

EL INDICADOR DE EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS COMO MÉTRICA PARA LA MEJORA DE PROCESOS

Raquel Caro-Carretero y Susana Ortiz-Marcos de la Universidad Pontificia Comillas

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7061>

1. LA TASA DE EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS

La información obtenida de la evaluación del desempeño de los procesos de producción y sistemas de transformación permite a directores y gerentes tomar mejores decisiones acerca de cómo manejar sus sistemas de producción más eficaz y eficientemente [1]. Para lograrlo, es necesario establecer las métricas adecuadas a efectos de valoración [2]. Una de las métricas más importantes y de uso del rendimiento de operaciones es la tasa de *Efectividad Global de los Equipos* (*Overall Equipment Effectiveness*, OEE en adelante). Este indicador es una métrica cuantitativa que se viene utilizando cada vez más en la industria no sólo para controlar y supervisar la productividad de los equipos de producción, sino también como un indicador y controlador de mejoras en los procesos y su rendimiento. La medición es una parte importante del trabajo de mejora ya que nos indicará si las medidas adoptadas están dando el resultado que se tenía como objetivo. Además, todo aquello que no se mide, difícilmente se podrá mejorar.

En este contexto, la OEE es capaz de identificar las oportunidades de desarrollo y dirigir los esfuerzos de mejora hacia

las áreas relacionadas con el equipo o utilización del proceso (disponibilidad), tasa operacional (rendimiento) y calidad. Así, la mejora de la efectividad con la que trabajan los equipos y las instalaciones permite el incremento de la efectividad de todo el sistema productivo.

OEE fue propuesto por Nakajima [3] como un enfoque para evaluar los progresos realizados a través de las iniciativas de mejora llevadas a cabo como parte de la filosofía de *Mantenimiento Productivo Total* (*Total Productive Maintenance*, TPM en adelante). El TPM es entendido como un conjunto de múltiples acciones que persigue eliminar las pérdidas por tiempos de parada de las máquinas [4]. Son los mismos operarios de producción que realizan las tareas de TPM de forma autónoma, haciéndose cargo de las técnicas necesarias y proponiendo mejoras en las máquinas que afecten a nuevos diseños de línea. Una vez aquí, resulta de gran importancia definir un sistema de indicadores accesible y fiable para capturar, medir, analizar y evaluar los resultados y desviaciones respecto al objetivo de manera sistemática.

Nakajima [3] define la OEE como métrica o medida de la evaluación de la efectividad del equipo. Así, la OEE intenta identificar pérdidas de producción y otros costes indirectos y “ocultos” que son los que contribuyen a una gran parte del coste total de las mismas. Estas pérdidas se formulan como una función de un número de factores mutuamente excluyentes [5]: disponibilidad, rendimiento (productividad o eficacia) y calidad. En esencia, la OEE es el resultado de multiplicar estos tres factores como se muestra en la Ecuación (1):

$$OEE(\%) = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{PRODUCTIVIDAD} \times \text{CALIDAD} \quad (1)$$

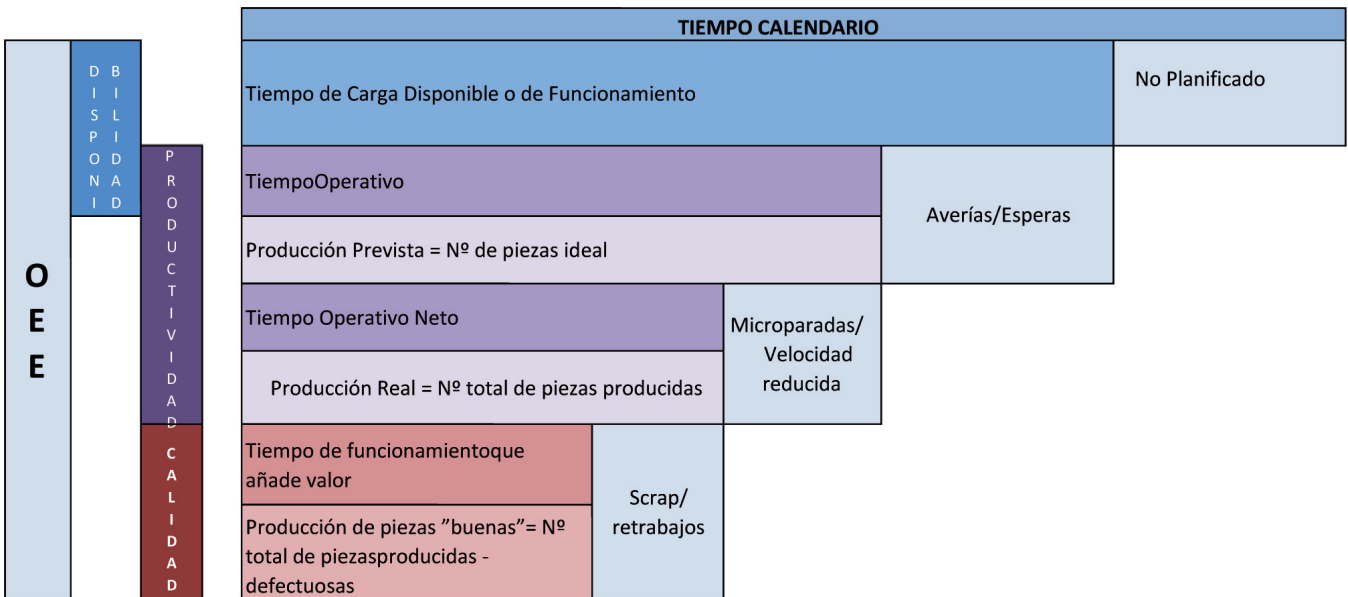


Fig. 1: Esquema de las componentes del indicador OEE

$$\text{DISPONIBILIDAD (\%)} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo de carga disponible}} = \frac{\text{Tiempo de carga disponible} - \text{Tiempos muertos (averías/esperas)}}{\text{Tiempo de carga disponible}} \quad (2)$$

$$\text{PRODUCTIVIDAD (\%)} = \frac{\text{Tiempo Operativo Neto}}{\text{Tiempo Operativo}} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Prevista}} = \frac{\text{Tiempo ciclo ideal} \cdot \text{Output}}{\text{Tiempo Operativo}} \quad (3)$$

$$\text{CALIDAD (\%)} = \frac{\text{Tiempo Operativo que añade valor}}{\text{Tiempo Operativo Neto}} = \frac{\text{Piezas "buenas"}}{\text{Producción Real}} \quad (4)$$

$$\text{OEE (\%)} = \frac{\text{PRODUCCIÓN "BUENA"}}{\text{PRODUCCIÓN TEÓRICA EN EL TIEMPO DISPONIBLE}} = \frac{\text{Tiempo Operativo que añade valor}}{\text{Tiempo de carga disponible}} \quad (5)$$

En la Fig. 1 se muestra la relación entre los distintos componentes de la OEE.

De acuerdo a este esquema se pueden calcular las distintas ratios como muestran las Ecuaciones (2-5).

Este indicador no trata de justificar las razones que explican la desviación, sino identificar las pérdidas para poder erradicar las causas que las originan. Cualquier expresión para calcular el OEE debería basarse en la identificación de las mismas y que impiden que el equipo alcance su máximo rendimiento. Así, el OEE no es sólo una métrica, sino que plantea un marco para mejorar el proceso. Es decir, señala qué partes del proceso son susceptibles de mejorar.

2. TIPOS DE PÉRDIDAS EN LA OEE

Las pérdidas son cualquier tipo de actividad que absorban recursos sin crear valor [6]. Si se clasifican las pérdidas por sus causas, se pueden encontrar pérdidas:

1. por **fallos** de las máquinas;
2. de **proceso**: la forma de utilizar el equipo durante el proceso productivo;
3. **externas**: debidas a factores que no pueden mejorarse por el equipo de mantenimiento de la fábrica, como por ejemplo por falta de materias primas, falta de personal o una caída de la demanda.

Estas últimas no son consideradas por el OEE, ya que no son responsabilidad del equipo de mantenimiento o de producción. Sin embargo, las debidas a fallos de máquinas y de proceso, que varían a lo largo del día, son las que causan la disminución en la efectividad de la máquina o equipo. Así, en la operación de una máquina, se pueden distinguir tres tipos de pérdidas (desperdicios o mudas) representados en la Fig. 1:

1. **Pérdida de tiempo**: la máquina o equipo debería estar funcionando pero no lo hace.
 - a) **Averías**: cuando un componente de una máquina pierde totalmente sus condiciones iniciales de funcionamiento, causando la parada obligatoria de la misma y la sustitución del elemento por parte de un técnico de mantenimiento. Los ajustes de la máquina hasta conseguir que vuelva a alcanzar su velocidad

nominal, se incluyen dentro del tiempo de avería.

- b) **Esperas**: cuando por algún motivo (cambio de lote o de formato, falta de aprovisionamiento de materiales...) la máquina se queda esperando.

2. **Pérdida de velocidad** (breakdowns): la máquina o equipo funciona, pero por debajo de su velocidad máxima de especificación.

- a) **Microparadas**: la máquina no funciona a velocidad constante y sufre interrupciones cortas e intermitentes. Por ejemplo, bloqueos producidos por sensores de frecuencia o agarrotamientos en las cintas transportadoras.
- b) **Velocidad reducida** (ralentización): diferencia entre la velocidad fijada actualmente y la teórica o de diseño. En ocasiones, la velocidad de producción se reduce para evitar otras pérdidas como pueden ser los defectos de calidad y las averías.

3. **Pérdida de Calidad**: la máquina o equipo produce productos que no cumplen los requisitos de calidad establecidos.

- a) **Scrap** (deshecho): productos que no cumplen los requisitos establecidos por calidad.
- b) **Retrabajo**: operaciones realizadas a los productos que no son buenos a la primera por no cumplir con los requisitos de calidad, pero que pueden ser reprocesados y convertidos en productos buenos.

La OEE sólo considera "buenas" las unidades producidas que salen conformes la primera vez, no las reprocesadas.

3. LOS FACTORES OEE

El primer gran bloque de pérdidas afecta a la ratio de *Disponibilidad* y el objetivo principal es identificar los problemas que generan las averías y paradas para trabajar sobre sus causas y así poder eliminarlas sistemáticamente. Para hacer frente a las mismas es fundamental contar con algún sistema o al menos una planilla de cálculo sencilla que permita obtener esta información con la frecuencia deseada, a partir de la cual se podrán recoger los datos, estratificarlos, elaborar diagramas

causa-efecto y el tan reconocido diagrama de Pareto, así como utilizar otras herramientas más sofisticadas como el histograma o los gráficos de control. En la Ecuación (2) el tiempo de carga disponible se refiere a la tiempo total disponible del equipo después de haber deducido el tiempo dedicado a las actividades planificadas que pueden haber interrumpido la producción, por ejemplo: calendario, horarios y mantenimiento planificado, descansos oficiales de producción, iniciativas de mejora de procesos o un ensayo de equipos, mantenimiento realizado por el operador de la máquina (equipos de limpieza), la formación del operario, etc.

El segundo gran bloque de pérdidas afecta al Rendimiento de operación, el cual mide el nivel de funcionamiento del equipo teniendo en cuenta las pérdidas por tiempos muertos, paradas menores y pérdidas por una velocidad más baja que la de diseño (ver Ecuación (3)). Los tiempos muertos son los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denominan Paradas Planificadas. Esto puede abordarse de la misma manera que la disponibilidad y con técnicas SMED (Single Minute Exchange of Die- Tiempo de cambio de un solo dígito o inferior a 1 minuto).

Para el tercer bloque de pérdidas, la tasa de *Calidad* mide la fracción de la producción obtenida que cumple los estándares de calidad reflejando aquella parte del tiempo empleada en la fabricación de piezas con defectos (ver Ecuación (4)). Se pueden volver a emplear las técnicas del primer bloque añadiendo algunas herramientas estadísticas como los estudios de capacidad de proceso basados en la dispersión (C_p o C_{pK}). Dentro de este contexto, se puede utilizar la metodología *Six Sigma* como métrica de calidad, persiguiendo eliminar la variabilidad en los procesos para conseguir una calidad más homogénea. El conocido *Rolled Throughtput Yield* (RTY en adelante) mide el rendimiento total de una fábrica vista como un sistema compuesto por una cadena de procesos de fabricación. Desde este punto de vista, el rendimiento total o RTY, será el producto del rendimiento individual de cada uno de los procesos que forman parte de esta cadena o sistema (*First Time Yield*, FTY en adelante). Por tanto, el rendimiento total del sistema (RTY) se calcularía como se muestra a continuación en la Ecuación (6):

$$RTY = FTY_1 * FTY_2 * FTY_3 * \dots * FTY_N \quad (6)$$

Siendo FTY_i el rendimiento individual de cada uno de los N centros de trabajo, equipos o líneas que forman parte del proceso o sistema y calculado como el número de unidades buenas entre el total de unidades fabricadas en el proceso, o lo que es lo mismo, la tasa de calidad calculada en el OEE.

4. MÁS ALLÁ DE LA MÉTRICA OEE

El propósito de la OEE, definido originalmente por Nakajima [3], es evaluar el progreso realizado por iniciativas TPM a través de una medida de los equipos individuales. Sin embargo, debido a que su uso en la industria es cada vez mayor, investigaciones posteriores han tratado de ampliar el ámbito de aplicación de la OEE a procesos o fábricas enteras. Además, la evaluación de su alcance también se ha ampliado a través

de la inclusión de más elementos del proceso de producción, no sólo la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Por ejemplo, Nachiappan y Anantharam [2] definen la efectividad global de una línea continua de producto. No obstante, casi todos los estudios descriptivos sobre la OEE, basados en su métrica, se utilizan para obtener conocimiento y comprensión del problema de investigación, y no suelen aplicar las consideraciones del análisis estadístico explicativo y/o predictivo. De esta forma, los resultados publicados hasta ahora aportan conclusiones muy generales del comportamiento de la OEE. Teniendo en cuenta esta necesidad, Caro y Ortiz [7] presentan un enfoque cuantitativo buscando la aplicación del análisis estadístico e identificando factores explicativos estadísticamente del indicador.

PARA SABER MÁS

- [1] Garza-Reyes J.A., Eldridge S., Barber K.D. et al. "Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures. A relationship analysis". *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2010. Vol. 27 No. 1. p. 48-62. <http://dx.doi.org/10.1108/02656711011009308>
- [2] Nachiappan R.M., Anantharam N. "Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system". *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2006. Vol. 17 No. 7, p. 987-1008.
- [3] Nakajima, S. *An Introduction to TPM*. 1988. Productivity Press, Portland, OR.
- [4] Ahuja I.P.S., Khamba J.S. "An evaluation of TPM initiatives in Indian industry for enhanced manufacturing performance". *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2008. Vol. 25 Issue 2 p.147-172. <http://dx.doi.org/10.1108/02656710810846925>
- [5] Huang S., Dismukes J., Shi, J. et al. "Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis", *International Journal of Production Research*. 2003. Vol. 41 No. 3, p. 513-27.
- [6] Mansour H., Ahmad M., Ahmed H. "Potential using of OEE in evaluating the operational performance of workover activities". *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems. 23rd International Conference on Flexible Automation & Intelligent Manufacturing*. Springer. 2013. p. 877-886. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-00557-7_72
- [7] Caro-Carretero R, Ortiz-Marcos S. "Factores determinantes en la tasa de rendimiento en una empresa del sector cosmético" *DYNA Management*. ENERO 2014. Vol. 2-1 p. [No Consta]. <http://dx.doi.org/10.6036/MN6983>