

UNA HERRAMIENTA DE MEJORA, EL OEE (EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO)

Ing. Hugo Leonel Alonzo González

Maestrante de la República de Guatemala de Ingeniería Industrial
Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya

En el presente artículo se definen los conceptos de Efectividad Global del Equipamiento (OEE) como herramienta de mejora continua, enmarcado en la industria manufacturera actual y su relación con el Mantenimiento Productivo Total (TPM), y como el mismo mide a diferencia de otros indicadores en un solo Ratio el porcentaje de efectividad de las máquinas y líneas con respecto a su máquina ideal equivalente; el cual es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Esta clasificación proviene de la filosofía del TPM, en la que se definen “Seis Grandes Pérdidas”. Estas pérdidas hacen reducir el tiempo efectivo del proceso y la producción óptima a alcanzar y por lo tanto la elevación del costo de producción.

In the present article are define the concepts of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) as a tool for the continue improvement, framed in the actual manufactory industry and it's relationship with the Total Productive Maintenance (TPM), and how he measures in one single ratio the percent of effectiveness of each production line and machine against it's ideal equivalent machine, which it's calculate combining three elements associated with any production process: Availability, Performance and Quality. This classification is included in the TPM Philosophy, in which the “Six Big Loses” are defined. This Loses are responsible for the reduction of the effective time in a process and the optimal production level to obtain and in consequence, the increment of the production cost.

UNA HERRAMIENTA DE MEJORA, EL OEE (EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO)

Autor: Ing. Hugo Leonel Alonzo González.

Maestrante de la Republica de Guatemala de Ingeniería Industrial
Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya

OEE es el acrónimo para Efectividad Global del Equipo (en inglés Overall Equipment Effectiveness) y muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. La diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad.

El concepto de OEE nace como un KPI (Key Performance Indicator, en español Indicador Clave de Desempeño) asociado a un programa estándar de mejora de la producción llamado TPM (Total Productive Maintenance – Management, en español Mantenimiento Productivo Total). El objetivo principal del programa TPM es la reducción de costos.

OEE y su relación con el TPM

El OEE mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje, que es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción:

- **Disponibilidad:** tiempo real de la máquina produciendo
- **Rendimiento:** producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
- **Calidad:** producción sin defectos generada

Al mismo tiempo, el OEE analiza y califica los diferentes tipos de pérdidas que pueden producirse en un proceso productivo. Esta clasificación proviene de la misma manera del TPM, en el que se definen “Seis Grandes Pérdidas”. Estas pérdidas hacen reducir el tiempo efectivo de proceso y la producción óptima a alcanzar.

Disminución de Disponibilidad

Pérdidas de Tiempo:

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

Averías (Primera Pérdida):

Un repentino e inesperado fallo o avería genera una pérdida en el tiempo de producción. La causa de esta disfunción puede ser técnica u organizativa (por ejemplo; error al operar la máquina, mantenimiento pobre del equipo). El OEE considera este tipo de pérdida a partir del momento en el cual la avería aparece.

Esperas (Segunda Pérdida):

El tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera. La máquina puede quedarse en estado de espera por varios motivos, por ejemplo; debido a un cambio, por mantenimiento, o por un paro para ir a merendar o almorzar. En el caso de un cambio, la máquina normalmente tiene que apagarse durante algún tiempo, cambiar herramientas, útiles u otras partes. La técnica de SMED (en inglés Single Minute Exchange of Die; en español técnica de paradas al estilo fórmula uno para realizar un abastecimiento/cambios necesarios) define el tiempo de cambio como el tiempo comprendido entre el último producto bueno del lote anterior y el primer producto bueno del nuevo lote. Para el OEE, el tiempo de cambio es el tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto.

Disminución de Rendimiento

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

Microparadas (Tercera Pérdida):

Cuando una máquina tiene interrupciones cortas y no trabaja a velocidad constante, estas microparadas y las consecuentes pérdidas de velocidad son generalmente causadas por pequeños problemas tales como bloqueos producidos por sensores de presencia o agarrotamientos en las cintas transportadoras. Estos pequeños problemas pueden disminuir de forma drástica la efectividad de la máquina.

En teoría las microparadas son un tipo de pérdida de tiempo. Sin embargo, al ser tan pequeñas (normalmente menores de 5 minutos) no se registran como una pérdida de tiempo.

Velocidad Reducida (Cuarta Pérdida):

La velocidad reducida es la diferencia entre la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño. En ocasiones hay una considerable diferencia entre lo que los tecnólogos consideran que es la velocidad máxima y la velocidad máxima teórica. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías. Las pérdidas debidas a velocidades reducidas son por tanto en la mayoría de los casos ignoradas o infravaloradas.

Pérdidas de Calidad (Disminución de Calidad):

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

Deshechos (Scrap) (Quinta Pérdida):

Deshechos son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos por calidad, incluso aquellos que no habiendo cumplido dichas especificaciones inicialmente puedan ser vendidos como productos de calidad menor. El objetivo es “cero defectos”. Fabricar siempre productos de primera calidad desde la primera vez.

Un tipo específico de pérdida de calidad son las pérdidas en los arranques. Estas pérdidas ocurren cuando:

- Durante el arranque de la máquina, la producción no es estable inicialmente y los primeros productos no cumplen las especificaciones de calidad;
- Los productos del final de la producción de un lote se vuelven inestables y no cumplen las especificaciones;
- Aquellos productos que no se consideran como buenos para la orden de fabricación y, consecuentemente, se consideran una pérdida.

Normalmente este tipo de pérdidas se consideran inevitables. Sin embargo, el volumen de estas puede ser sorprendentemente grande.

Retrabajo (Sexta Pérdida):

Los productos retrabajados son también productos que no cumplen los requisitos de calidad desde la primera vez, pero pueden ser reprocesados y convertidos en productos de buena calidad. A primera vista, los productos retrabajados no parecen ser muy malos, incluso para el operario pueden parecer buenos. Sin embargo, el producto no cumple las especificaciones de calidad a la primera y supone por tanto un tipo de pérdida de calidad (al igual que ocurría con el scrap).

“Medir es Conocer”

Debido a que se ha visto que la producción diaria no se corresponde con la situación ideal, es necesario mostrar las desviaciones y buscar la forma de eliminarlas. El conseguir y obtener de forma clara las Seis Grandes Pérdidas – la diferencia entre la situación ideal y la actual – es por tanto el primer paso para empezar a mejorar. Al utilizar una metodología estandarizada para medir las Seis Grandes Pérdidas, los tecnólogos pueden centrar su atención en las mismas para su eliminación ya que una vez conocidas no serán admisibles.

La mayoría de los sectores industriales utilizan métodos de medición para su maquinaria destinada a la producción. Cantidades como el tiempo disponible, las unidades producidas, y algunas veces las velocidad de producción suelen ser el objeto de estas mediciones. Estos métodos son herramientas útiles para aquellos que desean conocer qué produce la máquina.

El TPM trabaja de modo diferente; el TPM no persigue sólo conocer qué ha producido la máquina, sino también que podría haber producido. Este es el motivo por el cual se buscan las pérdidas ocultas.

Objetivo del OEE

Medir el OEE (la Eficiencia Global de Equipo) es una herramienta simple pero poderosa con la que podemos obtener una valiosa información sobre lo que está ocurriendo en la actualidad. El OEE ayuda a los operarios ya que, al reflejar en un documento la evolución de las pérdidas de la máquina, promueve las acciones hacia su eliminación.

Resultados del OEE

El cálculo del OEE genera información diaria sobre el nivel de efectividad de una máquina o conjunto de máquinas. Además, identifica en cuál o cuales de las “Seis Grandes Pérdidas” se debe de centrar el análisis y solución en orden de prioridad. El OEE no es sólo un indicador con el que medir el rendimiento de un sistema productivo, sino que es un instrumento importante para realizar mejoras específicas una vez que ya hemos priorizado las pérdidas.

Implicación del equipo de producción

La efectividad de un equipo afecta en primer lugar a los operarios de producción de la planta. Por tanto, ellos son los primeros que deben implicarse en entender y calcular el OEE así como en planificar e implementar las mejoras en la máquina para ir reduciendo de forma continúa las pérdidas de efectividad.

Efectos sobre los operarios

Al ir midiendo el rendimiento diariamente el operario:

- Se familiariza con los aspectos técnicos de la máquina y la forma en la que procesa los materiales
- Focaliza su atención en las pérdidas;

Empieza a desarrollar un sentimiento cada vez más fuerte de propiedad con su máquina.

Efectos sobre los supervisores

Al ir trabajando con los datos del OEE el Supervisor o Jefe de Planta o Taller

- Va aprendiendo con lujo de detalles la forma en que sus máquinas procesan los materiales;
- Va siendo capaz de dirigir indagaciones sobre donde ocurren las pérdidas y cuales son sus consecuencias;
- Va siendo capaz de dar información a sus operarios y a otros empleados implicados en el proceso de mejora continua de las máquinas;

Va siendo capaz de informar a sus superiores sobre el estado en que se encuentran sus máquinas y los resultados de las mejoras realizadas en ellas.

Fórmula y Forma de cálculo de OEE

Para analizar la fórmula y forma de cálculo de OEE (*Ver Anexo No.1, Fórmula y forma de cálculo de OEE*).

Aplicación de OEE a un Proceso Industrial

Este caso práctico de aplicación de este sistema explica los aspectos técnicos más importantes del OEE durante su proceso de implementación en una línea de producción de una empresa dedicada a la manufactura de camas, específicamente en el área de acolchado (lugar en donde se fabrica el material enguatado que recubre el colchón de una cama).

El área específica de la línea de producción en estudio es el área de la máquina utilizada para elaborar el material enguatado que recubre un colchón. Básicamente este proceso de enguate consiste en unir los rollos de espuma o latex con tela mediante hilo de forma continua. Esta estación de trabajo esta conformada por la máquina enguatadora y dos operarios; encargados de su correcto abastecimiento y funcionamiento.

Paso No.1. Definir la capacidad instalada por modelo y tamaño

Fue necesario establecer la capacidad de la máquina enguatadora de acuerdo a cada modelo, diseño de costura y tamaño. Esto con el fin de tener metas establecidas para la remuneración por OEE. También se desea identificar, medir y cuantificar las principales causas de ineficiencia para poder mejorarlas. (Ver Anexo No.2, Tabla de Capacidad Instalada por modelo, diseño y tamaño).

Paso No.2. Capturar Información

La captura de información se lleva a cabo mediante un formato. Este formato permite capturar información a nivel operativo, es decir lo llena el operador y le sirve también para monitorear su desempeño. En este formato el operador debe de indicar la cantidad producida real por hora y analizarla contra la cantidad teórica que debió de haber producido. Luego, en un espacio asignado dentro del formato, debe de indicar porque razón no llegó a la cantidad estipulada por el formato de capacidad instalada.

La información que se necesita obtener es para:

1. Medir la productividad de cada estación de trabajo en cada turno.
2. Desplegar estos resultados visualmente en cada área para retroalimentar a los operadores de su desempeño.
3. Que las principales causas de ineficiencia estén identificadas e integradas al plan de mejora continua.
4. Que se tomen medidas correctivas generando resultados reales.

Paso No.3. Calculo del OEE

El cálculo del OEE puede realizarse en un programa especializado o en su defecto en una hoja electrónica de Excel donde se simule el calculo de este indicador. El desarrollo de la simulación en Excel es más práctico y económico; sin embargo los programas especializados tienen más herramientas que enriquecen al cálculo del OEE. La información que debe de ser ingresada es la relacionada a los tres grandes elementos asociados a un proceso de producción: disponibilidad, rendimiento y calidad. (Ver Anexo No.3, Hoja de Cálculo de OEE).

Clasificación OEE

El valor del OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. De esta manera se tiene la siguiente clasificación:

1. $OEE < 65\%$ Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
2. $65\% < OEE < 75\%$ Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
3. $75\% < OEE < 85\%$ Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
4. $85\% < OEE < 95\%$ Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.
5. $OEE > 95\%$ Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

Paso No.4. Procesamiento de Datos

Este paso consiste en la obtención y tabulación de los resultados de OEE y de las causas de ineficiencias (obtenido en el formato de captura de información) a lo largo de un período específico. La tabulación de esta información se puede realizar por operario o por estación de trabajo. Para este caso en particular se realizó por operario. Este paso es crucial, ya que a partir de aquí se identifican las principales fuentes de ineficiencia de una estación de trabajo que inciden directamente en el resultado de OEE de un operario. Al final del período en estudio se grafican los resultados de OEE y los resultados de las causas de ineficiencias, esto con el objetivo de analizar la tendencia del OEE a lo largo del tiempo de acuerdo con el comportamiento de las causas de ineficiencias registradas.

Paso No. 5. Planteamiento de propuestas para mejorar la productividad

Derivado del análisis de las principales causas de ineficiencias del paso anterior, se da el planteamiento de las propuestas para mejorar la productividad de la operación analizada. Para este caso en particular las principales causas de ineficiencia fueron: el abastecimiento de las máquinas (43%) y paros por problemas mecánicos (13%).

Las mejoras propuestas fueron:

1. Manejar un programa de abastecimiento de máquinas estratégico, con el apoyo de operario comodín (de abastecedor constante) con el fin de que la máquina no detenga su producción.
2. Mejorar la seguridad, el orden y la limpieza del área de enguate.

Paso No. 6. Obtención de Resultados

Los resultados obtenidos luego de haber aplicado las mejoras propuestas fueron muy positivos en términos del mejoramiento de la productividad. Tras haber adoptado un sistema de abastecimiento al estilo Pits Stop (paradas de abastecimiento al estilo de fórmula 1), los colaboradores saben ya que hacer en el momento crítico de abastecimiento o cambio de materiales, con el objetivo de perder el menor tiempo posible. Antes de la aplicación del OEE el tiempo de

abastecimiento de la máquina enguatadora era de 5 minutos, luego de haber aplicado la herramienta el tiempo de abastecimiento se redujo a 1 minuto.

Conclusiones Generales

1. El OEE es una herramienta de fácil manejo, con un lenguaje y definiciones accesibles para todos los operarios y tecnólogos que proporciona información sobre el nivel de efectividad de una máquina específica o una línea de producción y al referenciar la efectividad de la máquina con el máximo absoluto de disponibilidad, velocidad y calidad podemos focalizarnos íntegramente en las pérdidas y con ello en el potencial de mejora existente y al multiplicar los tres componentes se convierte en un indicador que refleja el cociente entre lo que estamos fabricando y lo que en teoría deberíamos estar fabricando durante un periodo de tiempo concreto

2. Los turnos de trabajo pueden influir sobre el OEE porque la información referida a las pérdidas permite a los turnos de planta iniciar mejoras específicas y enfocadas a los problemas detectados y por tanto guiar el OEE a la disminución del costo de producción sobre la base de la disminución o erradicación de las pérdidas y de este modo, los resultados de todas estas mejoras quedan reflejados en la evolución del OEE.

3. El OEE es un indicador fiable debido a que su cálculo no puede ser corrompido. Una vez que los estándares han sido establecidos, no tiene sentido dar información incorrecta. Cada uno de los tres factores que lo componen pueden ser alterado, pero el OEE permanece estable (ya que siempre lo podemos calcular como el ratio entre las piezas buenas obtenidas y las piezas que teóricamente deberíamos haber obtenido en el espacio de tiempo considerado). Los equipos de producción sólo podrían ocultar al proporcionar información errónea qué pérdida es la mayor y/o que mejoras tendrán el efecto deseado.

ANEXOS DEL TRABAJO

Anexo No.1

Fórmula y forma de cálculo de OEE

Elementos que conforman la fórmula del OEE

$$\begin{array}{lclclcl} \text{OEE} = & \text{Ratio de Disponibilidad (\%)} & \times & \text{Ratio de Rendimiento (\%)} & \times & \text{Ratio de Calidad (\%)} \\ \\ \text{OEE =} & \text{Tiempo de Funcionamiento} & \times & \text{Unidades producidas} & \times & \text{Unidades buenas} \\ \text{(Cálculo)} & \frac{\text{Tiempo Programado de Producción}}{\text{Tiempo Programado de Producción} - \text{(averías + esperas + restricción línea)}} & & \frac{\text{Unidades que teóricamente}}{\text{deberíamos haber producido}} & & \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades producidas} - \text{(scrap + retrabajos)}} \end{array}$$

****Si no hay pérdidas el OEE sería del 100% (la máquina ideal)**

Elementos

El **ratio de disponibilidad** refleja el tiempo durante el cual la máquina está fabricando productos, comparado con el tiempo que podría haber estado fabricando productos. Un *ratio de disponibilidad* menos de un 100% indica que tenemos **pérdidas de tiempo**: averías, esperas y restricciones de línea.

El **ratio de rendimiento** refleja qué ha producido la máquina, comparado con lo que teóricamente podría haber producido (es decir, la producción que deberíamos obtener si la máquina funcionase a la velocidad máxima teórica durante el tiempo de funcionamiento actual). Un *ratio de rendimiento* menor de una 100% indica que tenemos **pérdidas de velocidad**: microparadas y velocidad reducida.

El **ratio de calidad** refleja los productos buenos que hemos obtenido, comparado con el total de productos que hemos fabricado. Un *ratio de calidad* menor de un 100% indica que tenemos **pérdidas de calidad**: scrap (deshecho) y retrabajos, así como pérdidas en el arranque de máquina.

Anexo No.2

Tabla de capacidad instalada por modelo, tamaño y diseño

CAPACIDAD INSTALADA POR MODELO EN MAQUINA ENGUATADORA							CAPAS / HR			
							Imperial	Matrimonial	Queen	King
MAQ	RPM 1	RPM 2	MODELO	DISEÑO	FAMILIA	MTS / HR.	1.04	1.42	1.57	2.02
1	700	850	Modelo 1	Lineal Cerrado	1	38	37	27	24	19
			Modelo 2	Lineal Cerrado	1	38	37	27	24	19
			Modelo 1	Lineal Abierto	2	50	48	35	32	25
	800	950	Modelo 3	Lineal Abierto	3	80	77	56	51	40
			Modelo 4	Lineal Abierto	3	80	77	56	51	40
			Modelo 5	Lineal Abierto	3	80	77	56	51	40

NOTA: Definición para la nomenclatura utilizada

1. **RPM 1**, o Revoluciones Por Minuto Iniciales. Es la velocidad de arranque recomendada por el área de mantenimiento para operar la máquina enguatadora después de un paro por cambio de materiales.
2. **RPM 2**, o Revoluciones Por Minuto Final. Es la velocidad de operación recomendada por el área de mantenimiento para operar la máquina enguatadora después de comprobar el estado correcto de funcionamiento tras la velocidad RPM 1.
3. Imperial, Matrimonial, Queen y King; son los tamaños de las camas a fabricar. Los valores que aparecen arriba están dados en metros; siendo el tamaño Imperial el más pequeño y el tamaño King el más grande.

Anexo No.3

Hoja de Cálculo de OEE

Disponibilidad	Hora de Inicio
	Hora de Finalización
	Horas Trabajadas
	Horómetro Inicial
	Horómetro Final
	Horas Operativas
	Receso 1
	Receso 2
	Total Recesos

Desempeño	Hora Estimada de Inicio
	Hora Estimada de Finalización
	Horas Estimadas de Operación
	Hora Real de Inicio
	Hora Real de Finalización
	Horas Reales de Operación
	Unidades Estimadas por Hora
	Total Unidades Estimadas
	Total Unidades Producidas

Calidad	Total Unidades Producidas
	Unidades Desechadas
	Unidades a Reproceso
	Unidades de Muestra
	Merma en Unidades
	Total Unidades Aceptadas

Bibliografía

- www.aprendemas.com
- www.cursosdelpais.com
- www.free-logistics.com
- www.fullfact.com
- www.oeo.toolkit.com
- www.redindustria.blogspot.com
- www.wikipedia.org