requiere de equipos de gente. Dos o más personas colaboran en el posicionado, alcance de materiales y uso de las herramientas. La eficacia está condicionada a la práctica de la operación. El tiempo empleado en la práctica bien vale ya que mejoraran los resultados.

3. **Eliminar los ajustes**

Implica que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones. Se busca recrear las mismas circunstancias que la de la última vez. Como muchos ajustes pueden ser hechos como trabajo externo se requiere fijar las herramientas. Los ajustes precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios estándares.

Figura 7 BENEFICIOS SMED



Fuente: MTM Ingenieros

Beneficios de SMED: (figura 7)

1. Lotes de producción más pequeños.
2. Reducir inventarios.
3. Procesar productos de alta calidad.
4. Reducir los costos.
5. Tiempos de entrega más cortos.
6. Ser más competitivos.
7. Tiempos de cambio más confiables.
8. Carga más equilibrada en la producción diaria

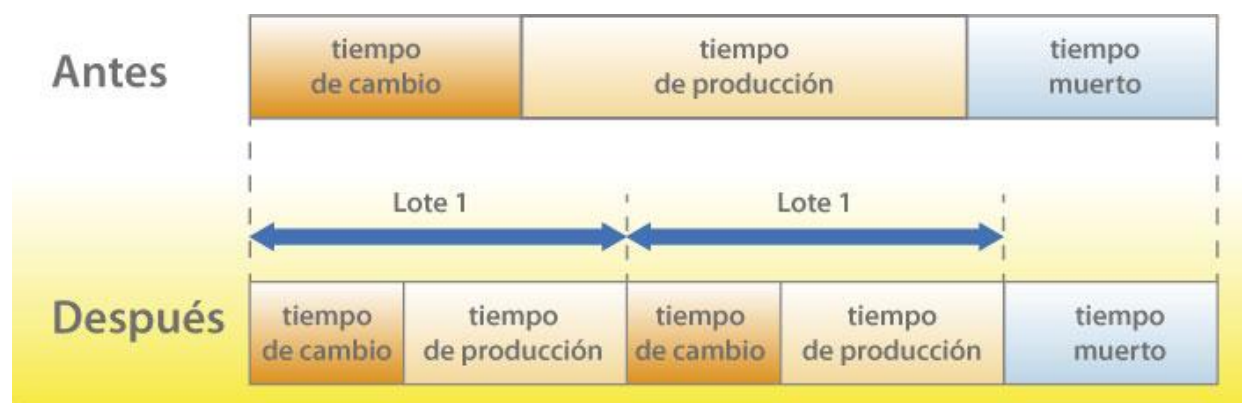
SMED (Single-Minute Exchange of Die)

El SMED es una colección de técnicas para reducir significativamente el tiempo que toma un cambio de trabajo. SMED fue desarrollada en sus

inicios por Shigeo Shingo, un Ingeniero Industrial japonés. Shingo es conocido por la técnica SMED que desarrollaremos con detalle a continuación, pero también por ser una eminencia en el mundo de la calidad. Sentó las bases del ZQC (Zero Quality Control) que propugna la eliminación de la no-calidad en el origen y relacionado con ello, inventó la utilización de los poka-yokes, que son mecanismos que hacen imposible la generación de errores en los procesos productivos.

"El SMED hace posible responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricación. Ha llegado el tiempo de despedirse de los mitos añejos de la producción anticipada y en grandes lotes. La producción flexible solamente es accesible a través del SMED".
(Shingo, 2002)

Figura 8 ESQUEMA SMED DE REDUCCION DE TIEMPOS



Fuente: MTM Ingenieros

La técnica SMED (figura 8) sigue los siguientes pasos:

- Observar y entender el proceso de cambio de trabajo

- El proceso de cambio de trabajo empieza desde la última unidad buena producida del lote anterior hasta la primera pieza correcta del siguiente lote. En este paso realizamos una minuciosa observación para conocer de qué manera se lleva a cabo el proceso de cambio de trabajo.
- Identificar y separar las operaciones externas e internas
- Se entiende por operaciones externas las que se llevan a cabo con la máquina en funcionamiento, mientras que las operaciones internas son las que se realizan con la máquina parada. Esta etapa es muy provechosa para alcanzar avances significativos
- Convertir las operaciones internas en externas
- En esta etapa las operaciones internas pasan a ejecutarse fuera del tiempo de cambio y de esta manera se reduce el tiempo total del cambio. Los elementos
- Optimizar todos los aspectos de la preparación
- El objetivo es disminuir drásticamente los tiempos empleados tanto en las operaciones internas cuanto en las externas.
- Crear un procedimiento que sirva como estándar para que se pueda mantener a través del tiempo mediante el uso de videos, archivos, etc.
- En el corto plazo los costos de producción bajan al disminuir los tiempos perdidos y al volverse más fluidos los cambios de trabajo, así como también se logra una mejora el OEE de los equipos.
- A largo plazo y con una adecuada programación de la producción, se pueden producir lotes más pequeños mejorando así la respuesta a la demanda de los clientes y se mantienen bajos niveles de inventario en proceso y de producto terminado.

Mucha de las técnicas usadas por los “pit crews” son similares a las técnicas usadas en SMED. (Figura 9)

Figura 9 EJEMPLO DE SMED: DISTRIBUCIÓN TAREAS EN PARADA BOXES DE SAUBER.



Fuente: Comunidad FormulaF1.es

2.3 Definiciones conceptuales del OEE (OEE Industry Standard)

A continuación se tratan las definiciones conceptuales que involucran las medidas de tiempo, velocidad y calidad dentro del proceso de producción. Estos conceptos deben ser transmitidos a todos los integrantes del grupo de trabajo que va a implementar el cálculo del OEE. (OEE Industry Standard)

2.3.1 Definición de tiempo

Para calcular la disponibilidad del equipo, el tiempo es categorizado en las siguientes definiciones:

- **Producción:** Una máquina está corriendo cuando hay salida de producción, independientemente de la cantidad o calidad.

Falla: Cuando el equipo no está en condiciones de producir porque está dañado o con una falla técnica.

- **Espera:** Cuando existe alguna razón de tipo organizacional por la que el equipo no corre. Cuando el equipo está técnicamente OK pero tuvo que esperar de cualquier modo. Cuando la máquina para y tiene que esperar por algo y luego puede continuar corriendo.
- **Restricción de línea:** Cuando hay alguna razón de tipo logístico por la cual el equipo estuvo parado. La máquina está apta para funcionar, pero no puede hacerlo debido a que no recibe entrada de algún proceso anterior, o tiene problemas a la salida de la producción debido a problemas en algún lugar adelante en el flujo continuo de producción
- **Parada programada:** Cuando las actividades que normalmente pudiesen haberse hecho durante el tiempo de corrida, pueden algunas veces programarse fuera de este tiempo. En una operación de dos turnos la máquina podría ser limpiada durante la noche o el fin de semana en ausencia del personal de operación de ella.
- **Mantenimiento preventivo** podría llevarse a cabo en el momento en que la máquina no estuvo programada. En una operación de tres turnos de lunes a viernes, el mantenimiento preventivo podría ser

programado durante el fin de semana para no afectar el tiempo de corrida de la máquina. Pero hacer esto tiene serias desventajas.

La actividad es necesaria para ejecutar el programa de producción por lo tanto no puede ser saltada. Esto significa que el OEE es artificialmente alto. Cuando por razones de demanda más capacidad de producción se hace necesaria, estas actividades automáticamente caerán dentro del tiempo de corrida y el OEE caerá a su valor real.

Generalmente fuera del tiempo de corrida no hay presión para tener la máquina corriendo, esto podría resultar en una disminución del rendimiento de la actividad programada fuera del tiempo de corrida. No es muy claro en el OEE el efecto de que haciendo más mantenimiento preventivo ocurrirán menos fallas.

Es aconsejable registrar todas las actividades relacionadas con la máquina y que son necesarias para ejecutar la programación, como dentro del tiempo de corrida, independientemente del turno normal de operación. De ésta manera el mantenimiento preventivo sería tiempo de espera y el OEE bajaría.

Sin embargo si se decide no hacerlo de esta manera, es importante registrar todos los tiempos en los que la máquina ha sido programada para una actividad fuera de los tiempos de corrida. De esta manera las potenciales pérdidas pueden ser identificadas y hechas visibles.

- **Parada No programada:** Cuando el equipo no estuvo programado para correr en lo absoluto. Cuando no hay programación para el turno de trabajo. El equipo está parado por razones que van más allá de las atribuciones del equipo de producción. Todo el tiempo que la máquina no ha sido usada para la operación, mantenimiento, limpieza, etc.

El OEE típicamente registra todos los tiempos del turno de trabajo que ha sido programado, todos los tiempos perdidos (planeados y no planeados), todo el tiempo de las paradas programadas y todo el tiempo gastado fuera del tiempo del turno programado.

El tiempo sobrante es [Parada programada] y no necesita ser registrada para calcular el OEE. Sin embargo estos datos del OEE pueden ser usados para calcular la utilización de los activos, TEEP, Efectividad de las operaciones, etc. Para visualizar las pérdidas debido a las paradas programadas del equipo, pueden registrarse los motivos para la no programación.

2.3.2 Definición de velocidad

Para calcular la tasa de rendimiento (performance), la máxima velocidad teórica es relacionada con la velocidad real.

La máxima velocidad teórica probablemente no sea alcanzable. La meta de la tasa de rendimiento es visualizar todo el potencial, independientemente si esto es considerado como alcanzable o realístico. Lo que es alcanzable aún no ha sido descubierto; encontrarlo es una de las metas de los equipos Kaizen.

El máximo teórico está basado en limitaciones físicas (que no pueden ser logrados sin cambiar el proceso), más bien que en límites “prácticos” o “técnicos” (que pueden ser manejados por los equipos Kaizen)

Tiempo versus Cantidad:

La máxima velocidad puede ser calculada en tiempo o en número de productos. Ej.;

- Máxima velocidad es 10 segundos por producto
- Máxima velocidad es 6 productos por minuto
- Sin embargo, dado que el OEE es una herramienta de planta y la gente de planta prefiere hablar de unidades producidas en vez del tiempo que se ha tomado para producir una unidad, es preferible registrar la velocidad en unidades y no en tiempo.

Máxima Velocidad

La máxima velocidad puede ser determinada por la placa de la máquina o la velocidad de diseño de la máquina.

Sin embargo en la mayoría de los casos hay varios productos o grupos de productos en una máquina con su propia velocidad máxima. En tales casos hay que tener mucho cuidado en la no inclusión de pérdidas escondidas en la máxima velocidad debido a los “productos difíciles” los cuales pueden referirse a “productos para los cuales no controlamos el proceso”

Capacidad de diseño Name Plate Capacity (NPC)

La NPC no debería ser tomada como carta abierta. Más de una vez se ha descubierto que es una forma para incluir toda clase de pérdidas escondidas.

El Estándar

El estándar es la máxima velocidad teórica para un producto en una máquina; de ésta manera la tasa de rendimiento (performance) nunca excederá del 100%. La velocidad teórica máxima para una combinación producto-máquina es llamada el Estándar.

Un 100% de OEE es igual a la máxima capacidad teórica de la máquina. Tan pronto como la tasa de rendimiento supere el 100% es señal de que el estándar es demasiado bajo. Con un estándar bien definido la tasa de rendimiento NUNCA excederá del 100%, a menos que el producto o la máquina tengan cambios fundamentales.

2.3.3 Definición de calidad

Produciendo calidad significa:

Producir un producto que cumpla TODAS las especificaciones, no tratando de hacerlo más de una vez sino a la PRIMERA VEZ BIEN.

Especificaciones

- Las especificaciones con un valor fijo tienen cero tolerancias contra ese valor.
- Las especificaciones dentro de un rango, permiten una variación natural dentro de esos límites.
- Todas las desviaciones estándar reunidas en cualquier combinación producirán un producto final correcto.
- Los productos que no cumplen con la totalidad de las especificaciones pero que todavía podrían venderse en algún sector del mercado no fueron fabricados bien la primera vez por lo tanto deben considerarse como desperdicio.
- Si los productos no cumplen con sus especificaciones pero pueden ser re trabajados, en términos de OEE son considerados como desperdicio.
- En términos de OEE, el desperdicio, re trabajo y productos fuera de especificación son lo mismo: No fueron “bien hechos desde la primera vez”; por lo tanto se consideran como pérdida.

2.4 Fundamentación legal

Como se expresa en el Marco Teórico la aplicación de las técnicas de Lean manufacturing como el OEE es de uso libre y de divulgación en todos los ambientes laborales, por tanto no existe impedimento para su uso.

2.5 Formulación de hipótesis de partida

En base a lo anteriormente se expone, que el propósito de la investigación es:

Determinar la aplicabilidad del OEE, y SMED para el análisis y desarrollo de mejoras en el sistema productivo, por lo que debemos fijar una hipótesis inicial la misma que servirá de base para evaluar los resultados obtenidos de la aplicación de ésta herramienta.

Hipótesis: Con la aplicación e implementación de las técnicas del OEE, y SMED en la empresa de Estudio se obtendrá un incremento de la productividad al menos en un 20% en relación al uso de la mano de obra y la obtención del producto terminado.

2.6 Variables de investigación

Se consideran las variables dependientes como los indicadores de gestión o KPI.

Las variables independientes son todas aquellas que intervienen en los procesos de producción. También se consideran los O.E.E. de productividad como variables dependientes o de resultado.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la investigación

Se adopta un programa de tipo secuencial, esto es que debemos cumplir primero la etapa precedente antes de pasar a la siguiente, partiendo de la hipótesis y propósitos anteriormente expuestos.

Los pasos del diseño de la investigación consideran definir la muestra de estudio, realizar la caracterización de las variables y sus propiedades. Se describe los procesos de interés, la máquina de estudio y se incluyen las fases de planificación, trabajos de campo y preparación del informe, cubriendo los siguientes ámbitos:

- La primera parte corresponde a la selección del equipo que va a ser objeto de estudio, a fin de analizar su entorno productivo tomando en consideración el empleo de recursos y los desperdicios generados.

- La segunda parte está dedicada a la aplicación de los 8 pasos para la implementación del OEE.
 1. Seleccionar una máquina
 2. Redactar las definiciones del OEE
 3. Diseñar un formulario para el OEE
 4. Entrenar al equipo
 5. Recoger los datos para el OEE
 6. Procesar los datos del OEE

7. Dar retro alimentación a los operadores
 8. Informar a la gerencia
- La tercera etapa se enfoca en el uso de la herramienta SMED para ayudar a mejorar el funcionamiento del equipo objeto del estudio mediante la aplicación de los siguientes pasos:
 1. Observar y entender el proceso de alistamiento de la máquina o cambio de trabajo
 2. Identificar y separar las operaciones internas y externas
 3. Convertir las operaciones internas en externas
 4. Optimizar todos los aspectos de la preparación
 5. Establecer un estándar para el nuevo procedimiento
 - La CUARTA y última parte comprende la evaluación de las técnicas OEE, y SMED partiendo de la información cuantitativa obtenida a través de la observación del proceso. Con esto podremos determinar la verdadera potencialidad del uso de estas herramientas.
 - Finalmente se validan los resultados y por medio de herramientas estadísticas se comprueba el cumplimiento de la hipótesis.

3.1.1 Modalidad de la investigación

Esta investigación recoge la información de las variables de interés con mediciones directas de la fuente, es decir, es un estudio de campo.

En cuanto a los elementos de información bibliográfica que se utilizarán para las definiciones conceptuales del OEE. Y para la estructuración de los grupos de trabajo y las fases de implementación tenemos:

- Utilización de textos, artículos, relacionados con la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental.
- Revisión de la bibliografía legal y de investigación relacionada.
- Experiencia propia en el manejo de la planta industrial y equipos de trabajo.

3.1.2 Tipo de Investigación

Este trabajo se desarrolla bajo el tipo de investigación Descriptiva para entender los procesos de elaboración de los productos, y para reconocer cuales son los procesos de interés y su impacto dentro de la productividad global de la planta.

El diseño de la investigación desde el punto de vista del investigador será del tipo no experimental con mediciones de las variables como estudio longitudinal. Este tipo de investigación es sistemática y empírica, y no se manipulan las variables de forma intencionada, se actúa sobre las causas que afectan a las variables independientes.

Esta tesis registra los valores de las variables de estudio, para evaluarlas y clasificar las causas que producen la baja productividad y luego se corrigen los efectos de estas mediante acciones tomadas que modifican las variables de interés. Se comparan los resultados para verificar la mejora en el sistema.

3.2 Población y muestra

Se toma como muestra del estudio un período de un mes de producción, en una línea de termo formado, en donde la productividad calculada con los indicadores de medición tradicionales arroja resultados de baja producción de tal manera que las expectativas de alcanzar una

sustancial mejora en el empleo de la técnica SMED junto a la medición OEE pueda ser factible de ser alcanzada.

3.3 Recolección de la Información

Se recopila información concerniente a los requisitos que solicita la técnica como fuente de datos primarios, en caso de que existan, en la empresa de estudio tenemos lo siguiente:

- Procesos de Fabricación
- Productos elaborados
- Equipos de fabricación
- Registros históricos de indicadores de Gestión.
- Plan de Producción.
- Requerimientos de Ventas.

Además de información de pruebas de Campo midiendo algunas de las variables de control en caso de que se hayan realizado en la empresa donde se aplicará el plan de implementación.

Las fuentes de datos Secundarios, obtenida por medio de la información que se encuentran en textos de consultas y artículos especializados entregados por los fabricantes de las maquinaria.

3.4 Técnicas estadísticas para análisis de la información

Para determinar cuáles son las razones que ocasionan las pérdidas en la productividad se emplearan gráficos de distribución, como el de Pareto, o diagramas de torta porcentuales. Se aplican diagramas de correlación para determinar los tiempos promedios de actividades muy repetitivas dentro del proceso.

Para evaluar y comparar los resultados de la implementación se utilizan gráficos de Pareto y para determinar las causas que afectan los objetivos de incremento de productividad se utilizan los diagramas de Ishikawa.

3.5 Validación y aplicación práctica

Esta tesis contempla la implementación y uso del OEE, en una unidad productiva dentro de la Planta. Su aplicación práctica se describe en las conclusiones en conjunto con los resultados de los análisis estadísticos.

CAPITULO IV

PROPUESTA Y ANALISIS

4.1 Descripción del proceso

Esta parte se ocupa de la selección del equipo que va a servir de modelo para el estudio y para determinar la posible aplicación a los demás equipos de las técnicas que aquí se van a emplear.

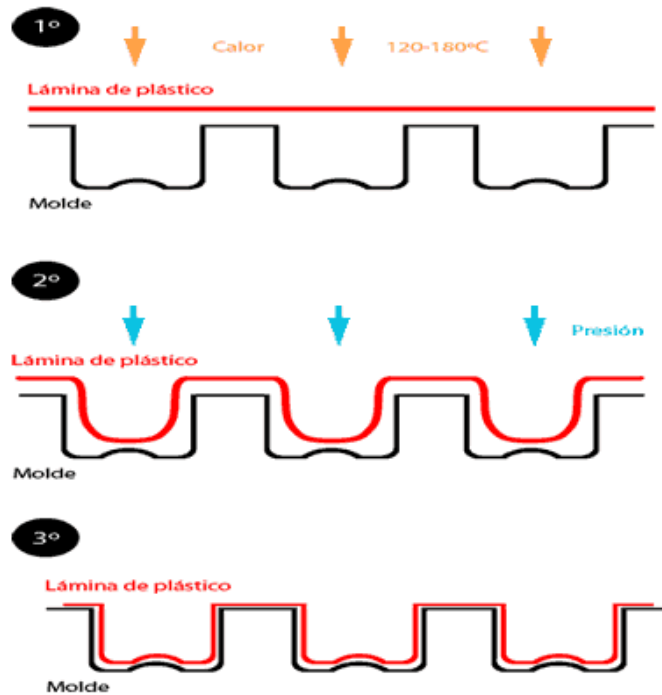
Para alcanzar este objetivo se ha escogido la sección de termo formado por ser una de las secciones en cuyo proceso de producción se encuentran inmersas actividades y recursos productivos que no necesariamente agregan valor al cliente, por lo que nos brindan una oportunidad ideal para un estudio de esta naturaleza, puesto que se pueden lograr importantes ahorros de desperdicio con el consiguiente aumento de la productividad.

El termo formado (figura 10) es un proceso utilizado para producir artículos con el uso de una lámina termoplástica rígida previamente elaborada en una maquina extrusora. El proceso básico consiste en someter la lámina a una temperatura determinada y luego se le debe dar la forma por medio de un molde específico para el producto que se requiere fabricar, luego la lámina moldeada es transportada en la misma máquina hasta una estación de troquelado donde se obtiene el producto final. (Figura 11).

Los materiales que mayormente se utilizan son: HIPS, PP, PS, PET, ABS, PEAD, PVC, OPS

En nuestro caso se utiliza PS que es expandido en el proceso de extrusión con un gas que puede ser butano, propano o Pentano. La lámina expandida se conoce con el nombre de FOAM

Figura 10 PASOS PARA EL TERMO FORMADO DE UNA LÁMINA TERMOPLÁSTICA



Fuente: KHUOs Plásticos – Qué es el Termo formado

Figura 11 MÁQUINA TERMO FORMADORA



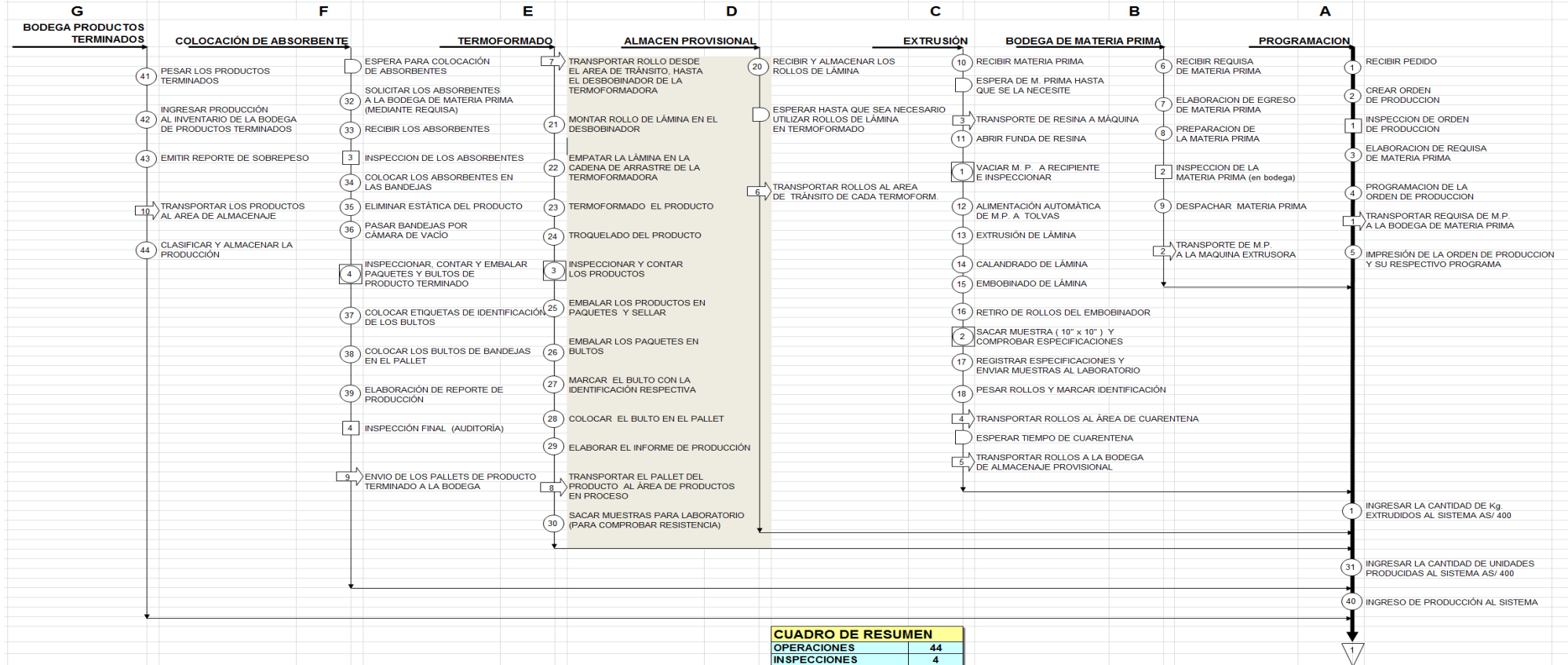
Fuente: Plastics Technology

En la figura 12 se muestra el diagrama de las operaciones de todo el proceso de la producción de productos elaborados con poliestireno expandido. Se presentan resaltadas las operaciones del proceso de Termo formado.

Figura 12 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESCARTABLES

PLASTLIT S.A.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESCARTABLE



CUADRO DE RESUMEN	
OPERACIONES	44
INSPECCIONES	4
OPERACIONES - INSPECCIONES	4
TRANSPORTE	10
DEPOSITO PROVISIONAL	4
ALMACENAJE	1

Fuente: PLASTLIT. Plásticos del Litoral S.A. 2014

Para el análisis de la productividad se ha considerado la situación actual y se han tomado los datos reales de la producción diaria misma que incluye los tiempos perdidos por diferentes causas, así como los tiempos de producción y las horas hombre y horas máquinas empleadas en un turno de trabajo en un lote de producción específico.

4.2 Medición de la productividad - Situación inicial

Actualmente se emplean los siguientes KPI's:

- Horas Hombre utilizadas
- Horas Máquina utilizadas
- Tiempos perdidos
- Kw-hora utilizados

De aquí se obtienen los siguientes indicadores de productividad:

- Unidades producidas / Horas Hombre utilizadas
- Kg producidos / horas Hombre utilizadas
- Unidades producidas / Horas Máquina utilizadas
- Kg producidos / Horas Máquina utilizadas
- Unidades producidas / Kw-Hora
- Kg producidos / Kw-Hora.

De los datos tomados de la producción de 5 diferentes productos en 5 diferentes máquina.(Tabla1).

Tabla 1 DATOS DE PRODUCCIÓN

PRODUCTO	PESO (gr)	Unidades por turno	Producción (kg)	Duración del turno (horas)	# personas	H - H	Unidades por HH	Unidades por H-Maq.	Kg/H-Maq.	Kg/HH
Repostero 5 oz	1,2	150000	180	12	5	60	2500	12500	15	3
Vianda 7 oz	11	75000	825	12	4	48	1563	6250	68,8	17,2
Vianda 8 oz	13	75000	975	12	1	12	6250	6250	81,3	81,3
Plato 10	4	75001	300	12	2	24	3125	6250	25	12,5
Contenedor 10 oz	10	50000	500	12	1	12	4167	4167	41,7	41,7

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Analizando los datos de la tabla tendremos las siguientes variaciones de productividad entre un producto y otro: (Tabla 2)

Tabla 2 RESUMEN DE DATOS

PRODUCTO	Unidades por HH	Unidades por H-Maq.	Kg/H-Maq.	Kg/HH
Repostero 5 oz	2500	12500	15	3
Vianda 7 oz	1563	6250	68,8	17,2
Contenedor 8 oz	6250	6250	81,3	81,3
Plato 10	3125	6250	25	12,5
Contenedor 10 oz	4167	4167	41,7	41,7
% Variación	400	300	542	2710

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Al analizar los índices presentados en la tabla 2 observamos que en las unidades por HH tenemos una variación porcentual de 400%, al dividir el valor más alto 6250 unidades que corresponde a la producción del contenedor 8 oz para el valor más bajo 1563 unidades correspondientes a la vianda 7 oz. El comportamiento es similar cuando se comparan los demás índices indicados en la tabla. El

problema entonces radica en seleccionar un índice de productividad que nos dé un enfoque objetivo de la productividad que estamos obteniendo en el proceso, puesto que con el enfoque actual la productividad estaría en función de que artículos estemos produciendo o de la mezcla de productos fabricados en un período determinado.

Las oscilaciones de la productividad de la forma como se están midiendo son extremadamente elevadas por lo que su uso solo sirve de forma referencial para evaluar el comportamiento de un mismo producto en una misma máquina. Tal como se expresó en el marco teórico si se tratara de un solo producto los índices utilizados serían los adecuados, pero dada la gran variedad de productos con diferentes ciclos de producción, diferente cantidad de mano de obra utilizada, y diferente peso unitario o cantidad de materia prima utilizada tenemos que encontrar la manera idónea de utilizar un índice adecuado para medir la productividad de toda la planta.

Selección de un índice de productividad

Tabla 3 HORAS HOMBRE UNITARIAS

PRODUCTO	Unidades por turno	Duración del turno (horas)	No personas	Horas Hombre	Hora Hombre por unidad
Repostero 5 oz	150000	12	5	60	0,0004
Vianda 7 oz	75000	12	4	48	0,00064
Contenedor 8 oz	75000	12	1	12	0,00016
Plato 10	75001	12	2	24	0,00032
Contenedor 10 oz	50000	12	1	12	0,00024

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

En la tabla 3 se añaden las horas hombre que se han empleado por unidad en cada uno de los productos.

El Repostero 5 oz emplea cinco veces más horas hombre en producir que el Contenedor 10 oz, pero el tiempo hombre por unidad para el Repostero 5 oz es 1,67 veces mayor que el tiempo hombre por unidad empleado para producir el Contenedor 10 oz

Hora Hombre Estándar Unitaria

Una hora Hombre (Hora Hombre Standard Unitaria, 2009) o una hora persona es una unidad de estimación del esfuerzo necesario para realizar una tarea cuya unidad equivale a una hora de trabajo ininterrumpido de un trabajador medio. Es importante observar que las horas persona no tienen en cuenta las interrupciones lógicas del trabajo y que por otra parte son necesarias para realizarlo. Por ejemplo, los descansos, la comida u otro tipo de paradas debido a funciones corporales no se tienen en cuenta. Las horas personas simplemente contabilizan el tiempo de gestión pura.

Por otra parte la *Hora Hombre Estándar* es la cantidad de trabajo que se considera puede producir una persona en una hora a un nivel de eficiencia estándar previamente determinada.

La *Hora Hombre Estándar Unitaria* es la Hora Hombre Estándar empleada para producir una unidad de un producto específico.

De ésta manera podemos obtener un KPI que pueda medir correctamente la productividad de una máquina, de un grupo de máquinas o del total de la planta considerando la mezcla de productos de producción regular.

Tabla 4 INDICE DE PRODUCTIVIDAD POR MAQUINA

Producto	Unid/turno	Velocidad estándar unitaria (sg)	Producción Estándar (Unidades)	Duración del turno (horas)	No personas	Horas Hombre	H H Std. unitaria	H-H Std.	HH Std/HH trabajada
Repostero 5 oz	150000	0,2	216000	12	5	60	0,00028	41,66667	69,40%
Vianda 7 oz	75000	0,42	102857	12	4	48	0,00047	35,0000	72,90%
Contenedor 8 oz	75000	0,43	100465	12	1	12	0,00012	8,95833	74,70%
Plato 10	75000	0,38	113684	12	2	24	0,00021	15,83333	66,00%
Contenedor 10 oz	50000	0,59	73220	12	1	12	0,00016	8,19444	68,30%

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Se describen los datos de la tabla 4.

- *Producto*: El producto terminado con la calidad de diseño idónea.
- *Unidades por turno*: La producción de cada producto, en número de unidades fabricadas por cada turno de trabajo o en un lapso de tiempo determinado.
- *Velocidad Estándar / Unitaria*: El tiempo que se toma la máquina en producir un artículo.
- *Producción Estándar*: La producción que debería obtenerse con la velocidad estándar de trabajo.
- *Duración del turno*: La duración del turno de trabajo. En el caso de la empresa 12 horas.
- *Número de personas*: La cantidad de trabajadores que se han asignado para atender la salida de productos de la máquina a las condiciones de velocidad requeridas.
- *Horas Hombre*: El número de personas multiplicado por las horas de trabajo empleadas por la máquina para cumplir con una determinada producción.
- *Horas Hombre estándar unitaria*: la Hora Hombre Estándar empleada para producir una unidad de un producto específico.
- *Hora Hombre Estándar*: La Hora Hombre Estándar Unitaria multiplicada por la producción de unidades por todo un turno de trabajo o en cualquier otro lapso de tiempo.

- *Hora Hombre Estándar* por Hora Hombre Trabajada: Índice de productividad o KPI.

Tabla 5 INDICE DE PRODUCTIVIDAD TOTAL

Producto	Unidades por turno	Hora Hombre trabajada	Hora Hombre Estandar	HH Estándar/HH Trabajada
Repostero 5 oz	150000	60	41,6667	69,40%
Vianda	75000	48	35,0000	72,90%
Contenedor 8 oz	75000	12	8,95833	74,70%
Plato 10	75000	24	15,8333	66,00%
Contenedor 10 oz	50000	12	8,19444	68,30%
Total	425000	156	109,65278	70,30%

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Tradicionalmente se emplean en la industria los índices de productividad que se describieron anteriormente, pero en realidad esto no nos dice mucho y como lo acabamos de comprobar su aplicación dista mucho de ser de utilidad pues únicamente nos sirven como efectos comparativos a través del tiempo.

Entre las ventajas que se tienen de la aplicación de este KPI indicado en la tabla 5 tenemos:

- Como el empleo de la hora estándar se puede relacionar la producción real con una producción que se tiene como objetivo.
- El Índice indica que tenemos un 29,7% de desperdicio o MUDA en términos de producción Lean. Esto nos habla de que tenemos oportunidades de mejorar la productividad.

- A través del índice propuesto, programación de la producción puede determinar la capacidad de las máquinas a través de los tiempos estándares de producción de las mismas y determinar con mayor exactitud los tiempos de entrega de los productos a los clientes.
- Pare efectos de estudio de la cantidad de mano de obra requerida para fabricar unos volúmenes específicos de productos en períodos de tiempo semanales, mensuales, anuales, etc., el empleo de la hora hombre estándar se convierte en una herramienta de mucha utilidad.
- Conviene precisar que la aplicación del KPI basado en horas hombre estándar parte de la base de una producción también estándar, con un número de personas que se han fijado para lograr cubrir el desempeño de una máquina con un producto específico en un determinado tiempo. Esto asignación de tiempos y mano de obra parte de un estudio bien elaborado, pues si los estándares no han sido desarrollados de manera correcta es posible prever complicaciones futuras en cuanto a una revisión posterior ya sea que el estándar se haya fijado muy alto o muy bajo en su cumplimiento.

En el primer caso no se podrá alcanzar el objetivo lo que causará malestar entre el personal involucrado y el consiguiente “stress” laboral en el personal de la planta, y mandos medios y gerenciales. En el segundo caso, de tener que revisarse el estándar porque está muy conservador, indudablemente la reacción de los trabajadores no se hará esperar puesto que se verá afectado el esfuerzo en la aplicación de su trabajo

4.3 Pasos para la implementación del OEE

Paso 1. Seleccionar una máquina

Es importante hacer una buena selección de la máquina donde se realizará la posibilidad de la implementación de un sistema OEE, pues del éxito del primer estudio dependerá la motivación y aceptación del equipo de producción y la extensión de la aplicación de ésta herramienta productiva hacia el resto de los equipos.

Se seleccionó la máquina termo formadora 10525, por ser una de las máquinas de mayor actividad en cuanto a la cantidad de productos que allí se procesan. En ella se procesan los productos con mayor volumen de ventas de la empresa. De alrededor de 150 productos que se fabrican periódicamente uno de ellos representa en término de kg procesados el 15% del total de las ventas y es producido en ésta máquina. De allí la importancia de su selección.

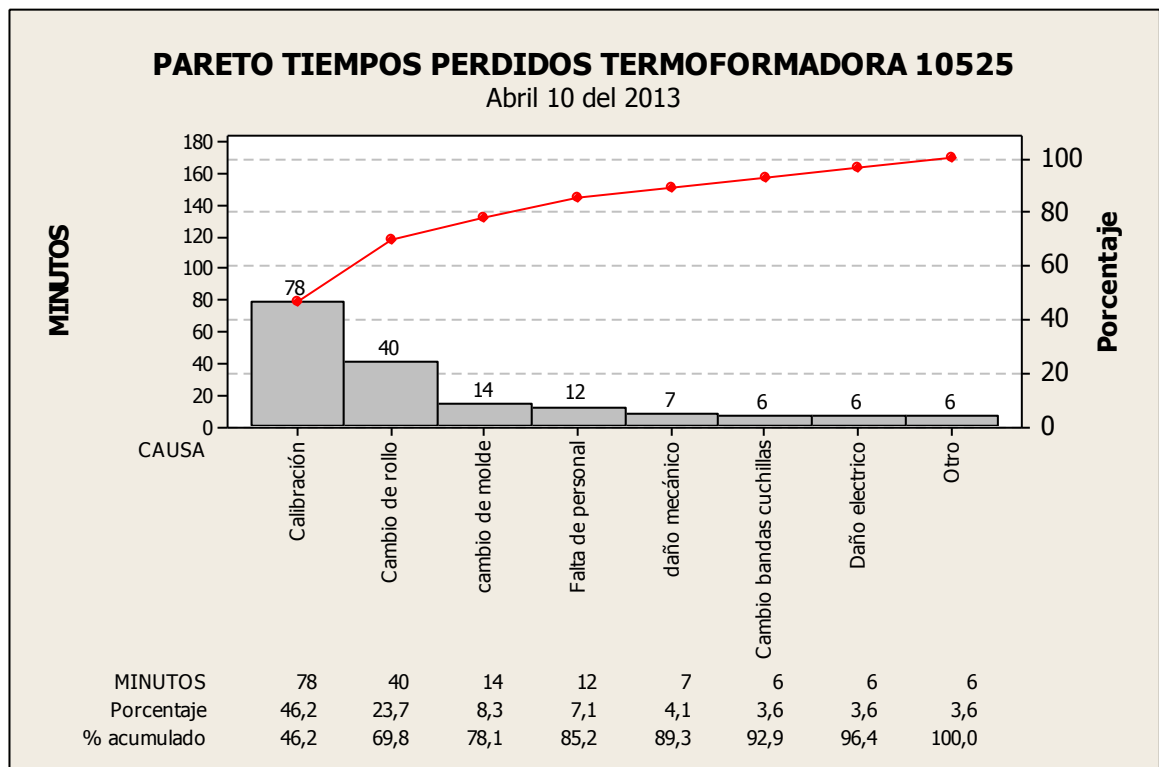
El comportamiento actual de esta máquina en lo referente a sus tiempos improductivos se presenta en el cuadro 2 y en el gráfico 1 se muestra el diagrama de Pareto de los tiempos perdidos. De un análisis inicial destacamos que 3 causas de tiempo improductivo: Calibración, Cambio de rollo y Cambio de molde representan el 78,1% del total del tiempo perdido de esta máquina. Esto nos dio una idea inicial de donde están las potenciales áreas para obtener una mejora. De ésta manera evitamos gastar tiempo y esfuerzo en áreas que ofrecen pocas oportunidades para lograr una mejora.

Cuadro 2 TIEMPOS PERDIDOS

TIEMPOS PERDIDOS	
Causa	Minutos
Calibración	78
Cambio de rollo	40
cambio de molde	14
Falta de personal	12
daño mecánico	7
Cambio bandas cuchillas	6
Daño eléctrico	6
Otros	6

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Gráfico 1 PARETO DE TIEMPOS PERDIDOS



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Paso 2. Definiciones del OEE

Cuando se habla de términos de eficiencia, las diversas partes involucradas en ésta tema a menudo suelen tener diferentes enfoques. Con el fin de que todo el equipo “hable el mismo idioma” se hace necesario adoptar las definiciones de los términos del OEE que sean consistentes y que no sean interpretaciones de cada uno de sus miembros. De ésta manera se adoptarán las definiciones dadas por “OEE Industry Standard” para utilizarlas en el presente estudio.

Es válido mencionar la definición de la razón de ser del OEE:

$$\begin{array}{c}
 \boxed{\text{Disponibilidad}} \quad X \quad \boxed{\text{Rendimiento}} \quad X \quad \boxed{\text{Calidad}} \\
 \frac{\text{Tiempo Real de Producción}}{\text{Tiempo Potencial de Producción}} \quad \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Teórica}} \\
 \frac{\text{Productos Buenos}}{\text{Producción Total (Buenos+Malos)}}
 \end{array}$$

Por **Disponibilidad** entendemos que la máquina está produciendo independientemente de la calidad y de la velocidad.

La **Tasa de Disponibilidad** es el tiempo que la máquina está actualmente produciendo comparado con el tiempo que la máquina pudo haber estado produciendo.

Siempre que la máquina esté operando, el **Rendimiento** indica la producción actual comparada con la máxima producción teórica, independientemente si esto es real en un momento determinado.

La **Tasa de calidad** compara la producción de unidades producidas que cumplen con la especificación contra el total de unidades producidas buenas más malas.

Paso 3. Diseño de un formulario

El siguiente paso es elaborar un formulario que sea fácilmente entendible por todo el equipo de trabajo y que presente las facilidades para reportar y calcular el OEE.

El formato que actualmente se utiliza se muestra en el Anexo. En éste formato se reportan las producciones diarias, así como los tiempos improductivos y las horas hombre y horas-máquina utilizadas. Los datos que aquí se registran son tomados por un digitador quien los transfiere al sistema central de cómputo. El diseño del formato para la recolección de datos para el OEE debe servir para que los datos sean seguros y realmente útiles para el estudio y con la mínima dificultad para el operador, quien será el encargado de llenarlo.

Se ha adoptado el formato sugerido por Arno Koch en su libro “OEE for the Production Team”, dado que contiene además de la información que diariamente se requiere en la empresa, un orden y presentación adecuados para el registro de los datos del OEE. (Koch, Arno, 2009) Este formato se presenta en el Anexo. Actualmente la planta tiene considerada varias causas para los tiempos perdidos, los que se presentan en el siguiente cuadro 3:

Cuadro 3 CAUSA DE TIEMPO PERDIDO

TIEMPOS PERDIDOS			
CODIGO	CAUSA	CODIGO	CAUSA
600	Daño Mecánico	792	Dispensario Medico
610	Daño Eléctrico	793	Baño
620	Corte de Servicios	800	Maquinas no Programadas
630	Lubricación	831	Falta de Coordinación
640	Mantenimiento Preventivo	832	Demora en Aprobación Interna
701	Montaje	751	Arranques y Chorreo
702	Cambio de Rollo	752	Fuera de Medida
703	Mal Montaje	756	Material mal Impreso
704	Cambio (Bandas-Cuchillas)	757	Otras Causas Material Defectuoso
705	Pesar Desperdicio	760	Falta de Material Insumos
706	Calibración	840	Logística de Bodegas
707	Otros Tiempos perdidos Imputables	770	Muestras
720	Ausentismo- Vacaciones	810	Falta de Pedidos
740	Calentamiento	821	Demora Aprobación Cliente/Venta
782	Limpieza Maquina/Área	822	Pedido mal Elaborado
791	Comedor		

Fuente: Investigación Directa
 Elaborado por: Andrés Alarcón

En el cuadro 3 se presentan las causas comunes de tiempo perdido, aplicables a todos los procesos de la empresa.

Para un mejor enfoque en la aplicación del OEE debemos valorar las causas de tiempo perdido más importantes para el proceso de termo formado. De ésta manera y luego de discutir con el equipo se resumen así:

- Calentamiento: Cuando la termo formadora ha parado por alguna razón y tiene que reiniciar su operación, la temperatura del túnel de calentamiento de la lámina debe subir hasta los parámetros establecidos.
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo

- Cambio de molde o trabajo: De acuerdo a la programación de producción, cada vez que se realiza un cambio de trabajo para producir un producto nuevo debe necesariamente realizarse un cambio de molde.
- Espera por soporte al proceso: Cuando ocurre algún problema operativo y la persona encargada de solucionar no está disponible en ese momento.
- Limpieza
- Falta de rollos o insumos: Cuando por razones logísticas o de programación los rollos que deben ser alimentados en las termo formadoras no están disponibles
- Ajuste del proceso: Operación realizada por el personal encargado cuando hay alguna alteración de la calidad del producto y tiene que modificarse parámetros de proceso.
- Parada programada
- Falta de personal

Con estas consideraciones el diseño del formulario quedó establecido tal como se observa en la sección Anexos

Paso 4. Creación y entrenamiento del equipo de trabajo

Se consideró como un aspecto de mucha importancia la creación de un equipo de trabajo que esté involucrado directamente en las actividades diarias de la producción. De acuerdo con esto el equipo se formó de la siguiente manera:

- Un operador calificado quien está a cargo de los cambios de molde o alistamientos de la máquina y de mantenerla operando a las velocidades que previamente han sido determinadas. Es el responsable de poner a punto la máquina.

- Un supervisor de Producción quien es la persona encargada de coordinar la asignación el uso y el control de los recursos productivos, así como de garantizar el cumplimiento de la programación de la producción.
- Supervisor de mantenimiento que es la persona de asistir y coordinar con su equipo de trabajo, la atención al equipo en caso de un daño.
- Gerente de Producción quien será la persona encargada de proporcionar el soporte para que el estudio se realice de una manera fluida , organizando y facilitando la “eliminación de pérdidas” , formulando objetivos para la mejora, abriendo la discusión entre todos los miembros del equipo.

Difícil sino imposible sería emprender este estudio sin antes haber dado un entrenamiento básico al equipo de trabajo, el mismo que se realizó en las propias instalaciones de la empresa. De esta manera el equipo debía adquirir la formación técnica necesaria para que todos sus miembros tengan una idea clara de la razón de esta investigación.

El entrenamiento inicial tomó una semana laborable. Los temas abordados fueron los siguientes:

- Generalidades de la producción Lean
- Conceptos básicos del OEE , y SMED
- Ejercicios prácticos sobre su aplicación
- Discusión sobre potenciales dudas
- Herramientas de Calidad: Diagramas de Pareto e Ishikawa

Paso 5. Recolección de los datos

Una vez diseñado el formulario empezamos el trabajo de campo. El arranque del proyecto lo hicimos coincidir con el inicio de la semana laborable para tener una disponibilidad de mayor tiempo para realizar el seguimiento.

Lo primero que hicimos fue analizar la forma es que hoy se recolectan los datos y con qué criterio son reportados. Del análisis del diagrama de Pareto se desprende que la mayor causa de tiempo perdido es la calibración entendiéndose por ésta como la actividad relacionada con ajustar el proceso cada vez que se presente una variación que impida que el producto terminado esté fuera de la especificación requerida. A través de la observación directa del proceso se pudo observar que los tiempos reportados no se ajustaban a la realidad, pues existía un error conceptual entre las causas de tiempos perdidos “Calibración” y “Cambio de molde”.

Uno de las herramientas de la producción Lean es el SMED expuesto en el marco teórico. Esta técnica considera el tiempo de cambio de trabajo o alistamiento de máquina desde el momento que la máquina para con el último artículo bueno producido, hasta el momento que comienza a producir el primer artículo con la calidad requerida.

En la situación actual se separan las dos causas: Se consideraba el cambio de molde desde el momento en que la máquina paraba con el último artículo bueno producido hasta que el molde quedaba fijo en la máquina, sin considerar la actividad de poner a punto la máquina hasta producir el primer artículo bueno. Esta última actividad se la consideraba como “Calibración” lo que llevaba a una distorsión de los datos que día a día así se reportaban.

Paso 6. Procesar los datos

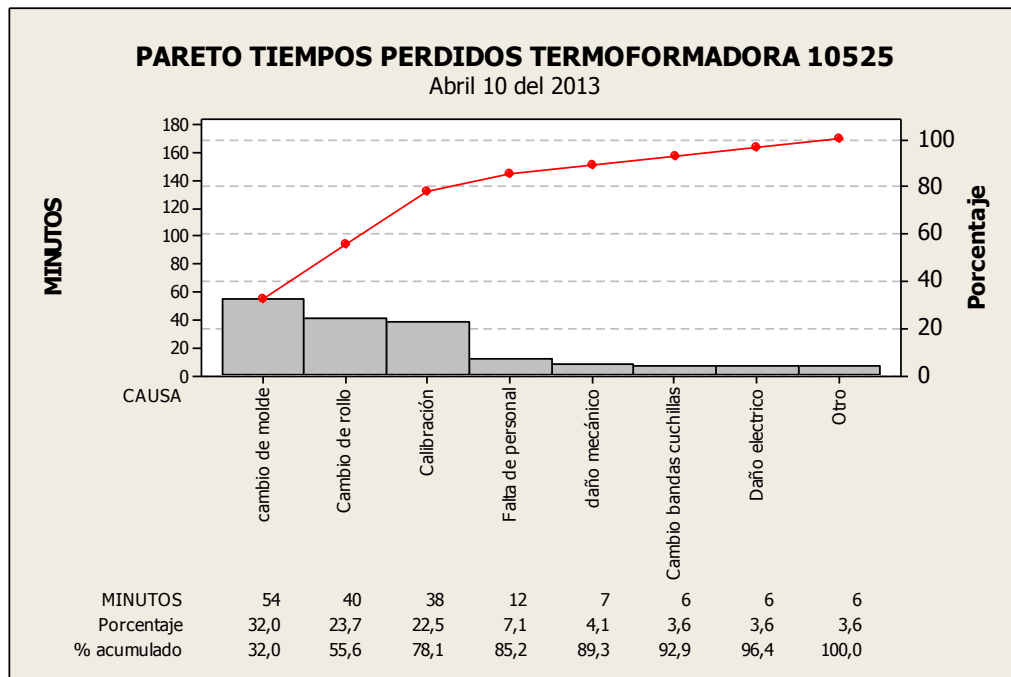
Luego de haber realizado este ajuste el Diagrama de Pareto (Gráfico 2), quedó de la forma como indica en el cuadro 4:

Cuadro 4 DATOS DE TIEMPO PERDIDO

TIEMPOS PERDIDOS	
Causa	Minutos
Calibración	38
Cambio de rollo	40
cambio de molde	54
Falta de personal	12
Daño mecánico	7
Cambio bandas cuchillas	6
Daño eléctrico	6
Otros	6

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Gráfico 2 PARETO DE TIEMPOS PERDIDOS TERMO FORMADORA 10525



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Ahora el análisis de los tiempos perdidos varía. Observamos que la causa Cambio de molde representa el 32% del total de los tiempos improductivos, y las otras dos causas son Cambios de Rollos con el 23,7% y Calibración con el 22,5%, por lo que el análisis va dirigido a estas causas de desperdicio.

Dada la alta demanda de productos la empresa labora 24/7 esto es dos turnos de 12 horas por día, 7 días a la semana. Esto quiere decir que se hace necesario mantener una adecuada programación de la producción con un altísimo nivel de cumplimiento, lo que lleva implícito hacerlo aprovechando de la mejor manera los recursos, es decir con poca generación de desperdicios desde el punto de vista Lean (todo lo que no agrega valor al proceso), lo que sin duda nos llevará a obtener una elevada productividad para satisfacer las necesidades de los clientes y obtener una reducción de los costos de producción

4.3 Análisis de la información obtenida

La primera información obtenida a través del formato de reporte diario de la producción que se usa actualmente y que se muestra en la figura 7.

La máquina trabajó en el primer turno con dos productos. Desde las 8h00 hasta las 10h00 produjo el producto Contenedor 13 oz. A partir de las 10h00 se comenzó la producción del siguiente producto, la fuente 9 oz. Para esta producción se cuenta con un molde cuya producción estándar es de 180 unidades/minuto en la máquina 10525. Ver cuadro 5

Cuadro 5 CÁLCULO DEL OEE

PLASTICOS DEL LITORAL S.A.			
Cálculo del OEE			
Máquina: Termo formadora 10525		Fecha: 4 Mayo 2013	
Turno: 1		Producto: Fuente 9 oz	
Tiempo de Producción		Tiempo Total de Operación (Minutos)	600
		Máquina no programada (Minutos)	0
	A	Tiempo Potencial de Producción (Minutos)	600
Disponibilidad		Tiempos Perdidos (Daños, Esperas, Comida) Minutos	256
	B	Tiempo Real de Producción (Minutos)	344
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100) %	57,33%
Rendimiento	C	Producción Teórica (Unidades)	74700
	D	Producción Real (Unidades)	64720
		Tasa de <i>Rendimiento</i> (D/C x 100) %	86,6%
Calidad	E	Producción Real (=D) Unidades	64720
		Pérdidas de calidad (Desperdicio, Re trabajos) Unid.	0
	F	Producto bueno (Unidades)	62000
		Tasa de Calidad (F/E x 100) %	95,79%
OEE= Disponibilidad x <i>Rendimiento</i> x Calidad = 32,89%			

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

En este caso el OEE es 32,89%.

Estudios en todo el mundo indican que la tasa promedio del OEE en plantas de manufactura es del 60%. La manera de hacer el cálculo hace del OEE una prueba muy severa. En la práctica se acepta como valores referenciales para una manufactura de clase mundial los siguientes valores: (Cuadro 6)

Cuadro 6 OEE CLASE MUNDIAL

FACTOR OEE	Clase Mundial
Disponibilidad	95,0%
<i>Rendimiento</i>	95,0%
Calidad	99,9%
OEE	85,0%

Fuente: Investigación Directa

Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad tomamos en consideración **las pérdidas por tiempos perdidos** y lo calculamos de la siguiente manera.

$$\text{Disponibilidad} = \text{T tiempo de Operación} / \text{T tiempo planeado de Producción}$$

Si en nuestro caso de un total de 12 horas que tiene el turno completo, tenemos 10 horas para producir el producto Fuente 9 oz, entonces en teoría podemos producir las 10 horas, de tal modo que cada actividad que se realiza planeada o no planeada **para poder producir** representa una pérdida y debe ser vista como una oportunidad que se nos presenta para emprender en una disminución o eliminación de este desperdicio.

El tiempo perdido por la causa Cambio de molde representa el 67,6% del total de tiempo perdido en este turno (Cuadro 7).

Cuadro 7 DISPONIBILIDAD

Disponibilidad (Minutos)		
Fecha: Marzo 4 2013		
Duración del turno	600	A
Turno:	1	
Máquina: 10525	Producto: Fuente 9 oz	
Períodos de Inactividad		
Cambio de molde	125	
Calibración	30	
Cambio de rollo	30	
Daño Mecánico		
Daño Eléctrico		
Esperas		
Falta de Materia prima		
Total Tiempos Perdidos	185	B
Tiempo de Operación	415	C
	Tiempo en el cual la máquina estuvo produciendo	
	(A-B)	

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de Operación (C)}}{\text{Tiempo total del turno (B + C = A)}}$$

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

57,33%

Rendimiento

El rendimiento (Cuadro 8) toma en consideración las **pérdidas de velocidad** y es calculado de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de ciclo ideal}}{\text{Tiempo de operación} / \text{Total unidades producidas}})$$

Consideramos el tiempo del ciclo o *Tiempo ideal del ciclo* como el tiempo mínimo ideal que se espera alcanzar en el proceso en circunstancias óptimas. También suele llamarse *Tiempo de diseño del ciclo*, *Tiempo Teórico del ciclo* o *capacidad de placa de la máquina (A qué velocidad está diseñada la máquina para trabajar)*

Es evidente que durante el proceso han habido pérdidas de velocidad, que suelen ocasionarse por paradas mínimas de producción (menos de 5 minutos) o que no han sido reportadas pues los operadores las consideran como una elevada carga de trabajo, puesto que tendrían que anotar el tiempo de cada parada por mínima que ésta sea. Para nuestro estudio los cambios de rollo se estiman en menos de 5 minutos como promedio, pero dada la gran cantidad de cambios aproximadamente cada 20 minutos dependiendo de la velocidad de la máquina y el tipo de producto que se está produciendo se considera un estimado de 5 minutos de tiempo perdido por cada cambio de rollo. Al final del turno se multiplica el número de rollos por el tiempo especificado para el cambio y se reporta el total del tiempo perdido y este se considera imputable a la fase de **Disponibilidad**.

Cuadro 8 ANALISIS DEL RENDIMIENTO

<i>Rendimiento</i>		
Unidades por minuto Teóricas	180 D	Unidades/Minuto
Producción Teórica	74700 E	Unidades
Producción real durante el <i>Tiempo de Operación (C)</i> Incluye producción mala	64720 F	Unidades

$$Rendimiento = \frac{Producción\ total\ (F)}{Producción\ teórica\ (E)}$$

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

86,6 %

Calidad

Para este cálculo se consideran las **Pérdidas de Calidad** (Cuadro 9) y su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$Calidad = \frac{Unidades\ producidas\ buenas}{(Total\ unidades\ producidas\ buenas + malas)}$$

Cuadro 9 ANÁLISIS DE LA CALIDAD

Calidad	
Del total de unidades producidas (F)	64720
¿Cuántas Unidades de desperdicio?	2720
¿Cuántas unidades útiles pero fuera de especificación?	0
¿Cuántas unidades pueden ser puestas como buenas pero con re trabajo?	0
Total unidades defectuosas	2720 G
Producto Bueno F – G	62000 H

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

95,80%

$$Calidad = \frac{\text{Producto Bueno (H)}}{\text{Producción Total (F)}}$$

Paso 7. Dar retroalimentación al equipo

En conjunto con el equipo de trabajo se analizaron los datos recogidos y se llevó a cabo la etapa de implementación del OEE

Implementando el OEE

Tiempo de Operación

El tiempo de operación de que dispone el equipo es de 24 horas al día, 7 días a la semana. La sección termo formado labora en dos turnos rotativos de 12 horas cada uno. Para este estudio se

tomarán los datos correspondientes solo al primer turno de trabajo por el tiempo de un mes calendario.

El primer paso fue estudiar las causas de tiempo perdido como actualmente están establecidas en la empresa. Estas causas fueron modificadas en razón de poder enfocar el OEE en las que mayor pérdida genera durante la actividad productiva. Siguiendo este razonamiento las actividades generadoras de desperdicio o MUDA quedaron establecidas de la siguiente manera:

- Máquina parada
- Calentamiento
- Mantenimiento
- Cambio de molde o trabajo
- Espera por soporte técnico
- Limpieza
- Suministro
- Falta de rollos o insumos
- Cambio de rollo
- Calibración
- Programación
- Parada programada
- Falta de personal.

En el formato propuesto (Figuras 13 y 14) se hace un control hora a hora para identificar las actividades que causan pérdidas de una manera más exacta. De la forma como se registran éstas actividades actualmente se pierde exactitud en el registro de los datos, pues el operador que es quien reporta estas actividades no lo hace en el momento en que se produjeron sino transcurridas algunas horas después del suceso, por lo que en el instante de anotar el

tiempo ya no recuerda exactamente la hora ni la duración y muchas veces tampoco recuerda la causa exacta del tiempo perdido. De la manera propuesta el registro se hace hora a hora por lo que simplemente se anota la cantidad de minutos o cualquier unidad de tiempo seleccionada. Esto ayuda también a tener un mejor control por parte de la supervisión de la planta, pues será muy fácil identificar si existe algún tipo de problema y tomar las acciones correctivas de inmediato. Esto es parte de SIC (Short Interval Control) o Control a Intervalos Cortos.

Otra ventaja del formato propuesto es que además de registrar los datos para el cálculo del OEE nos sirve para registrar todos los datos de producción actualmente necesarios.

El formato puede estar diseñado en una hoja de tamaño A4 y se utiliza ambos lados de la hoja: En un lado se registran todos los tiempos perdidos más los datos de producto, máquina, operadores, producto, etc. Y en el otro lado de la hoja se anotan las cantidades producidas para cada producto que se haya fabricado en el turno y los datos del cálculo del OEE.

Los datos de los tiempos perdidos deben ser llenados por el operador, y el cálculo del OEE debe ser hecho por el supervisor del turno. De ésta manera se involucra a las personas del equipo de trabajo involucrado en la aplicación de ésta técnica. Es necesaria la utilización de un cronómetro cerca de la máquina para el registro del tiempo.

La primera toma de datos para el estudio de implementación del OEE quedó registrada de la forma como se indica en la figura:

La suma de los elementos o actividades de cada intervalo de hora debe ser de 60 minutos. Así en la figura debe sumarse 3,54 min. por cambio de rollo, 7 minutos por calibración y el tiempo restante sería de producción, en éste caso 49,46 minutos con un total de 60 minutos. Así en cada uno de los intervalos de hora.

El registro del cálculo del OEE se indica en la figura 14:

Figura 14 REVERSO DEL FORMULARIO OEE

REPORTE DE DATOS PARA CALCULO DEL OEE									
Producto	Producto Bueno	Desperdicio kg.	Estado	Producto DEFECTUOSO	Producción Actual	Tiempo de producción (A)	Producción Estandar	Producción esperada	Velocidad de corrida
PL7ECOB	112.000	211	TERMINADO	27.825	139.825	593	240	142.243	80
					0			0	
					0			0	
					0			0	
	112.000	211			139.825			142.243	
	D: Producto bueno				E: Produccion Actual			F: producción esperada	
Disponibilidad = $\frac{\text{Tiempo de producción actual (A)}}{\text{Tiempo potencial de producción (C)}}$ = $\frac{498,58}{720}$ = 0,69									
Rendimiento = $\frac{\text{Producción Actual (E)}}{\text{Producción esperada (F)}}$ = $\frac{139.825}{142.243}$ = 0,98									
Calidad = $\frac{\text{Producto bueno (D)}}{\text{Producción Actual (E)}}$ = $\frac{112.000}{139.825}$ = 0,80									
OEE = 54,5%									
Observaciones:									

Una vez realizada este ensayo inicial se tomaron datos por el lapso de un mes calendario. Durante este período se produjeron 5 productos diferentes con moldes que tienen numero diferente de cavidades y velocidades de corrida diferentes. El análisis de lo ocurrido en esta maquina durante el periodo señalado puede extenderse a todas las máquinas de la sección termo formado, puesto que todas tienen el mismo principio de trabajo y procesan productos con moldes similares.

El resumen de datos se presenta en la tabla 6.

Tabla 6 RECOLECCIÓN DE DATOS DEL OEE Parte 1 de 3

OEE MES DE MAYO TERMOFORMADORA 10525																				
TERMOFORMADORA # 11	01-may-14		02-may-14		03-may-14		04-may-14		05-may-14		06-may-14		07-may-14		08-may-14		09-may-14		10-may-14	
	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO
Tiempo Potencial de Producción (C)	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	
Tiempo de Producción (A)	509	631	655	582	534	612	649	649	483	638	618	647	606	663	563	680	679	683	644	
Calentamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Daño Eléctrico	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Daño Mecánico	93	0	0	0	93	53	0	0	35	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	
Cambio de molde o trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107	0	0	0	40	
Espera por soporte técnico	45	0	23	0	45	0	0	0	2	21	0	5	0	4	0	0	0	0	0	
Limpieza	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	
Fallas imputables al proceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cambio de repuesto	30	0	0	72	0	0	0	0	138	0	33	68	0	0	0	0	0	0	0	
Falta de rollos con reposo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Falta de pedidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cambio de rollo material defectuoso	43	53	42	66	48	55	71	71	34	61	69	0	63	53	31	40	41	37	37	
Calibración	13	102	177	201	128	155	126	126	158	115	104	28	92	130	266	21	18	27	18	
No programada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sin programa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Producción buena (D)	53000	49000	46500	40000	45000	48000	44000	44000	32000	51600	54000	60000	54000	51000	82600	265000	297500	295000	285000	
Producción Defectuosa	1245	16195	13918	19329	7637	11510	16779	15177	6464	14507	9139	6580	9502	16980	69173	37573	3736	11432	1892	
Producción Total (Actual E)	54245	65195	60418	59329	52637	59510	60779	59177	38464	66107	63139	66580	63502	67980	151773	302573	301236	306432	286892	
Velocidad estandar																				
Producción Esperada (F)	61112	75779	78628	69809	64042	73440	77920	77920	57971	76585	74153	77596	72720	79561	209561	323181	322525	324425	305710	
Disponibilidad (A/C)	0.71	0.88	0.91	0.81	0.74	0.85	0.90	0.90	0.67	0.89	0.86	0.90	0.84	0.92	0.78	0.94	0.94	0.95	0.89	
Rendimiento (E/F)	0.89	0.86	0.77	0.85	0.82	0.81	0.78	0.76	0.66	0.86	0.85	0.86	0.87	0.85	0.72	0.94	0.93	0.94	0.94	
Calidad (D/E)	0.98	0.75	0.77	0.67	0.85	0.81	0.72	0.74	0.83	0.78	0.86	0.90	0.85	0.75	0.54	0.88	0.99	0.96	0.99	
OEE	61.34%	56.71%	53.82%	46.30%	52.08%	55.56%	50.93%	50.93%	37.04%	59.72%	62.50%	69.44%	62.50%	59.03%	30.81%	77.49%	86.99%	86.26%	83.33%	

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

RECOLECCIÓN DE DATOS DEL OEE Parte 2 de 3

OEE MES DE MAYO TERMOFORMADORA 10525																						
TERMOFORMADORA # 11	11-may-14		12-may-14		13-may-14		14-may-14		15-may-14		16-may-14		17-may-14		18-may-14		19-may-14		20-may-14		21-may-14	
	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO
Tiempo Potencial de Producción (C)					720	720	720	720	720	720			720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Tiempo de Producción (A)					568	631	706	518	652	493			339	655	658	649	655	641	548	219	613	269
Calentamiento					0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Daño Eléctrico					0	0	0	0	0	40			0	0	0	0	0	0	0	480	0	0
Daño Mecánico					0	31	0	0	0	0			330	0	0	0	0	0	0	0	0	420
Cambio de molde o trabajo					68	0	0	130	0	110			0	0	0	0	0	0	120	0	35	0
Espera por soporte técnico					0	0	0	13	6	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limpieza					0	0	0	0	15	14			13	0	4	0	0	3	13	0	12	6
Fallas imputables al proceso					0	0	0	46	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cambio de repuesto					60	0	0	0	0	0			6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta de rollos con reposo					0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta de pedidos					0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cambio de rollo					24	58	14	13	47	64			32	65	58	71	65	76	38	21	60	25
material defectuoso					0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calibración					14	38	6	168	37	169			26	67	31	36	36	36	242	144	174	11
No programada					0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin programa					0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción buena (D)					228000	266800	95000	76200	109800	60220			23000	60000	61200	62000	65000	62200	28400	8200	41000	23400
Producción Defectuosa					19237	15416	1752	31496	32420	27981			11547	5800	5884	3188	3340	4134	19495	12428	19559	4573
Producción Total (Actual E)					247237	282216	96752	107696	142220	88201			34547	65800	67084	65188	68340	66334	47895	20628	60559	27973
Velocidad estandar																						
Producción Esperada (F)					269610	299535	335303	125882	146687	86590			40644	78600	78965	77892	78612	76884	65815	26256	73536	32280
Disponibilidad (A/C)					0,79	0,88	0,98	0,72	0,91	0,68			0,47	0,91	0,91	0,90	0,91	0,89	0,76	0,30	0,85	0,37
Rendimiento (E/F)					0,92	0,94	0,29	0,86	0,97	1,02			0,85	0,84	0,85	0,84	0,87	0,86	0,73	0,79	0,82	0,87
Calidad (D/E)					0,92	0,95	0,98	0,71	0,77	0,68			0,67	0,91	0,91	0,95	0,95	0,94	0,59	0,40	0,68	0,84
OEE					66,67%	78,01%	27,78%	43,53%	67,78%	47,60%			26,62%	69,44%	70,83%	71,76%	75,23%	71,99%	32,87%	9,49%	47,45%	27,08%

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

RECOLECCIÓN DE DATOS DEL OEE Parte 3 de 3

OEE MES DE MAYO TERMOFORMADORA 10525																					
TERMOFORMADORA # 11	22-may-14		23-may-14		24-may-14		25-may-14		26-may-14		27-may-14		28-may-14		29-may-14		30-may-14		31-may-14		TOTAL
	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	
Tiempo Potencial de Producción (C)	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	39.600,00
Tiempo de Producción (A)	271	660	637	624	338	599	608	580	611	478	533	388	507	653	634	646	648	654	650	550	31.807,80
Calentamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Daño Eléctrico	0	0	0	0	360	0	0	0	0	150	0	285	0	0	0	0	0	0	0	0	1.349,57
Daño Mecánico	215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	0	140	0	0	0	9	0	0	60	1.622,38
Cambio de molde o trabajo	180	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	803,10
Espera por soporte técnico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164,19
Limpieza	36	0	9	0	0	78	55	35	40	21	48	0	25	0	11	12	0	0	5	60	592,82
Fallas imputables al proceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46,00
Cambio de repuesto	0	0	0	45	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	530,90
Falta de rollos con reposo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Falta de pedidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Cambio de rollo	18	60	74	51	22	44	57	45	69	57	16	47	48	67	56	62	63	66	65	50	2.683,24
material defectuoso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Calibración	161	82	84	69	197	186	35	18	156	36	136	82	13	100	39	46	37	97	66	71	4.949,54
No programada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Sin programa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Producción buena (D)	12000	62000	58000	55000	14800	32000	37800	46400	46000	46400	41000	32000	48000	58000	48000	63000	64000	58000	62000	48900	4.100.920,00
Producción Defectuosa	7348	5914	7890	9451	13952	27581	24616	10325	14498	2112	12970	8133	4724	7770	17364	2890	581	7890	5387	2135	700.549,00
Producción Total (Actual E)	19348	67914	65890	64451	28752	59581	62416	56725	60498	48512	53970	40133	52724	65770	65364	65890	64581	65890	67387	51035	4.801.469,00
Velocidad estandar																					
Producción Esperada (F)	32566	79176	76490	74856	40524	71856	72948	69552	73332	57348	63972	46572	60864	78324	76133	77568	77732	78504	78048	66000	5.748.090,89
Disponibilidad (A/C)	0,38	0,92	0,89	0,87	0,47	0,83	0,84	0,81	0,85	0,66	0,74	0,54	0,70	0,91	0,88	0,90	0,90	0,91	0,90	0,76	0,80
Rendimiento (E/F)	0,59	0,86	0,86	0,86	0,71	0,83	0,86	0,82	0,82	0,85	0,84	0,86	0,87	0,84	0,86	0,85	0,83	0,84	0,86	0,77	0,84
Calidad (D/E)	0,62	0,91	0,88	0,85	0,51	0,54	0,61	0,82	0,76	0,96	0,76	0,80	0,91	0,88	0,73	0,96	0,99	0,88	0,92	0,96	0,85
OEE	13,89%	71,76%	67,13%	63,66%	17,13%	37,04%	43,75%	53,70%	53,24%	53,70%	47,45%	37,04%	55,56%	67,13%	55,56%	72,92%	74,07%	67,13%	71,76%	56,60%	57,31%

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

De este registro de datos obtenemos los tiempos perdidos: (Cuadro 10)

Cuadro 10 TIEMPOS PERDIDOS (DATOS DE LA TABLA 6)

TIEMPOS PERDIDOS (horas)	
Calentamiento	0,00
Daño Eléctrico	22,49
Daño Mecánico	27,04
Cambio de molde o trabajo	13,39
Espera por soporte técnico	2,74
Limpieza	9,88
Fallas imputables al proceso	0,77
Cambio de repuesto	8,85
Falta de rollos con reposo	0,00
Falta de pedidos	0,00
Cambio de rollo	44,72
material defectuoso	0,00
Calibración	82,49
No programada	0,00
Sin programa	0,00

Fuente: Investigación Directa
 Elaborado por: Andrés Alarcón

Gráfico 3 TIEMPOS PERDIDOS MAYO

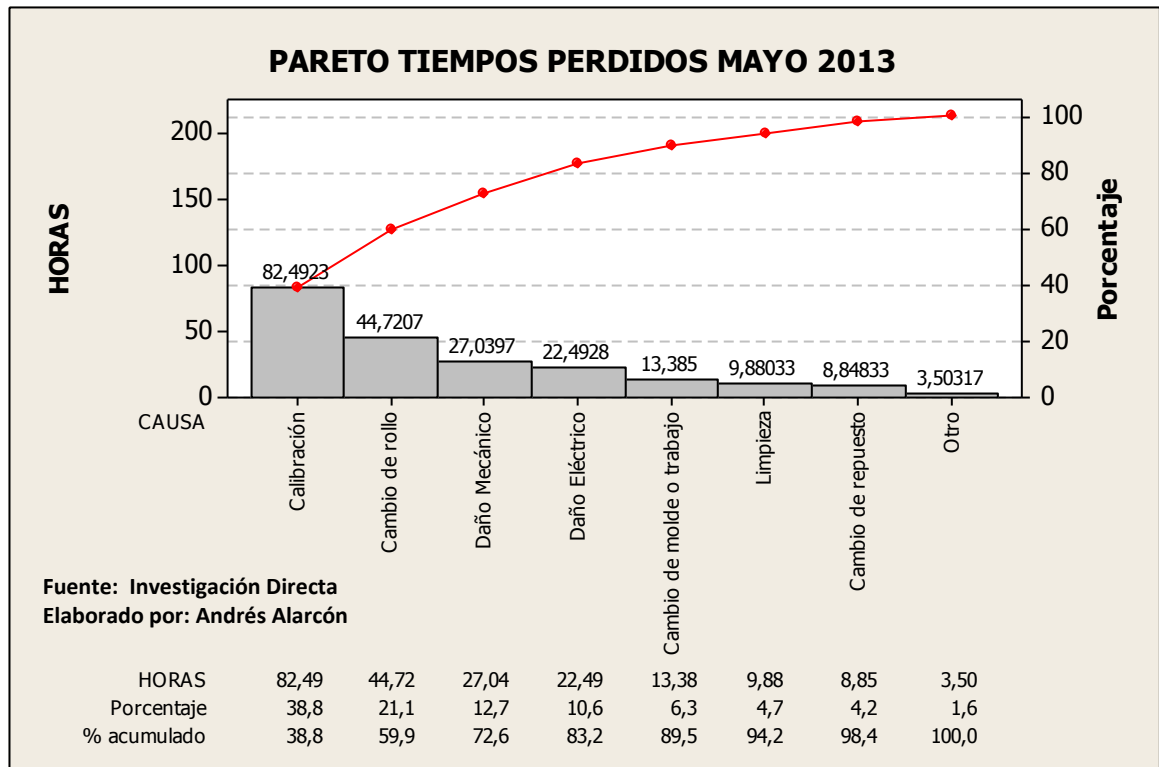
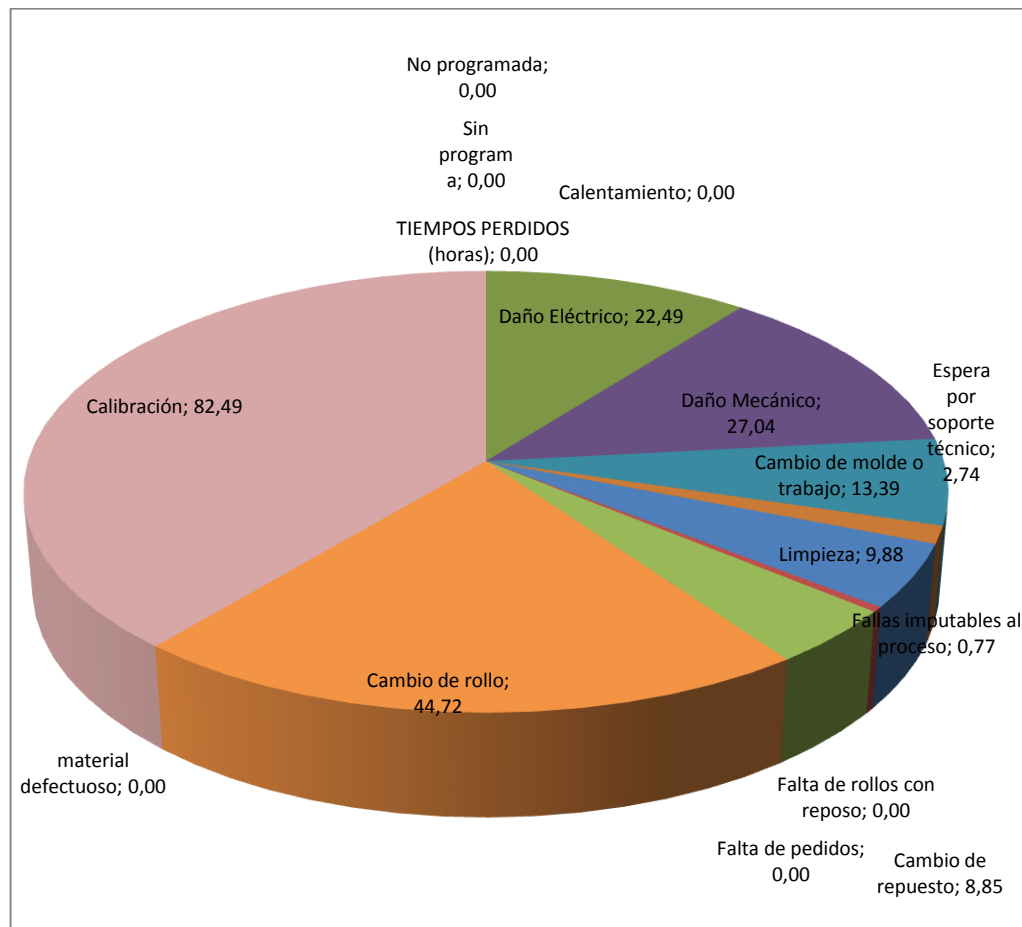


Gráfico 4 TIEMPOS PERDIDOS (GRÁFICO DE PASTEL)

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

4.5 Análisis de los resultados

Se observa que las causas Calibración, cambio de rollo, Daño Mecánico y daño eléctrico han sido las principales causas de desperdicio. Juntas representan el 83,2% del tiempo improductivo total.

Las termo formadoras necesitan ser alimentadas con rollos. Dependiendo del producto el tiempo de procesamiento es diferente para cada uno de estos productos, lo que significa que terminado un rollo hay que detener la máquina para colocar uno nuevo. Estos rollos han sido fabricados previamente en el proceso de extrusión.

Dependiendo de la velocidad de la máquina en correspondencia con el producto que se esté produciendo, los “*cambios de rollos*” mostrados en la Tabla 7 se efectúan con frecuencias variables de tiempo. Esta operación se realiza de forma manual y el tiempo de ejecución varía de acuerdo a la máquina y al operador que ejecuta la operación. Esta operación también afecta al rendimiento de la máquina y a la cantidad de producción con mala calidad, puesto que se interrumpe el flujo normal del proceso. Los cambios de rollos podríamos considerarlos como un tiempo de espera afectando de ésta manera a la disponibilidad o como una pérdida menor afectando en éste caso al rendimiento. Si bien es una pérdida menor en cuanto a su duración (menos de 5 minutos), pero dada su alta frecuencia repetitiva, se podría en un momento determinado poner esta causa bajo la categoría de tiempo de espera. De esta manera podremos estudiar esta causa por separado.

Dependiendo del producto que se procese el número de cambios de rollos puede variar, llegando en algunos casos hasta 18 veces por turno o 36 cambios de rollos durante todo el día. Así existe una complejidad en cuanto a tomar y a anotar el tiempo que demore realizar esta actividad recurrente, puesto que sería una carga de trabajo fatigosa para el operador.

Se recogieron datos de esta actividad durante dos días completos cuando la máquina estuvo trabajando con el mismo producto. Los resultados se muestran el cuadro siguiente:

Tabla 7 TIEMPOS PARA CAMBIO DE ROLLOS

TIEMPO DE CAMBIO DE ROLLO MAQUINA TERMOFORMADORA # 10525																
FECHA	TURNO	PRODUCTO	TIEMPOS (MINUTOS : SEGUNDOS)												FRECUENCIA	
30-abr	I TURNO	VIANDA 700 CC AMARILLO	2,03	2,01	2,10	3,62										4
		VIANDA 700 CC BLANCO					2,67	3,73	3,50	4,30	3,68					5
		VIANDA CLIP AMARILLO										3,33	3,83			2
	II TURNO	VIANDA CLIP AMARILLO	2,33	3,83	3,88	4,66	3,17	4,92	3,72	3,52	3,98	4,98	5,17	5,20	4,15	13
01-may	I TURNO	VIANDA CLIP AMARILLO	3,32	4,75	3,67	4,02	3,66	3,42	2,62	3,53	2,62	5,03	4,02	4,20	5,87	13
		VIANDA CLIP AMARILLO	3,08	5,53	3,63	5,18	4,88	5,72	4,50	4,87	4,45					9
		VIANDA CLIP BLANCO										5,53	3,55	2,92	2,55	4

Fuente: Investigación Directa

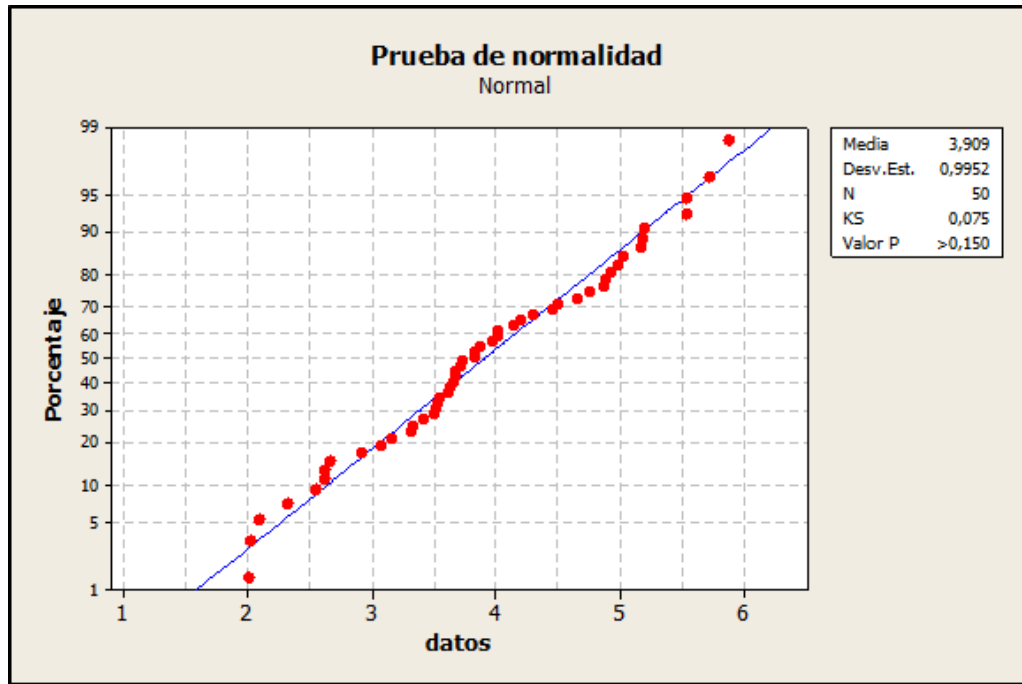
Elaborado por: Andrés Alarcón

Al realizar la prueba de normalidad (Gráficos 5 y 6), se comprueba que los datos de los tiempos de los cambios de rollos siguen una distribución normal con una media de 3,9 min. Este valor se tomará como referencia para considerarlo único para todos los cambios de rollos.

La “*calibración*” toma en consideración los ajustes que son necesarios ejecutar cuando hay una alteración del proceso que impide que exista un flujo ininterrumpido de la producción, porque el producto no está saliendo con la calidad adecuada, y es necesaria en ese momento la intervención de personal calificado para dar una solución.

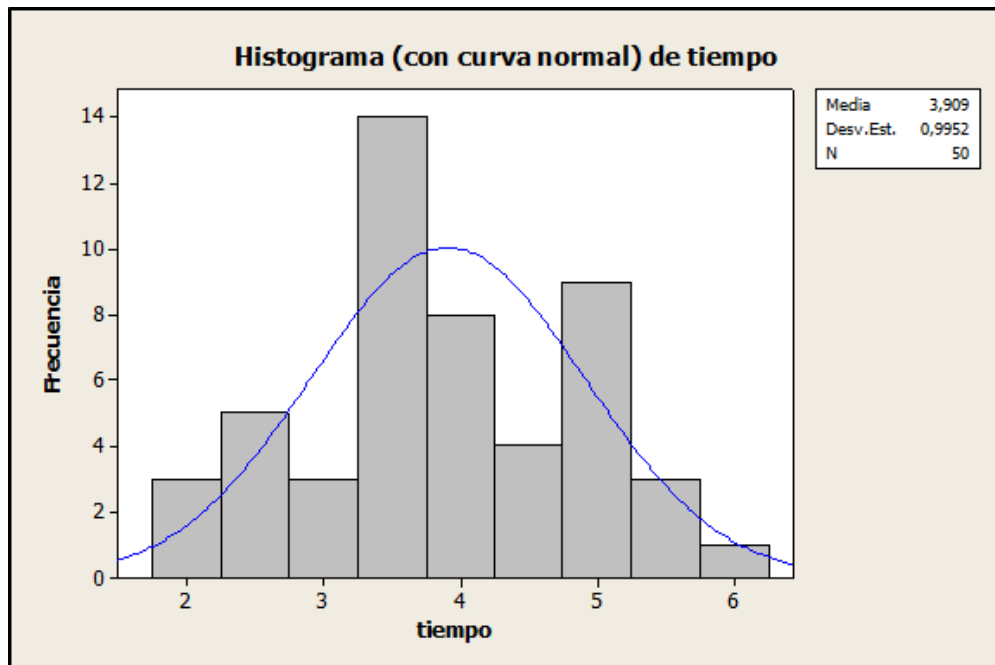
Siendo esta la causa principal del total de tiempos improductivos, se le dio prioridad en su análisis.

Gráfico 5 PRUEBA DE NORMALIDAD



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Gráfico 6 HISTOGRAMA CON CURVA NORMAL



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

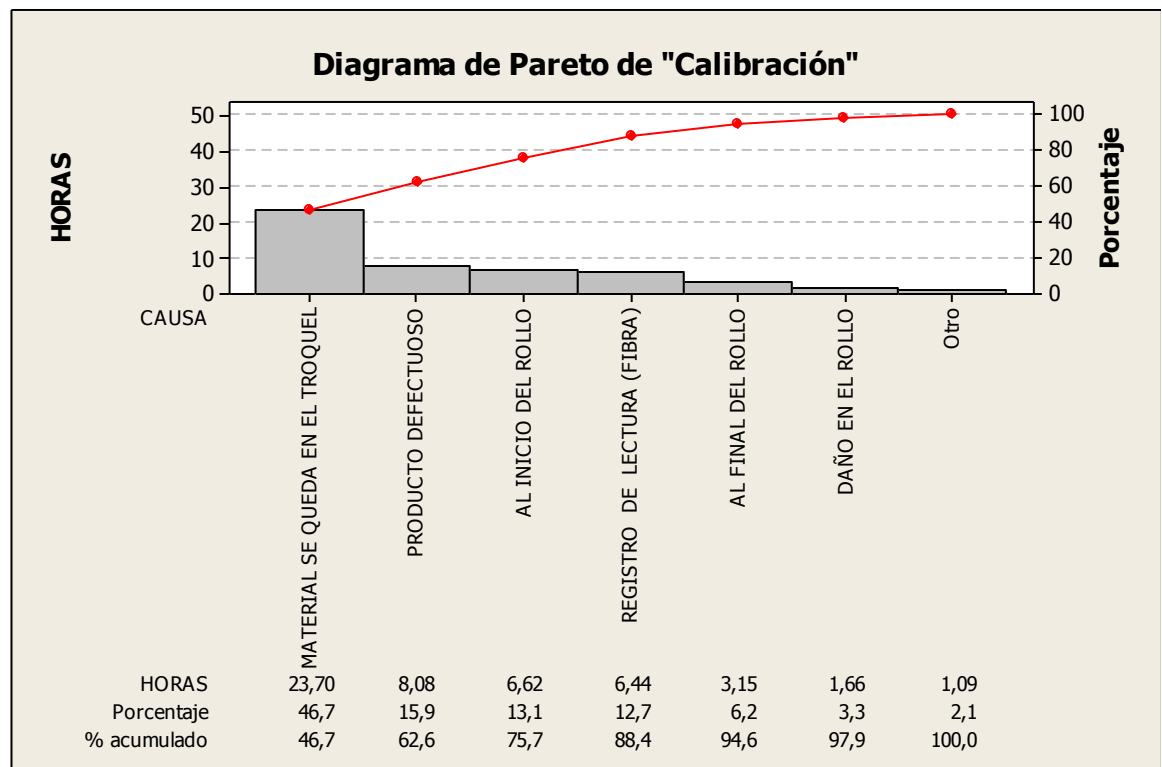
En el cuadro 11 registramos los datos obtenidos durante todo el mes de los tiempos empleados en la causa "calibración"

Cuadro 11 TIEMPOS PERDIDOS POR CALIBRACIÓN

CAUSA	HORAS
AL INICIO DEL ROLLO	6,62
DAÑO EN EL ROLLO	1,66
REGISTRO DE LECTURA (FIBRA)	6,44
MOLDE TEMPERATURA ADECUADA	1,09
AL FINAL DEL ROLLO	3,15
PRODUCTO DEFECTUOSA	8,08
MATERIAL SE QUEDA EN EL TROQUEL	23,70

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Gráfico 7 DIAGRAMA DE PARETO DE CALIBRACIÓN



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

El tiempo perdido debido a ésta causa lo consideramos dentro del tiempo de trabajo de la máquina, pues su acción se desarrolla cuando la máquina está en funcionamiento.

Estos datos fueron analizados por el equipo de trabajo (Gráfico 7). Se consideró en primer lugar el elemento que causa casi la mitad de los problemas atribuibles a la calibración (46,7%). Lo primero que surgió de esta reunión de trabajo fue que nos acostumbramos a vivir con los problemas, es decir que cuando se presenta un evento de esta naturaleza no se busca la solución definitiva, En este caso específico el material se queda en el troquel por un pobre diseño de esta parte de la máquina (el troquel), que impide que la lámina moldeada pase libremente, situación que se agrava en los productos que tienen una forma más profunda.

Se buscó una solución en conjunto con el departamento de mantenimiento. Se modificaron determinados elementos sin alterar el diseño base del troquel.

A pesar del peso de la “calibración” al considerarla como tiempo improductivo o desperdicio, al momento de registrar su valor en el OEE, este no afecta al tiempo disponible, puesto que la actividad de calibrar tal como aquí es expuesta se realiza con la máquina trabajando y produciendo. Para efectos del OEE se considera que una máquina está trabajando si está saliendo algo de ella, independientemente si son productos buenos o defectuosos y sin considerar la velocidad a la que esté corriendo.

Los otros dos elementos a considerar son: “producto defectuoso” que se refiere a una calidad no aceptable de la lámina termoformada. En éste caso su origen es el proceso de extrusión. Se reunió a todo el personal de esta sección y al personal de control de calidad, se les explicó detalladamente el trabajo que estábamos implementado y se hicieron más rigurosos los controles de la calidad de la lámina extruída. Se realizaron algunos cambios respecto a las propiedades físicas medidas en laboratorio de la lámina extruída y se incrementó la frecuencia de las muestras llevadas al laboratorio para su análisis.

El tercer punto a considerar dentro de la “calibración” es “al inicio del rollo”, lo que se repite cada vez que se comienza a procesar un nuevo rollo. Al terminar el rollo anterior se coloca un nuevo rollo y debido a las características propias del proceso y de la máquina se realizan pequeños ajustes entre la lámina y el troquel.

El daño mecánico y eléctrico se explica por sí solo como causas atribuibles a mantenimiento. En ésta máquina resultó como causa importante de pérdida, pero su incidencia en términos generales como causa generadora de desperdicio no será objeto de éste estudio.

Los cambios de molde son necesarios cada vez que hay que realizar un cambio de trabajo. En esta máquina se produjeron 5 productos diferentes pero tuvieron que hacerse 6 cambios de trabajo puesto que uno de los productos fue programado para producirse dos veces durante el mes.

Es evidente que en un cambio de trabajo vamos a encontrar espacios de tiempo donde se generan pérdidas de disponibilidad desde que se ejecuta la puesta a punto de la máquina hasta que se produce el primer producto bueno. Así mismo tendremos una pérdida de la disponibilidad porque la máquina está parada debido a las actividades propias del cambio y también tendremos un período de pérdida de calidad en el momento que la máquina alcance la velocidad deseada, puesto que dentro de las definiciones del OEE se considera que una máquina está corriendo si algo sale de ella independientemente de la velocidad o del volumen de producción o de la calidad del producto.

La Disponibilidad se encuentra en el 80% lo que significa que tenemos 20% de pérdida de tiempo. Si analizamos desde el punto de vista del OEE diremos que tenemos 20% de oportunidades de mejora solo en la disponibilidad.

Al evaluar el *Rendimiento* (84%) es preciso hacer una distinción entre lo que es la velocidad estándar la cual es la máxima velocidad teórica a la que puede correr una máquina con un producto determinado y la velocidad de diseño de la máquina o NPC (Name Plate Capacity).

Los datos tomados a lo largo de un mes se refieren a producción de varios productos fabricados con moldes que tienen diferente número de cavidades. Así en el caso del repostero de 5 oz. la relación producto-máquina tiene una velocidad de 475 unidades por minuto, siendo la velocidad de la máquina 95 golpes por minuto con un molde que produce 5 unidades por cada ciclo de la máquina. La velocidad de diseño de la máquina que estudiamos es de 120 golpes por minuto por lo que si tomamos esta como referencia la nueva velocidad estándar sería de 600 unidades por minuto o sea 26,32% más, por lo que el OEE del equipo disminuiría.

El problema radica en encontrar el “estándar correcto”, pues mientras no llegemos a la velocidad de diseño de la máquina siempre habrá una brecha que podría acortarse. La manera correcta de hacerlo es con una re ingeniería del producto y de la máquina, o mediante un estudio debidamente elaborado, pero en cualquier caso si no se llega a la velocidad de diseño de la máquina siempre aparecerá esta brecha. Otra forma es comparar el estándar que se tiene establecido con otros productores que trabajen con máquinas y productos similares. Es importante señalar que mientras más alta sea la velocidad referencial se presentarán de acuerdo con el OEE oportunidades para obtener incrementos de productividad, por lo que la parte más importante del OEE probablemente sea la definición del tiempo ideal del ciclo. La respuesta más simple sería emplear la velocidad de diseño dada por el fabricante de la máquina, pero igualmente ésta velocidad podría aplicarse para un producto determinado, pero no sería aplicable para productos que tienen

mayor dificultad de elaboración por su forma, tamaño de molde, peso del producto, número de cavidades, etc.

El estudio arroja un índice de calidad del 85%. Esto significa que el 15% de la producción total se está desperdiciando. Esto también es consecuencia de otros factores que también afectan el rendimiento de la máquina. Los dos principales son: La Calibración y los cambios de rollos. Cada uno de ellos en su momento es causante de improductividad en el equipo.

4.6 Cálculo del OEE para un periodo determinado

Tomar 20 datos de OEE sumándolos y dividiéndolos para 20 no es la forma correcta de medir el OEE. (Arno Koch)

La manera correcta es hacerlo a través de un promedio ponderado. De ésta manera tenemos que calcular el OEE del período como si fuese un solo OEE.

El OEE total del mes es de 57,31% considerando la sumatoria de todos los tiempos potenciales de producción, los tiempos disponibles las producciones buenas y defectuosas, y las producciones esperadas del período que estamos evaluando, en este caso un mes.

Un OEE del 57,31% significa que podemos producir 42,69% más con los mismos recursos o que podemos fabricar lo mismo con el 57,31% de los recursos actualmente utilizados.

El OEE por sí solo no produce mejora alguna ya que solo representa la situación actual de una máquina en un momento determinado, sin embargo sirve como base para determinar que herramienta Lean puede aplicarse para lograr esta mejora.

Se realiza un estudio de aplicación del SMED para aplicarla como herramienta de mejora continua.

4.7 Aplicación del SMED

“El desperdicio de tiempo difiere del desperdicio del material, en que no se puede salvar nada. Es en el que se incurre más fácil y frecuentemente de todos los desperdicios y el más difícil de corregir, porque no deja basura como el material.” Henry Ford

En la producción mensual de la termo formadora objeto de este estudio se han dado 6 cambios de moldes, mismos que representan un total de 13,39 horas o 2,23 horas en promedio por cada cambio.

La política de la empresa es producir para mantener un inventario en bodega capaz de sostener la demanda. Con el propósito de mantener un nivel de productividad adecuado, la programación de la producción se enfoca en realizar el menor número posible de cambios para evitar tiempos perdidos. Por lo general se trata de hacer grandes corridas con producciones de lotes de gran tamaño, con la idea de mejorar la eficiencia del proceso. Esto trae algunos inconvenientes para la empresa, por Ej.:

- Exceso de inventarios
- Falta de productos porque no se producen cuando el mercado los necesita.
- Se sobrepasa el límite físico de almacenamiento de las bodegas.
- Costo de mantener inventario
- Pérdida de imagen con los clientes.
- El inventario de productos terminados es creado con el propósito de lograr buenas eficiencias en lugar de pensar en buenas ventas.
- Obsolescencia de inventario

- Reducción del flujo de efectivo.

De acuerdo a la teoría de restricciones (TOC), los inventarios son una forma de dinero en efectivo invertido con baja eficiencia.

Es importante anotar que no solo esta forma de producir es causa de los inconvenientes arriba anotados. Existen otros factores de igual o quizás de mayor importancia como la falta de una adecuada previsión de ventas, lo que deja a la programación de producción sin un soporte adecuado para su estimación de cuándo y cuanto producir, ya que sin esta precisión de la demanda la programación debe realizarse de acuerdo a históricos de ventas que no necesariamente reflejan la situación real y puntual del mercado.

Debemos tener claro que los tiempos de entrega a los clientes, no solo radican en la producción de los artículos sino que a su vez hay otros tiempos de entrega de otras áreas involucradas:

- De ser necesario desarrollo del producto (Diseño).
- Compras de materias primas (Compras-Importaciones)
- Procesamiento del pedido (Ventas-Finanzas)
- Distribución (Bodega de despacho-Logística)
- Tomas de decisiones coordinación (Dirección-Ventas)

Partiendo de lo expuesto es simple darse cuenta que producción es solo una parte de todo el proceso de entrega del producto a los clientes.

Desde el punto de vista de Lean Manufacturing la única actividad que agrega valor al cliente es la corrida de producción. Las demás actividades como: Ubicación en la secuencia de la programación, Alistamiento de máquinas para los cambios de trabajo, Tiempos en tránsito y esperas por revisiones de control de calidad son actividades que

deben ser consideradas como desperdicio. El objetivo de la producción esbelta es eliminar o minimizar estas actividades o MUDA.

Es fácil entender que los cambios de trabajo cuestan dinero por el tiempo que toma llevarlos a cabo, por esta razón la planificación de la producción intenta reducirlos al máximo sin embargo Shingeo Shingo de Toyota encontró que se pueden producir lotes pequeños sin incurrir en sobrecostos.

Normalmente en la industria de plásticos un cambio puede tomar horas antes del SMED y solo unos minutos después de la aplicación de la técnica. Tenemos que considerar que el tiempo de cambio no se reduce con el fin de producir más sino para reinvertir el tiempo ahorrado en cambios más rápidos para /reducir el tamaño de los lotes y lograr mejor atención a los clientes, es decir generar más ingresos para la empresa. (Jaramillo, 2010)

4.7.1 Análisis de la Situación Actual

Actualmente el programa de producción es la base para determinar cuando y donde debe hacerse un cambio de trabajo. El equipo de producción lo conoce con suficiente anticipación y de ésta manera puede anticiparse y estar debidamente preparada. Sin embargo se presentan urgencias o errores de programación y es aquí donde se originan la mayor cantidad de problemas.

La operación completa del cambio de molde fue filmada y revisada por el equipo de producción. El equipo de trabajo es el mismo que se conformó para el estudio del OEE. Se dejó claramente definido que no se busca observar quien hace más lento o más rápido el trabajo, sino que el estudio intenta mejorar las condiciones para todos. También quedó establecido que es un trabajo que debe hacerse en equipo, que no es

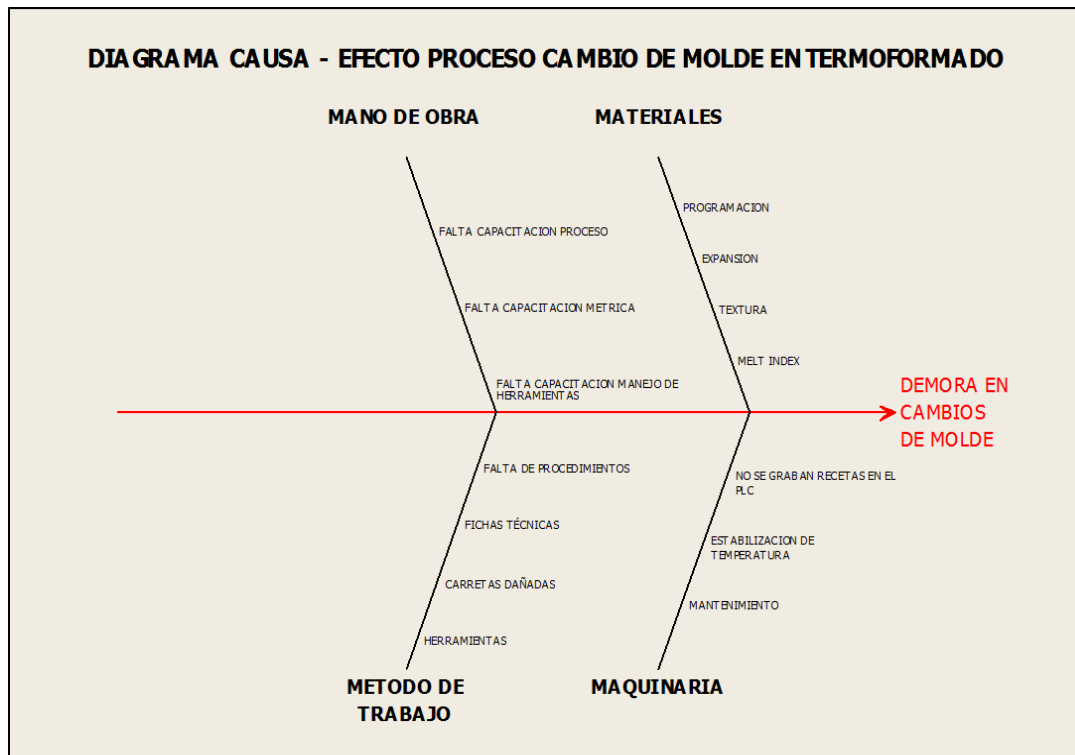
trabajo de una sola persona sino que se necesita la colaboración y participación de todos.

Con el equipo de trabajo se diseñó un sistema de trabajo considerando los siguientes puntos:

- Definir las actividades que son parte del cambio de trabajo
- Revisión del video para determinar los tiempos de cada actividad.
- Definir qué actividades pueden considerarse como internas, externas o si deberían eliminarse
- Análisis con toma de tiempos
- Unificación de criterios para “hablar el mismo idioma”
- Revisar la documentación: hojas de cálculo, diagramas, reportes, etc.
- Proponer una lluvia de ideas para el análisis de las tareas priorizando las que emplean mayor tiempo y que se puede hacer para una reducción de los tiempos
- Proponer un detalle de las asignaciones de cada persona del grupo, así como de sus responsabilidades.
- Es importante poner de relieve que durante estas reuniones se puso énfasis a que jamás se iba a poner en riesgo la seguridad de los operadores por obtener una reducción de los tiempos de cambios.

Se condujo al equipo a realizar una lluvia de ideas sobre los problemas que son frecuentes durante un cambio de trabajo. El resultado se muestra en el diagrama Causa-Efecto (Gráfico 8).

Gráfico 8 DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA CAMBIOS DE MOLDE



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Se diseñó un formato con un check list de todo lo que debía estar listo antes de que la máquina se detenga (Anexo 4).

Se diseñó un formulario (Anexo 3) para levantar la información.

El primer levantamiento de información se presenta en la figura 15:

La tarea 1 “cargar parámetros del proceso” disminuye su tiempo en razón de que los parámetros de trabajo de cada producto deben ser grabados en el PLC de la máquina y luego simplemente se cargan ubicando en el PLC el producto que ya ha sido registrado en alguna ocasión anterior. En este caso esta opción estaba deshabilitada y fue necesario pedir al departamento de mantenimiento su habilitación. Actualmente los parámetros de proceso se registran en un documento llamado ficha técnica del proceso del producto “X”. Estos datos debían ser llenados uno por uno en el PLC de la máquina.

La tarea 3 “Buscar herramientas” debe eliminarse. Ahora se emplea un carro con todas las herramientas necesarias para un cambio de molde que debe estar junto a la máquina en el momento mismo que empieza el cambio.

El tiempo de las tareas 5 y 11 “desconectar mangueras de enfriamiento” y “colocar mangueras de enfriamiento” se reduce por el cambio de abrazaderas que se usan actualmente y que se sujetan con un destornillador. El uso de mangueras con dispositivos de acople rápido macho-hembra es lo idóneo. De este modo solo basta con acoplar y desacoplar las mangueras en cada molde. Debe existir también un manifold en cada lado de la máquina donde estén instaladas la suficiente cantidad de mangueras, puesto que no todos los moldes tienen la misma cantidad de entradas y salidas de agua. Algunos de éstos acoples se presentan en la figura 17

Figura 17 ACOPLER RÁPIDOS

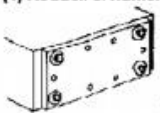







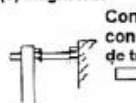

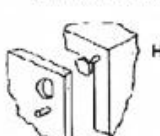

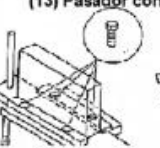
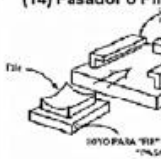
Fuente: MTM Ingenieros

También existen en el mercado mordazas para la sujeción de los moldes, para evitar el uso de los pernos, figura 18. Los tornillos y pernos son los peores enemigos de los cambios rápidos. Sus funciones principales son posicionar y apretar. Su esfuerzo se aplica solo en la vuelta final, lo que significa que las demás vueltas son desperdicio.

Antes del inicio del cambio tanto molde como herramienta necesario deben estar ubicados junto a la máquina. De esta manera la tarea 7 se convierte en externa.

Figura 18 EJEMPLOS DE ACOPLE RÁPIDO

SMED: Single Minute Exchange of Die.
Cambio Rápido de Configuración de Máquina.

Métodos de apriete rápido que contribuyen a reducir el tiempos de montaje y se pueden usar en SMED	
<p>(1) Reducir el número de tornillos o pernos de 10 a 4 los puntos de fijación. Revisar la magnitud y dirección de las fuerzas actuantes.</p> 	<p>(2) Método de roldana o arandela en "C" ó "U"</p>  <p>No se debe quitar la roldana.</p>
<p>(3) Método de ranura en forma de Pera. Apretar en la sección angosta introducir y retirar en la sección ancha.</p> 	<p>(4) Método de ranura en "U"</p>  <p>Montaje Anclaje</p>
<p>(5) Variante del Metodo de la ranura de Pera.</p>  <p>cabeza de anclaje.</p>	<p>(6) Método de Tuerca tipo Mariposa oscilante.</p> 
<p>(7) Método de Leva.</p> 	<p>(8) Método instantáneo de restricción de funcionamiento.</p>  <p>Anclaje Rodamiento y resorte para los pernos.</p>
<p>(9) Magnstos.</p>  <p>Contacto con pieza de trabajo. Magneto</p>	<p>(10) Método de Gatillo con manija</p>  <p>Puede ejercer presiones de 500 Kg/cm2</p>
<p>(11) Herradura con maneral</p>  <p>Herradura maneral Tope rotativo</p>	<p>(12) Antideslizamiento de Engranés.</p>  <p>Mediante caja de engranes cubierta Topes Mediante tope de anillo.</p>
<p>(13) Pasador con manivela</p> 	<p>(14) Pasador o Pin con resorte</p>  <p>SOLUCIÓN CON BATERÍA "PASADOR" RESORTE BOYO PARA "TOP" "PASADOR" "TOP"</p>

Fuente: MTM Ingenieros

El ajuste de los topes de los moldes (tarea 18) consiste en dar la abertura necesaria entre las dos partes del molde. Esto se realiza en la máquina de acuerdo al espesor de la lámina de PS, pero si hay un debido

control en el proceso de extrusión, esta tarea debería realizarse en el taller previo al montaje en la máquina.

En este caso hemos obtenido una reducción de 76 minutos. Esta cantidad varía en función del tamaño del molde, de la máquina donde se realice el cambio y del producto que se vaya a producir, pero para este estudio se seleccionó un cambio de trabajo que puede ser considerado como una media del total de cambios que se hacen en todas las máquinas.

Tomando como referencia los 6 cambios que se realizaron en un mes x un ahorro medio de 1,27 horas x \$70/hora= \$533,4/mes.

El ahorro anual aproximado es de \$6400. Y el ahorro de toda la sección si consideramos 18 maquinas del mismo tipo sería de \$115200. Esto sin considerar algunas posibles inversiones que podrían ayudar a disminuir aún más el tiempo de cambio de los moldes y sin considerar otros equipos diferentes pero que también llevan consigo cambios de trabajo.

4.7.2 Evaluación final

Después de aplicar todas las mejoras realizadas a lo largo de éste estudio decidimos realizar un nuevo ensayo, esta vez con un producto específico y comparar el mismo producto fabricado en la misma máquina y registrado en el ensayo anterior. (Tabla 8)

Tabla 8 EVALUACION DE DATOS Parte 1 de 2

VIANDA 7 OZ	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	TOTAL
Tiempo Potencial de Producción (C)	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	600	720	720	720	9960
Tiempo de Producción (A)	578,35	619	687	655	590	631	654	603	655	543	641	676	674	674	8893
Calentamiento															
Daño Eléctrico		50													50
Daño Mecánico	34				60	33			30						157
Cambio de molde o trabajo	55														55
Espera por soporte técnico					25					12					37
Limpieza											12				12
Fallas imputables al proceso															0
Cambio de repuesto								58							58
Falta de rollos con reposo															0
Falta de pedidos															0
Cambio de rollo	40	51	33	65	45	56	66	59	35	45	67	44	46	46	698
material defectuoso															0
Calibración	12,65	10,73	14,05	11,9	29,8	35	24,5	15,6	17,4	15,5	17	21,7	29,9	7,49	263,22
No programada															0
Sin programa															0
Producción buena (D)	58.000	54.000	47.000	47.000	52.000	53.000	53.000	52.000	49.000	48.000	54.000	54.000	54.000	54.000	729000
Producción Defectuosa	1.245	12.200	1.617	12.390	3.667	5.110	1.679	1.517	1.614	1.369	1.399	865	952	1.698	47322
Producción Total (Actual E)	59.245	66.200	48.617	59.390	55.667	58.110	54.679	53.517	50.614	49.369	55.399	54.865	54.952	55.698	776322
Velocidad estandar	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Producción Esperada (F)	69.402	74.280	82.440	78.600	70.800	75.720	78.480	72.360	78.600	65.160	76.920	81.120	80.880	80.880	1065642
Disponibilidad (A/C)	0,80	0,86	0,95	0,91	0,82	0,88	0,91	0,84	0,91	0,91	0,89	0,94	0,94	0,94	0,89
Rendimiento (E/F)	0,85	0,89	0,59	0,76	0,79	0,77	0,70	0,74	0,64	0,76	0,72	0,68	0,68	0,69	0,73
Calidad (D/E)	0,98	0,82	0,97	0,79	0,93	0,91	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,97	0,94
OEE	67,13%	62,50%	54,40%	54,40%	60,19%	61,34%	61,34%	60,19%	56,71%	66,67%	62,50%	62,50%	62,50%	62,50%	61,08%

Fuente: Investigación Directa
 Elaborado por: Andrés Alarcón

EVALUACION DE DATOS Parte 2 de 2

	22-may-14		23-may-14		24-may-14		25-may-14		26-may-14		27-may-14		28-may-14		TOTAL
VIANDA 7 OZ	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	I TURNO	II TURNO	
Tiempo Potencial de Producción (C)	720	720	720	720	720	720	720	720	540	720	720	720	720	720	9.900,0
Tiempo de Producción (A)	271,38	659,8	637,42	623,8	337,7	598,8	651	579,6	445,33	477,9	533,1	388,1	507,2	652,7	7.363,8
Calentamiento															
Daño Eléctrico					360					150		284,5			794,5
Daño Mecánico	215						25				123,2		140		503,2
Cambio de molde o trabajo	180									13,8					193,8
Espera por soporte técnico															0,0
Limpieza	36,12		8,68			77,6		35,2	40,1	20,9	47,9		25,1		291,6
Fallas imputables al proceso															0,0
Cambio de repuesto				45				60							105,0
Falta de rollos con reposo															0,0
Falta de pedidos															0,0
Cambio de rollo	17,5	60,2	73,9	51,2	22,3	43,6	44	45,2	54,57	57,4	15,8	47,4	47,7	67,3	648,1
material defectuoso															0,0
Calibración	161,1	81,9	84	69	196,8	185,8	102	17,5	123,45	35,8	136	82,3	12,67	100,3	1.388,6
No programada															0,0
Sin programa															0,0
Producción buena (D)	12.000	62.000	58.000	55.000	14.800	32.000	33.000	46.400	30.000	46.400	41.000	32.000	48.000	58.000	568.600,0
Producción Defectuosa	7.348	5.914	7.890	9.451	13.952	27.581	14.500	10.325	12.968	2.112	12.970	8.133	4.724	7.770	145.638,0
Producción Total (Actual E)	19.348	67.914	65.890	64.451	28.752	59.581	47.500	56.725	42.968	48.512	53.970	40.133	52.724	65.770	714.238,0
Velocidad estandar	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
Producción Esperada (F)	32.566	79.176	76.490	74.856	40.524	71.856	78.120	69.552	53.440	57.348	63.972	46.572	60.864	78.324	1.522.274,4
Disponibilidad (A/C)	0,38	0,92	0,89	0,87	0,47	0,83	0,90	0,81	0,82	0,66	0,74	0,54	0,70	0,91	0,74
Rendimiento (E/F)	0,59	0,86	0,86	0,86	0,71	0,83	0,61	0,82	0,80	0,85	0,84	0,86	0,87	0,84	0,47
Calidad (D/E)	0,62	0,91	0,88	0,85	0,51	0,54	0,69	0,82	0,70	0,96	0,76	0,80	0,91	0,88	0,80
OEE	13,89%	71,76%	67,13%	63,66%	17,13%	37,04%	38,19%	53,70%	46,30%	53,70%	47,45%	37,04%	55,56%	67,13%	0,28

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Andrés Alarcón

Tabla 9 EVALUACIÓN DE DATOS DEL ESTUDIO

	Anterior	Actual	Variación %
Producción buena	568600	729000	28,21
Producción defectuosa	145638	47322	-67,51
OEE	28	61,08	118,14

La diferencia es considerable, pero el hecho cierto es que el OEE inicial es demasiado bajo, debido a las varias causas que se han expuesto en este estudio. Aún así el OEE actual puede ser aceptable para la mayor parte de las empresas, pero recordemos que el OEE en las empresas de clase mundial está en el orden del 85% para arriba.

La forma de cálculo hace del OEE un severo índice. En la práctica generalmente se acepta un OEE de clase mundial como se muestra en la tabla:

Ahora aplicaremos el índice de productividad. (Tabla 10)

Horas Hombre Estándar/Hora Hombre trabajada para aplicarlo a nuestro estudio.

Tabla 10 ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD

	Anterior	Actual	Variación %
Horas Hombre Utilizadas	660	660	
HH Std Unitaria	0,000556	0,000556	
Producción Unidades	568600	729000	
HH Std.	315,89	405,00	
HH Std/HH Trabajada	47,86%	61,36%	28,90%

En términos del índice utilizado hemos obtenido un aumento de productividad del 28,9% lo que si bien es un incremento significativo, también refleja que se está desperdiciando el 38,64% del recurso mano de obra

El estudio presentado nos anima a impulsar las herramientas Lean para mejora continua, seguros de que con su constante aplicación logremos cada vez más importantes aumentos de la productividad y de esta forma aportemos al desarrollo del país.

4.8 Conclusiones

Contestando las preguntas iniciales de la investigación tenemos:

El marco Teórico nos direcciona al OEE como herramienta para una correcta medición de nuestros procesos

Con la estadística de Producción se determinó cuál es la máquina que produce el mayor número de productos, por lo tanto de mayor incidencia al área de Ventas.

Como se indica a lo largo de la tesis se forman los equipos de trabajo incluyendo un operador, personal de mantenimiento, Supervisor y un Jefe de Producción.

Se establecen los nuevos indicadores y se los utiliza en un seguimiento de un mes de trabajo en planta.

Como se describió se valoraron los datos con las herramientas de Pareto e Ishikawa para analizar las causas de pérdida de productividad, y se encontró que los cambios de molde son los que más inciden en la baja

eficiencia. Por tanto se aplicó el SMED para disminuir los tiempos perdidos.

El OEE calculando el rendimiento anterior al uso de SMED como herramienta para cambio rápido arrojaba un valor de 28%, realizando todas las actividades de análisis y mejora dentro del trabajo de calibración de molde se consigue un incremento hasta llegar al 61.08%, teniendo 33.08% de incremento en la productividad, probando nuestra hipótesis inicial que estimaba llegar a un 20% de incremento.

Otras consideraciones que debemos tener con el uso del SMED y el OEE son:

- SMED contribuye a la planificación de la producción y a la empresa misma evitando innecesarios crecimientos de los inventarios por medio de cambios de trabajo en tiempos más cortos sin afectar los requerimientos de los clientes.
- La aplicación del OEE en las industrias es de mucha utilidad para observar cómo están trabajando sus máquinas, ya que inmediatamente se puede observar si lo están haciendo mejor o peor.
- Si bien el total de unidades por unidad de tiempo son parte del OEE, sin embargo no es lo mismo que el clásico concepto de eficiencia que indica cuantas unidades produce una persona o máquina por unidad de tiempo. El OEE involucra la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.
- El OEE siendo solo un indicador no puede ser usado para comparar con los OEE de otros equipos. El OEE solo puede ser comparado contra el mismo equipo.
- El OEE no puede ser usado como “herramienta de castigo” o para medir el desempeño de los operadores. Esto puede llevar al fracaso de su implementación.

- El OEE por sí solo no cambia nada. Tal como se lo ha expresado anteriormente el OEE es un termómetro de las pérdidas que ocurren en una máquina. La aplicación de las herramientas para reducir estos desperdicios o pérdidas corresponden a un buen manejo gerencial.
- Como toda herramienta Lean, la aplicación efectiva de OEE y del SMED solo se puede lograr con la participación efectiva de todos los niveles de la organización, involucrando necesariamente a la dirección de la empresa. Si esto no está bien entendido, es posible que su aplicación no de sus resultados esperados.
- La aplicación de estas herramientas debe ir acompañada de otras técnicas Lean, tales como TPM o 5S. Hay que prestar atención especial al mantenimiento preventivo, a fin de anticiparse a posibles daños de las máquinas. Junto con el orden y el aseo como primer paso para la implementación de estas dos técnicas y sumadas a la participación activa de los diferentes niveles de la organización, se habrá dado un paso importante en la meta de reducción de desperdicios.
- El SMED destruye el paradigma *“Siempre lo hemos hecho de ésta manera”*. El SMED corrige errores que se derivan de la falta de un procedimiento eficiente para realizar los cambios de trabajo, mediante la capacitación del personal involucrado a fin de evitar realizar tareas que no son necesarias, instruyéndolos en la preparación de actividades previas al cambio y no dejándolas para hacerlas en el último momento.
- El SMED contribuye con los diseños de máquinas o equipos. Muchas veces en la adquisición de las máquinas se prescinde de ésta consideración ya sea por un pobre diseño del fabricante o por una situación de tipo económico al considerar el costo de la máquina, sin tomar en cuenta futuros problemas de tiempos de instalación, mantenimiento o tiempos de cambio.

“Si buscas resultados diferentes no hagas siempre lo mismo” Albert Einstein

GLOSARIO

Actividades sin valor agregado: Acciones ejecutadas por el personal encargado de los procesos productivos que hacen que el costo de los productos finales se incrementen.

Administración empírica: Cuando la experiencia, la lógica y la intuición de los directivos son el preponderante para la administración de una Unidad de Negocio. Muchas veces esta visión no permite la aplicación de mejoras al no permitir a causa de su desconocimiento la aplicación de nuevas técnicas y habilidades de tipo académico.

Andon: Dispositivo que está ubicado dentro de las áreas de producción y que permite observar en tiempo real el estado del sistema, alertando de esta manera cualquier inconveniente que pudiese presentarse.

Cadena de Valor: Sucesión de actividades encadenadas que crean valor en una organización que van desde la adquisición de materias primas e insumos hasta el despacho de productos terminados o servicios.

Cambio de Trabajo: Es el cambio de herramental, insumos, materias primas, es decir todo lo que lleve intrínseco un alistamiento de máquina para pasar de la producción de un trabajo a uno siguiente.

Defecto: Es toda no conformidad con la calidad de un producto y/o servicio.

Desperdicio: Cualquier empleo de materia prima, tiempo de máquina o equipo, u otro recurso que se emplee más allá de lo que esté determinado por un estándar.

5Ss: Una de las herramientas de la manufactura esbelta empleada para la organización del área de trabajo mediante el empleo de estándares bien definidos y el empleo de la disciplina el orden y el aseo.

Cuello de botella: Cualquier evento o proceso que restrinja el flujo de un proceso.

Desperdicio: Todo recurso mal empleado que no agrega valor a los procesos.

DMAIC: Siglas en Inglés que significan Define, Measure, Analyze, Improve, Control, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Inventario: Materias primas, insumos, productos en proceso, producto terminado que aún no ha sido facturado.

KPI's: Indicadores clave de desempeño. Sistema de medición debidamente estructurado de acuerdo al tipo de negocio para evaluar el desempeño de la organización.

Lean Manufacturing o Producción Esbelta: Producción de artículos o servicios con el menor costo posible mediante la disminución de todo tipo de desperdicios y mediante el manejo de niveles adecuados de inventario.

Mejora continua: Esfuerzo cotidiano para hacer más competitiva una unidad de negocio, mediante la aplicación de técnicas modernas y sólidos conocimientos académicos.

Muda: Palabra de origen japonés que significa "Desperdicio", considerando a éste como a cualquier actividad que no agregue valor a los procesos.

Name Plate Capacity: Indica la velocidad de diseño de la máquina.

OEE Overall Equipment Effectiveness: Efectividad Total del equipo. Herramienta lean que mide en conjunto la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

Estándar de Producción: La velocidad teórica máxima para una combinación producto máquina.

Productividad: Entradas/Salidas. En términos de manufactura la producción saliente/Recursos utilizados.

Restricción: Evento o unidad de trabajo que restringe el flujo de un proceso productivo.

Secuencia de trabajo: Actividades que se suceden a través del flujo de un proceso o de una programación de producción.

SMED: Single minute Exchange of die. Técnica para reducir tiempos de Cambio de Trabajos.

Tiempo de ciclo de una máquina: El tiempo que emplea una máquina en producir un artículo.

Tiempo de Montaje: El tiempo que dura la actividad de cambiar de molde o trabajo para iniciar la producción de otro producto. Se considera desde que la máquina produce el último producto bueno hasta que comienza a producir el primer producto de buena calidad.

TPM (Total Productive Maintenance): Enfoque competitivo dirigido a la eliminación de tiempos perdidos en las máquinas y equipos mediante la aplicación de un adecuado mantenimiento que garantice su buen funcionamiento.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1: Formato utilizado actualmente para el reporte de la producción y de recursos utilizados.

PLÁSTICOS DEL LITORAL PLASTLIT S.A.
 -DESCARTABLE - INYECCIÓN
INFORME DIARIO DE PRODUCCIÓN

FECHA:.....

TURNO:..... 1 2

AYUDANTE..... Cód.....

AYUDANTE..... Cód.....

AYUDANTE..... Cód.....

AYUDANTE..... Cód.....

AYUDANTE..... Cód.....

CÓDIGO MAQUINA.....

SECCIÓN.....

OPERADOR.....

CÓDIGO.....

MANO DE OBRA

N° HORAS TRABAJADAS	
CODIGO DEL TRABAJADOR	

HORAS DE LA ORDEN PRODUCCIÓN	INICIO	a.m.	p.m.	
	7:30		8:00	

HORAS MAQUINA	INICIO	a.m.	p.m.	
	7:30		8:00	

TIEMPO PERDIDO	(min.)	(cod.)	CAUSA

N° ORDEN PRODUCCIÓN	CLIENTE	DESCRIPCIÓN	PRESENTACIÓN	Rolo	N° ROLLO	PESO (kg)	DESP (kg)	N° BULTOS	X	Unds. BULTO	SUBTOTAL	TOTAL

OBSERVACIONES:

Vto. Bno. AJUSTADOR

SUPERVISOR

Anexo 5: Formato para Check List Smed

Check List SMED		
Máquina	Fecha	
Acción	SI	NO
Se conoce programa de producción		
Personal para el cambio		
Herramental listo		
Montacarga manual		
Molde listo		
Rollos junto a la máquina		
Material de empaque listo		
Conoce Control de Calidad		
Operadores listos		

BIBLIOGRAFÍA

- Arno, K. (2003). OEE Industry Standard. Version 2.0. Bloom Consultancy.
- Bin Ahmad, Muhammad Hafiz. (2009). *Implementación del OEE para Compañía de Manufactura Electrónica*. Malasia.
- Blom, S. (2012). *Medir el OEE y eliminar los desperdicios usando pequeños grupos de actividades*. Holanda: Fuji Photo Film.
- Cabrera, R. (s.f.). *slideshare.net*. Obtenido de smed-single-minute-exchange: <http://es.slideshare.net/cabrerafael/smed-single-minute-exchange-of-die-cambio-rpido-de-configuracin-de-mquina#>
- Cevallos, A. F. (2012). Aplicación de las Herramientas Lean Manufacturing en Plastimec Cía Ltda. *Metodología de Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Quito, Ecuador.
- Chase, Richard B; F. Robert. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*.
- Chase-Jacobs-Aquilano. (2005). Administración de la producción y operaciones. *Producción y Operatividad*.
- Comunidad FormulaF1.es. (2010). *La evolución de las paradas en boxes*. Recuperado el 2012, de <http://www.formulaf1.es/36924/la-evolucion-de-las-paradas-en-boxes/>
- Consulting, A. (2012). *www.alfraconsulting.com*. Recuperado el 2014, de <http://www.alfraconsulting.com/?cat=34>
- Crespo, G. R. (2005). *SMED: Montaje de moldes y utillajes auxiliares*. España: Universidad de Burgos. Escuela Politécnica Superior.
- eficaces, T. C. (2002). *www.plastico.com*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/Cambio-rapido-de-moldes,-una-forma-de-ser-mas-competitivo+3066316?pagina=4>
- Excel, P. p. (s.f.). *www.planillaexcel.com*. Obtenido de <http://www.planillaexcel.com/planilla-de-excel-para-el-calculo-del-roi>
- Goldratt, E. M. (2005). *La Meta. Teoría de las Restricciones*. México: Ediciones Regiomontanas.
- Gutiérrez Garza, G. (2000). *Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones*. México: Ediciones Castillo S. A. de C. V., Monterrey, Nuevo León, Quinta Edición.
- Hansen, B. (2001). Overall Equipment Effectiveness. En B. Hansen, *Overall Equipment Effectiveness*.

- Hora Hombre Standard Unitaria. (2009). *www.wikipedia.org*. Recuperado el marzo de 2014, de *www.wikipedia.org*
- Jaramillo, G. (2010). *Tecnología del Plástico: Cambio rápido de moldes, una forma de ser más competitivo*.
- KHUDOs Plásticos. (08 de 06 de 2010). *Termoformado a presión; ¿Qué es y cómo funciona?* Recuperado el 2014, de <http://q-2.es/index.php/blog-de-noticias-khudos/que-es-termoformado.html>
- Koch, A. (1990). *www.oeindustriestandard.com*. Obtenido de *www.oeindustriestandard.com*
- Koch, A. (1999). OEE Toolkit ans OEE for Operators. En K. Arno. Productivity Press.
- Koch, A. (2011). *The complete OEE user guide*. Third Edition.
- Koch, Arno. (2009). *OEE for the Production Team*.
- Lean Manufacturing. (Enero de 2012). *www.vorne.com*. Recuperado el Enero de 2014, de *www.vorne.com*
- LEAN Production. (2010). *www.leanproduction.com*. Recuperado el marzo de 2014, de *www.leanproduction.com*
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the word greatest manufacturer*. NewYork: McGraw-Hill.
- Marchwinski, C. &. (2003). *Lean lexicon: A graphical glossary for lean thinkers*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.
- May, C. (2006). *Centre of Excellence for TMP (CETPM)*. Ansbach - Alemania: Ansbach University of Applied Technology.
- McIntosh, R. (2001). *Improving changeover performance: A strategy for becoming a lean, responsive manufacturer*. Woburn: Butterworth-Heinemann.
- MTM Ingenieros. (2010). *MTM Ingenieros*. Recuperado el 2014, de Qué es la SMED: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>
- Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program*. Tokyo: Productivity Press.
- Nicholas, J. (1998). *Competitive manufacturing management*. Boston, MA: Irwin/McGraw Hill.
- OEE Foundation. (2010). *www.oeefoundation.com*. Recuperado el marzo de 2014, de *www.oeefoundation.com*

- OEE Industry Standard. (2012). *The OEE Calculation*. Recuperado el 2014, de <http://oeeindustrystandard.oeefoundation.org/oee-calculation/>
- OEE Industry Standard Endeavour. (2001). OEE Industry Standard. En *OEE Productividad Multinacional*.
- OEE Industry Standard Foundation. (1999). *oeeindustrystandard.oeefoundation.org*. Recuperado el marzo de 2014, de <http://oeeindustrystandard.oeefoundation.org>
- Ono, T. (1998). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Tokyo: Productivity Press.
- Palomino, Miguel. (2012). Desarrollo de herramientas LEAN Manufacturing para Envasado de Lubricantes. Perú.
- Plastics Technology. (01 de 2011). *THERMOFORMING: New Roll-Fed Systems Boost Output & Flexibility*. Recuperado el 2014, de <http://www.ptonline.com/articles/thermoforming-new-roll-fed-systems-boost-output-flexibility>
- Plastlit S.A. (2014). Plásticos del Litoral S.A. *Estudios e Informes Técnicos - Area de Termoformado*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Producción, Herramientas LEAN: Los siete Desperdicios. (2010). *www.leanproduction.com*. Recuperado el marzo de 2014, de www.leanproduction.com
- Robinson, A. (1990). *Modern approaches to manufacturing improvement: The Shingo system*. Portland, OR: Productivity Press.
- Sematech. (1995). *Semiconductor Manufacturing Productivity Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guidebook*. Sematech.
- Shingo, S. (2002). SMED. *SMED, Técnicas para Reducción de Tiempos de Productividad*. Japón.
- Total Productive Maintenance. (1982). Metodología TPM (Total Productive Maintenance). En S. Nakajima, *TPM Tenkai*. Tokyo - Japón.