

Improvement of the calculation of the Overall Equipment Efficiency Indicator (OEE) using the Six Sigma methodology, in a balanced food production plant in Durán - Ecuador

Fiorella Vergara, Ing; Xavier Mancheno, Ing; Kenny Escobar-Segovia, MSc; Kleber Barcia-Villacreses, PhD
Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

fvergara@espol.edu.ec, xavreman@espol.edu.ec, kescobar@espol.edu.ec, kbarcia@espol.edu.ec

Abstract -- Nowadays, the implementation of the overall equipment efficiency indicator or better known as OEE for its acronym in English, in a balanced feed production company located in the city of Durán near Guayaquil-Ecuador, presented nonconformities in the results generated by the same due to the low accuracy of the data collected to obtain the indicator. The objective of this research is to increase the accuracy in the calculation of the indicator by identifying the root causes of the problem. To do this, the DMAIC methodology is used, consisting of 5 steps that are: Define, Measure, Analyze, Improve and Control. The solutions focused in a general way on the development of the knowledge of the TPM methodology and its metrics by training the personnel involved in the productive and administrative processes in order to guarantee the understanding of the methodology, the improvement of the formats used by the company and the tool used to calculate the indicator. With all the solutions implemented, the accuracy of the indicator calculation increased by 27%.

Keywords– OEE, Accuracy, DMAIC, TPM.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.291>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Mejora del cálculo del Indicador de Eficiencia General (OEE) utilizando metodología Seis Sigma, en una planta productora de alimentos balanceados en Durán – Ecuador

Fiorella Vergara, Ing; Xavier Mancheno, Ing; Kenny Escobar-Segovia, MSc; Kleber Barcia-Villacreses, PhD
Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863,
Guayaquil, Ecuador

fvergara@espol.edu.ec, xavreman@espol.edu.ec, kescobar@espol.edu.ec, kbarcia@espol.edu.ec

Resumen- En la actualidad la implementación del indicador de eficiencia general de los equipos o mejor conocido como OEE por sus siglas en inglés, en una empresa productora de alimentos balanceados ubicada en la ciudad de Durán cerca de Guayaquil-Ecuador, presentaba inconformidades en los resultados generados por el mismo, debido a la baja exactitud que tienen los datos recolectados para la obtención del indicador. La presente investigación tiene como objetivo el aumento de la exactitud en el cálculo del indicador mediante la identificación de las causas raíces del problema. Para ello, se hace uso de la metodología DMAIC, formado por 5 pasos que son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Las soluciones se centraron de manera general en el desarrollo del conocimiento de la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y sus métricas mediante la capacitación al personal involucrado en los procesos productivos y administrativos con el fin de garantizar el entendimiento de la metodología, la mejora de los formatos usados por la compañía y la herramienta usada para el cálculo del indicador. Con todas las soluciones implementadas se tuvo que la exactitud del cálculo del indicador aumentó en un 27%.

Palabras claves: OEE, exactitud, DMAIC, TPM

I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia general de los equipos o mejor conocido como OEE por sus siglas en inglés, es un indicador de eficiencia que mide que tan cerca se encuentra un proceso productivo de una producción perfecta, es decir que tan cerca está de fabricar productos buenos, lo más rápido posible y sin paras.

En las últimas décadas en las industrias, monitorear este indicador se ha convertido en una herramienta de decisión muy útil al ayudar a identificar en que parte del proceso es necesario la implementación de mejoras que ayuden a incrementar la productividad de las líneas de producción, pero siempre y cuando su implementación haya sido la adecuada y se haya considerado aspectos característicos del proceso, así como también demás factores que de no ser considerados, pudieran producir un mal cálculo del indicador.

Por lo anterior expuesto, en el presente proyecto se evalúa el actual proceso de medición del OEE en una planta productora de alimentos balanceados para determinar si la planta es capaz

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.291>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

de identificar oportunidades de mejora en sus procesos y si el indicador es fiel reflejo de la realidad de la planta.

La fábrica cuenta con 7 líneas de producción separadas por divisiones comerciales. La división de acuicultura produce comida para camarones, la división de salud animal comida para pollos, cerdos y ganado y la división de consumo comida para perros y gatos.

Actualmente la empresa calcula el OEE por cada una de las 7 líneas de producción y determinan a su vez un OEE global de toda la planta como se muestra en la figura 1.

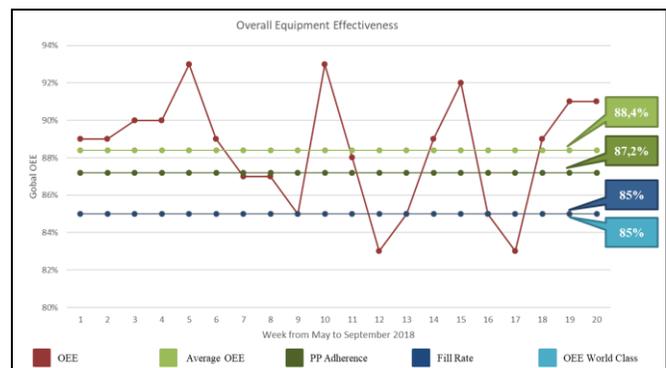


Fig. 1 Gráfico comparativo del OEE con la adherencia del plan de producción y el nivel de servicio de las semanas entre el mes de Mayo y Septiembre del 2018

Como se puede observar se hizo una comparación entre el OEE medido por la empresa (88,4%), otros indicadores que maneja la empresa contradicen este resultado, como lo son la adherencia al plan de producción (87,2%), el nivel de servicio (85%) y por último se hizo una comparación entre un OEE de clase mundial (85%) el cual se puede obtener mediante la automatización general de la planta y conociendo las condiciones de la planta, esto contradice su resultado.

Mediante la metodología DMAIC (definición, medición, análisis, implementación, control), se desarrolla el proceso de evaluación y análisis del actual sistema de medición del OEE para las líneas de producción de interés del cliente, así como

también la confiabilidad de la información usada como inputs para su cálculo y posteriormente se propondrán soluciones que garanticen la confiabilidad de la información y el correcto uso de la definición de OEE en cada uno de sus componentes con el fin de obtener un indicador que refleje la verdadera eficiencia de la planta tomando como punto de partida la línea más crítica.

II. REVISIÓN LITERARIA

Para profundizar un poco más el conocimiento del OEE y con el fin de rescatar casos de estudio que ayuden al entendimiento del problema presentado, se realizó una investigación en bases de datos académicos.

En una revista publicada en abril del 2008 llamada “Mantenimiento productivo total: Revisión literaria y direcciones” [1], se cita que en el entorno altamente dinámico y rápidamente cambiante de hoy, la competencia global entre las organizaciones ha generado mayores demandas para las organizaciones de manufactura [2], así como también se resalta que con un mercado global que cambia rápidamente, se exige mejoras en el rendimiento de una empresa al centrarse en reducir costos, aumentar los niveles de productividad, la calidad y garantizar las entregas para satisfacer a los clientes [3].

Se menciona además que la filosofía TPM se esfuerza por aprovechar la denominada capacidad oculta de los equipos no confiables e ineficaces [1], centrándose así en la reducción de la aparición de averías inesperadas de la máquina que interrumpen la producción y conducen a pérdidas, que pueden superar los millones de dólares anuales [4].

Se dice que TPM emplea OEE como una métrica cuantitativa para medir el rendimiento de un sistema productivo y es la métrica central para medir el éxito del programa de implementación de TPM [5]. Se define finalmente que el objetivo general de TPM es aumentar la efectividad general del equipo [6].

En otro artículo llamado “Overall Equipment Effectiveness (OEE) calculation – Automation through Hardware & Software development” presentado por Singh, Shah, Gohil, H. Shah, (2013) [7], se destaca los numerosos intentos que las compañías han hecho a través de los años para la gestión de sus procesos de manufactura tratando así de reducir los más comunes desperdicios como la pérdida de tiempo, dinero, energía y sobrecarga del personal de la planta. En este artículo se propuso el desarrollo de un software amigable programado en Visual Basic que serviría de interfaz para el cálculo del OEE de una máquina.

Se conoce sobre lo tedioso que es el proceso de cálculo de OEE para los trabajadores debido a la manipulación de información y el tiempo que toma realizar esta actividad y se mostraron los beneficios del programa desarrollado como el ahorro del tiempo del trabajador, la confiabilidad de la data y los cálculos y el fácil acceso a la información para el proceso de identificación de pérdidas.

A lo largo de los años las empresas han buscado diversas formas de calcular las eficiencias de sus máquinas con el fin de identificar y atacar pérdidas que les permitan ser más competitivos y no es sorpresa que muchas empresas hayan adaptado formas y estrategias que de cierta forma ayuden al cálculo de la real eficiencia de sus máquinas como es el caso de una industria del acero a cual se estudia y analiza en el paper llamado “Evaluación de la eficiencia general de los equipos basados en el mercado” [8].

En el paper se presenta un nuevo método de cálculo de eficiencia de los equipos basada en el mercado. En el caso particular de la industria de acero, la naturaleza y los altos costos de inversión inmersos en este tipo de industria llevo a la organización de este nuevo método.

El estudio concluye finalmente que si bien, los resultados para OEE al ignorar una cantidad considerable de posibles pérdidas ocultas podrían ser satisfactorios, el informe OEE-MB muestra un potencial de mejora. Refleja los cambios en el mercado interno y externo para la industria del acero y, por lo tanto, proporciona una herramienta no solo para el monitoreo sino también para gestionar la mejora [8].

En esta etapa también se indago sobre la mejora de la eficiencia general de los equipos como es el caso del artículo llamado “Evaluando el rendimiento de una línea de producción según la eficiencia general de los equipos: Un acercamiento basado en las buenas prácticas de mantenimiento” [9].

En este artículo se presenta un enfoque de mejora en una máquina de cableado automotriz bajo el concepto de OEE basado en las buenas prácticas de mantenimiento, como primera parte se implementó la definición de OEE en la máquina en cuestión, luego se implementaron las buenas prácticas de mantenimiento dando como resultado eventualmente una mejora significativa en el rendimiento de dicha máquina.

Con esto se demostró la importancia del indicador de eficiencia y como el hecho de saber y monitorear la eficiencia puede generar propuestas de mejora.

Así como se ha analizado el impacto y la importancia del indicador OEE en la industria en términos generales, en el siguiente artículo llamado “Mejora de la efectividad general

del equipo en entornos de fabricación de alto volumen y de mezcla baja” se hace un acercamiento al comportamiento del OEE dentro de diferentes ambientes de manufactura [10].

Como resultado se tuvo que a pesar de que el OEE y sus variaciones son muy útil en algunos ambientes de manufactura, no existe un método desarrollado para ambientes de alto volumen y mezcla baja, por lo que se desarrolló, analizó e implemento un nuevo método que incluyen todos los factores de efectividad de un equipo.

El método se denominó MEE o efectividad del equipo maquinado y fue implementado exitosamente en una industria europea. Se recalco además lo efectivo que resulta el uso de la métrica OEE en otros ambientes ajenos al analizado en este estudio.

En el artículo llamado “Desde la medición de la efectividad general del equipo (OEE) hasta la efectividad general del recurso (ORE)” [11], presenta como una alternativa a la métrica tradicional de eficiencia al ORE o mejor conocido como efectividad general de los recursos.

A diferencia del OEE, el ORE considera otros factores como el uso eficiente de las materias primas y el entorno de producción en el que opera el equipo.

Esta nueva propuesta fue desarrollada matemáticamente y simulada dejando como conclusión que el OEE puede no ser una medida adecuada para algunos procesos específicos y que ORE puede ofrecer una perspectiva más completa e información de los indicadores clave de rendimiento [11].

En el artículo llamado “Cálculo de la efectividad general del equipo en las operaciones de manufactura de bielas de conexión” [12], se refieren al OEE como una sola declaración, ya que la implementación de un sistema OEE se puede comparar con encender la luz en una habitación oscura.

Nada ha cambiado, pero las cosas se pueden ver más claramente [12], y se destacan las limitaciones del uso de un sistema de mediciones OEE como que el cálculo del porcentaje de OEE no se puede decir estadísticamente como válido, un porcentaje calculado de OEE supone que todas las pérdidas relacionadas con el equipo son igualmente significativas y cualquier mejora en el valor de OEE es una mejora positiva para toda la planta, el OEE calculado no es válido para realizar evaluaciones comparativas o comparar varios procesos, activos o equipos.

Es una medida relativa de la efectividad específica de un solo activo asociada a sí misma durante un período de tiempo. Sin embargo, OEE se puede usar para comparar equipos idénticos en situaciones idénticas que producen resultados idénticos [12].

Por otro lado, en el artículo llamado “Un método para optimizar la eficacia global del equipo” [13], se menciona la implementación del OEE en una empresa de ensamble de refrigeradoras y además el desarrollo de un modelo matemático que maximiza la eficiencia cuando los tiempos de operación son conocidos y determinísticos.

Se concluyó que para las empresas que ya tienen algún tiempo con la filosofía TPM implementada o en camino de implementación, el uso de algoritmos matemáticos en caso de que el proceso así lo facilite es vital para mejorar la eficiencia general de los equipos.

Luego se indago sobre métricas alternativas al OEE como el presentado en el artículo llamado “Evaluación de la efectividad de la línea general (OLE) en un sistema de fabricación de línea de productos continua” [8].

En él se dice que el concepto de mantenimiento productivo total proporcionó una métrica cuantitativa: efectividad general del equipo (OEE), para medir la efectividad de los equipos individuales en una fábrica, lo cual es significativo pero insuficiente ya que el sistema de fabricación de clase mundial (WCM) se enfoca en la línea de productos que involucra máquinas en serie [8].

Por ello se propuso la implementación de la efectividad general de la línea o mejor conocido como OLE por sus siglas. Se presenta una evaluación exitosa y efectiva de OLE que proporcionará una guía útil para los aspectos del proceso de producción en los que se pueden enfocar las ineficiencias para realizar mejoras en la línea de productos.

Finalmente, el resultado de este estudio hace posible representar la efectividad general de la línea de productos como un punto de referencia para que WCM compare el rendimiento de las diversas industrias basadas en la fabricación de líneas de productos continuas [8].

A. Objetivo:

Aumentar la exactitud del cálculo del OEE a través del análisis de la información de entrada con el fin de obtener un indicador confiable que refleje la verdadera eficiencia de la planta productora de alimentos balanceados.

B. Alcance:

Se definió que el proyecto tendrá como alcance el proceso de cálculo del OEE para las líneas de interés para nuestro cliente. El proceso de obtención del OEE se encuentra localizado en la planeación operativa del macroproceso de la compañía.

III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se propone la siguiente metodología, como se muestra en la figura 2.

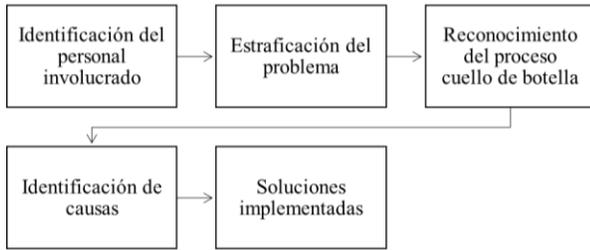


Fig. 2 Metodología de estudio

A. Identificación del proceso actual del OEE

Primero se debe realizar la identificación del personal involucrado en el proceso de obtención del OEE, así mismo, los formatos utilizados para la generación de información utilizada para obtener el indicador y para así obtener la confiabilidad de los datos.

B. Estratificación del problema

Dado que el OEE es un término que se utiliza globalmente en la fábrica y esta fábrica tiene 7 líneas de producción, para el estudio se debe estratificar el problema a una línea de producción.

En este caso, se realizó una estratificación por medio de las horas de paros obtenidas de cada una de las líneas de las fabricas durante los meses de mayo a septiembre del 2018.

Luego se hizo una comparación con el OEE en la línea escogida para conocer el comportamiento del indicador.

C. Reconocimiento de proceso cuello de botella

Una vez seleccionada la línea para el estudio, se debe analizar cada uno de los procesos involucrados en esa línea para conocer cuál de ellos es el que hace que la producción se retrase si ocurre alguna parada inesperada en el mismo, a este proceso se lo conoce como cuello de botella.

Se necesita conocer el proceso cuello de botella debido a que este nos dará la eficiencia global de la línea dado que es una línea de producción continua.

Para determinar dicho proceso, se realizó un estudio de capacidades exhaustivo entre cada uno de los procesos en la línea.

D. Identificación de causas

Para identificar las causas que hacen que el indicador no sea exacto, se realizó una lluvia de ideas con el grupo de trabajo, también se realizó un diagrama de Pareto para conocer cuál de ellas tiene una mayor influencia sobre el problema y finalmente se seleccionaron las causas (ver tabla 1).

TABLA 1
POSIBLES CAUSAS RAÍZ DEL MAL CÁLCULO DEL OEE

CAUSAS	
X1	Mala obtención del tiempo disponible
X2	El reporte diario de paros no es llenado apropiadamente
X3	Todo el tiempo de paros no programadas no es considerado diariamente
X4	El OEE es calculado con el tiempo disponible de las extrusoras y la cantidad producida por las máquinas de empaque
X5	Falta de capacitación de operadores
X6	Utilizan un ratio de producción global
X7	Errores en el traspaso de información
X8	Poco interés del personal que realiza los reportes
X9	El reproceso no está siendo considerado
X10	Existen retrasos en la entrega de reportes

Las causas obtenidas se analizaron exhaustivamente, para tener un conocimiento a que factores del OEE afectan a cada una de las causas.

E. Implementaciones

En esta etapa se buscaron soluciones a cada una de las causas raíces para así lograr que las implementaciones a realizar ataquen directamente al problema y se obtenga un indicador confiable.

IV. RESULTADOS

A. Identificación del proceso actual del OEE

En la figura 3, se puede observar cómo se realiza la obtención del OEE en la planta productora de balanceado. Los departamentos involucrados son: el departamento de producción, el departamento de planeación y el departamento de calidad; cada uno de

estos realizan los reportes necesarios para obtener el OEE final de la línea y eso informarlo al gerente de planta.

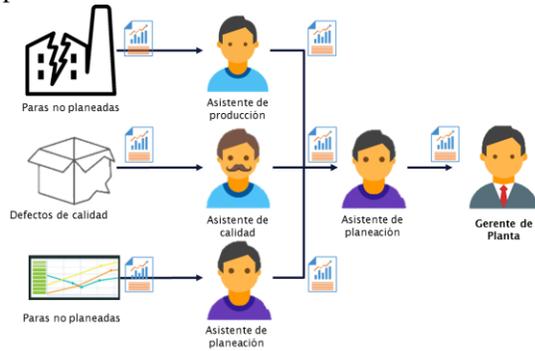


Fig. 3 Descripción de la obtención del OEE

B. Estratificación del problema

De a estratificación por cantidad de paras no programadas en el periodo de estudio, se pudo obtener que la línea 4 presenta la mayor cantidad de horas (ver figura 4)



Fig. 4 Paras imprevistas desde mayo a septiembre 2018

A continuación, se analizó el OEE obtenido por esa línea en el periodo de estudio, y la misma tenía un promedio de 92% de OEE (ver figura 5), lo cual indica existen errores en el cálculo del indicador.

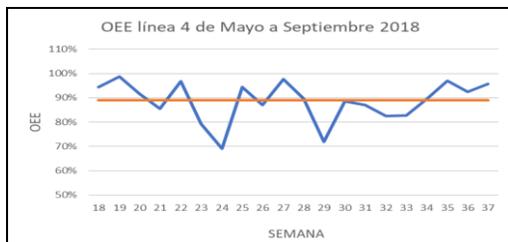


Fig. 5 OEE de la línea 4 de mayo a septiembre del 2018

C. Reconocimiento de proceso cuello de botella

Al realizar el análisis de capacidad se obtuvo que el proceso que limita la producción es el proceso de extrusión, esto se pudo obtener por el throughput de cada uno de los procesos involucrados (ver figura 6).

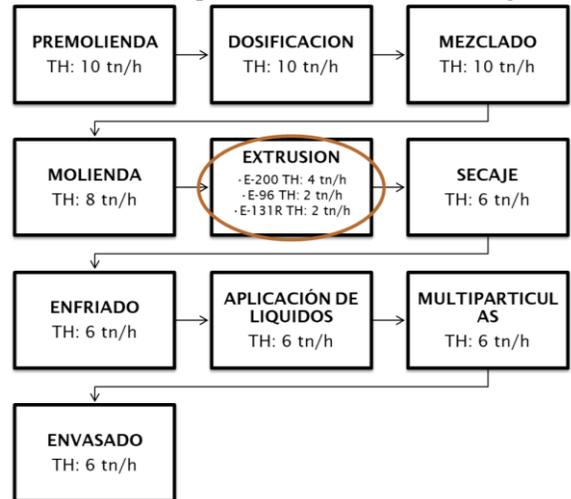


Fig. 6 Análisis de capacidad de las maquinas

D. Identificación de causas

Las causas más relevantes se pudieron obtener utilizando la herramienta diagrama de Pareto, como se puede observar en la figura 7.

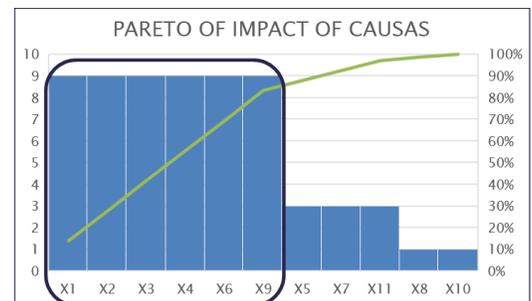


Fig. 7 Pareto del impacto de causas

- Mala obtención del tiempo disponible
- Todo el tiempo de paras no programadas no es considerado diariamente
- El OEE es calculo con el tiempo disponible de las extrusoras y la cantidad producida por las máquinas de empaque
- Utilizan un ratio de producción global
- Una parte del reproceso no está siendo cuantificado

Estas causas se analizaron a profundidad y se obtuvieron las causas raíces que afectan a cada uno de los factores involucrados en la obtención del OEE como se puede observar en la figura 8.



Fig. 8 Causas raíces que afectan a cada factor del OEE

E. Implementaciones

Analizando las causas raíces se realizó una lluvia de ideas en la cual se determinó las soluciones factibles para la empresa, las cuales fueron:

- Capacitar al personal involucrado en la obtención del OEE sobre la misma filosofía y la correcta manera de llenar los formatos.
- Mejorar y modificar los formatos utilizados por los operarios para la recolección de información.
- Mejorar la herramienta utilizada por la compañía.

Con las implementaciones realizadas se realizó una prueba entre la forma de medición del OEE anteriormente y la forma de medición del OEE propuesta, como se muestra en la figura 9.

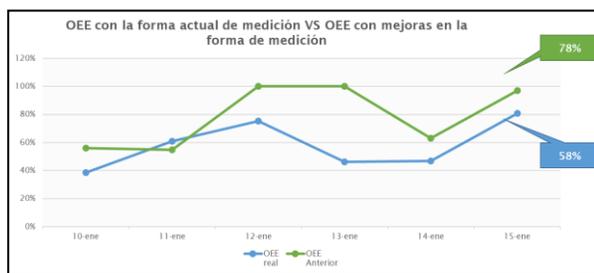


Fig. 9 Comparación entre OEE calculado por la empresa y el propuesto

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La exactitud del cálculo del OEE se incrementó en un 27% cumpliendo así el objetivo planteado inicialmente, la

información utilizada para calcular el OEE ahora es más accesible, comprensible y confiable. La empresa tiene conocimiento de su eficiencia real y de los costos de oportunidad que tienen, a su vez, existe un gran potencial de oportunidades de mejora en la compañía. Hay que continuar capacitando al personal de la fábrica sobre la filosofía TPM y la métrica del OEE para garantizar su compromiso con la empresa, también el desarrollo de nuevos proyectos para mejorar la eficiencia de las máquinas y la implementación de softwares para el registro de información, con el fin de manejar información más confiable y reducir el consumo de papel. Es necesario un estudio de factibilidad de implementación de otras métricas de eficiencia que se ajusten un poco más a la naturaleza del proceso.

REFERENCIAS

- [1] I.P.S. Ahuja, & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709-756. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/02656710810890890>
- [2] Miyake, D.I. and Enkawa, T. (1999), "Matching the promotion of total quality control and total productive maintenance: an emerging pattern for nurturing of well-balanced manufactures", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 10 No. 2, pp. 243-69.
- [3] Raouf, A. (1994), "Improving capital productivity through maintenance", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14 No. 7, pp. 44-52.
- [4] Gosavi, A. (2006), "A risk-sensitive approach to total productive maintenance", *Automática*, Vol. 42 No. 8, pp. 1321-30.
- [5] Jeong, K-Y. and Phillips, D.T. (2001), "Operational efficiency and effectiveness measurement", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 No. 11, pp. 1404-16.
- [6] Shirose, K. (1989), *Equipment Effectiveness, Chronic Losses, and Other TPM Improvement Concepts in TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Portland, OR.
- [7] Ranteshwar Singh, Dhaval B. Shah, Ashish M. Gohil, Milesh H. Shah, Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development, *Procedia Engineering*, Volume 51, 2013, Pages 579-584, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.082>.
- [8] Anvari, F., Edwards, R., & Starr, A. (2010). Evaluation of overall equipment effectiveness based on market. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 16(3), 256-270. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/13552511011072907>
- [9] Fattah, J., Ezzine, L., & Lachhab, A. (2017). Evaluating the performance of a production line by the overall equipment effectiveness: An approach based on best maintenance practices. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 30, 181-189. doi:<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.30.181>
- [10] Juan M. Jauregui Becker, Jesper Borst, Abele van der Veen, Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments, *CIRP Annals*, Volume 64, Issue 1, 2015, Pages 419-422, ISSN 0007-8506, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.126>.
- [11] Garza-Reyes, J. (2015). From measuring overall equipment effectiveness (OEE) to overall resource effectiveness (ORE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 506-527. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1850936138?accountid=171402>
- [12] Sonigra, S. S., & Qureshi, M. N. (2014). Computation of overall equipment effectiveness in connecting rod manufacturing operations. *IUP*

Journal of Mechanical Engineering, 7(3), 49-60. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1626672178?accountid=171402>

- [13] Marin Măinea, Luminița Duță, Paul Ciprian Patic, Ion Căciulă, A Method to Optimize the Overall Equipment Effectiveness, IFAC Proceedings Volumes, Volume 43, Issue 17, 2010, Pages 237-241, ISSN 1474-6670, ISBN 9783902661814, <https://doi.org/10.3182/20100908-3-PT-3007.00046>.