

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Mejora en el sistema de medición de la eficiencia general de los equipos
en una planta productora de alimentos balanceados”.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Xavier Rene Mancheno Urquiza

Fiorella Dennisse Vergara Arellano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente y de manera muy especial a Dios por ser nuestra guía durante el proceso de titulación, a nuestros padres por ser pilares fundamentales y nuestra principal fuente de motivación, a nuestros profesores por todo el cariño e incalculables conocimientos y experiencias brindadas que fueron y serán muy útiles para el desarrollo de nuestras vidas profesionales y finalmente a nuestros amigos por el constante apoyo e interés en el éxito del proyecto.

Xavier y Fiorella

DEDICATORIAS

A Dios por ser mi guía a lo largo de este camino y no dejarme caer en los malos momentos.

A mi padres los cuales con su amor y apoyo incondicional han estado siempre para alcanzar cada una de mis metas propuestas.

A mis profesores y tutor cuyo conocimiento y apoyo hicieron que este proyecto se culmine alcanzando las expectativas.

Fiorella Vergara

DEDICATORIAS

A Dios por brindarme salud y permitirme culminar mi proyecto de titulación.

A mis padres que con mucho cariño y amor han estado presentes brindando su apoyo incondicional.

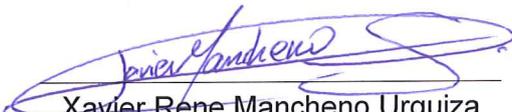
A mis profesores y tutor por todo el apoyo y conocimientos brindados para la correcta realización del proyecto y para mi desarrollo como profesional.

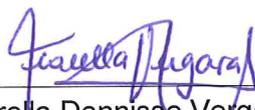
A mis amigos que han jugado un papel importante por el apoyo y el interés de su parte para el éxito del proyecto.

Xavier Mancheno

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Xavier Rene Mancheno Urquiza y Fiorella Dennisse Vergara Arellano, y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"


Xavier Rene Mancheno Urquiza
Autor 1


Fiorella Dennisse Vergara Arellano
Autor 2

EVALUADORES



~~Sofia López M.Sc.~~

PROFESOR DE LA MATERIA



Kleber Barcia Ph D

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente Proyecto fue realizado en una empresa productora de alimentos balanceados ubicada en la ciudad de Durán cerca de Guayaquil-Ecuador, la cual presentaba inconformidad sobre el indicador de eficiencia general de los equipos o mejor conocido como OEE por sus siglas en inglés, reportados a la gerencia. El objetivo del proyecto se centró en 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 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%. Finalmente se evidenció que el compromiso de los trabajadores fue mejorado y reflejado en el correcto uso de los formatos propuestos. La información recibida para el cálculo del OEE es ahora más confiable y la empresa obtiene un indicador que representa la realidad de su fábrica.

Palabras clave: Eficiencia general de los equipos, alimentos balanceados, indicador de eficiencia, exactitud de medición

ABSTRACT

The present Project was carried out in a balanced feed production company located in the city of Durán near Guayaquil-Ecuador, which presented disagreement on the indicator of overall equipment effectiveness or better known as OEE for its acronym in English, reported to the management. The objective of the project was focused on increasing 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 were 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 their 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 calculation of the indicator increased by 27%. Finally, it was evidenced that the workers' commitment was improved and reflected in the correct use of the proposed formats. The information received for the calculation of the OEE is now more reliable and the company obtains an indicator that represents the reality of its factory.

Key words: Overall equipment efficiency, balanced feed, efficiency indicator, measurement accuracy

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Variables de interés.....	4
1.1.2 Alcance	5
1.1.3 Restricciones.....	6
1.2 Justificación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Marco teórico	7
1.5 Revisión literaria	13
CAPÍTULO 2.....	19
2. Metodología	19
2.1 Medición	19
2.1.1 Estratificación del problema	19
2.1.2 Plan de recolección de datos	23
2.1.3 Verificación de datos	25

2.1.4	Proceso detallado.....	28
2.2	Análisis	30
2.2.1	Análisis de Causas.....	30
2.2.2	Plan de verificación de causas.....	35
2.2.3	Análisis de causas.....	37
2.2.4	Determinación de causas raíces	42
2.3	Mejora.....	43
2.3.1	Lluvia de ideas	43
2.3.2	Selección de soluciones.....	44
2.3.3	Plan de implementación de soluciones	47
2.4	Implementación	47
2.4.1	Mejorar y modificar los formatos utilizados para la recopilación de información por máquina	48
2.4.2	Capacitar al personal involucrado sobre OEE, la información requerida y el uso de los formatos.....	49
2.4.3	Mejorar la herramienta utilizada por la empresa para el cálculo del OEE	50
2.5	Control	53
CAPÍTULO 3.....		54
3.	Resultados y Análisis	54
CAPÍTULO 4.....		57
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	57
4.1	Conclusiones	57
4.2	Recomendaciones	57
BIBLIOGRAFÍA.....		58
APÉNDICES		61

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TPM	Total Productive Maintenance
DMAIC	Define, Measure, Analysis, Improvement, Control
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical to Quality
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
PT	Producto terminado

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Divisiones comerciales por líneas.....	2
Figura 1.2 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.....	3
Figura 1.3 Herramienta Critical to Quality	4
Figura 1.4 Diagrama SIPOC del proceso de obtención del OEE	5
Figura 1.5 Estructura general de un proyecto DMAIC	8
Figura 1.6.- Ecuación del OEE.....	12
Figura 2.1 Paras imprevistas desde mayo a septiembre 2018	20
Figura 2.2 OEE de la línea 4 de mayo a septiembre del 2018.....	20
Figura 2.3 Proceso productivo línea 4	21
Figura 2.4 Vista lateral de planta proceso de extrusión	22
Figura 2.5 Realidad del OEE	26
Figura 2.6 Registro diario de parámetros de extrusión – Línea 4	26
Figura 2.7 Horas programadas por extrusora por turno.....	27
Figura 2.8 Registro diario de paras por línea.....	27
Figura 2.9 Gráfico comparativo entre las horas de para del registro de extrusión y las horas de paras del registro de paradas.	28
Figura 2.10 Proceso detallado de la obtención del OEE.....	29
Figura 2.11 Lluvia de ideas sobre los errores de la obtención del OEE.....	30
Figura 2.12 Diagrama Causa – Efecto.....	31
Figura 2.13 Reunión con el equipo de trabajo	31
Figura 2.14 Pareto del impacto de causas.....	33
Figura 2.15 Matriz impacto-control.....	34
Figura 2.16 Distribución de las máquinas de extrusión del proceso	37
Figura 2.17 Tiempos usados en el cálculo del OEE	38
Figura 2.18 Reporte diario de paras no programadas del Operario.....	39
Figura 2.19 Registro diario de paras no programadas del Asistente	39
Figura 2.20 Tipos de reprocesos generados en planta.....	42

Figura 2.21 Lluvia de ideas de soluciones para el problema	43
Figura 2.22 Diagrama de relación entre las causas raíces y las soluciones propuestas	44
Figura 2.23 Matriz impacto-esfuerzo de las soluciones	45
Figura 2.24 Formato implementado para el registro de paras no programadas	49
Figura 2.25 Capacitación realizada al personal de la línea seleccionada	50
Figura 2.26 Herramienta actual usada para la obtención del OEE.	50
Figura 2.27 Interfaz del formato propuesto	51
Figura 2.28 Gráfico tipo velocímetro propuesto para una línea	52
Figura 2.29 Gráfico tipo velocímetro por máquina	52
Figura 3.1 Comparación entre OEE calculado por la empresa y el propuesto	54
Figura 3.2 Costo de oportunidad semanal	55
Figura 3.3 Diagrama de cajas entre el OEE actual y real.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Porcentaje de ocupación en los procesos de la línea de estudio.....	23
Tabla 2.2 Plan de recolección de datos	24
Tabla 2.3 Tabla de ponderación para las causas	32
Tabla 2.4 Resultados del impacto sobre las posibles causas.....	32
Tabla 2.5 Resultados de la evaluación	34
Tabla 2.6 Plan de verificación de causas o factores	36
Tabla 2.7 Tiempo planificado para extrusoras	38
Tabla 2.8 Planificación de tiempo para extrusoras	40
Tabla 2.9 Producción realizada en un día en específico en las empacadoras	40
Tabla 2.10 Obtención del OEE de un día específico.....	40
Tabla 2.11 Velocidad de máquina por producto	41
Tabla 2.12 Costos iniciales estimados por propuesta.....	46
Tabla 2.13 Análisis final de las soluciones.....	46
Tabla 2.14 Plan de implementación de soluciones	47
Tabla 2.15 Plan de control de las soluciones.....	53

CAPÍTULO 1

1. 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 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 como se muestra en la figura 1.1. 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.

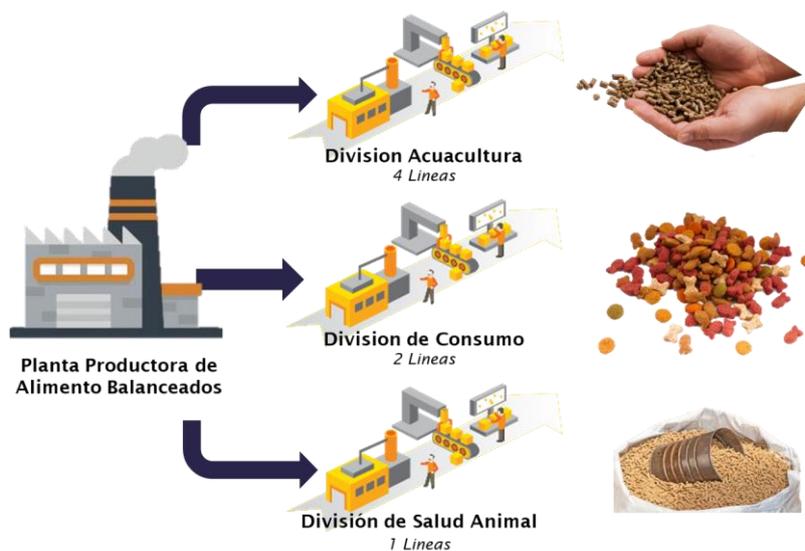


Figura 1.1 Divisiones comerciales por líneas

Fuente: Elaboración propia

Mediante la metodología DMAIC (definición, medición, análisis, implementación, control), en el presente documento 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.

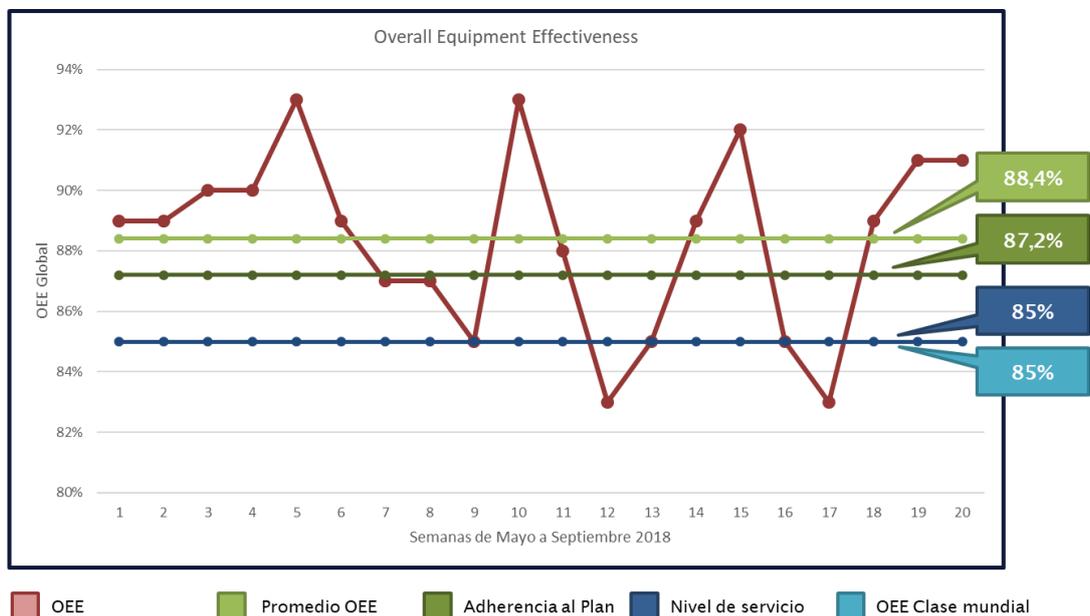
1.1 Descripción del problema

Actualmente, en la empresa de alimentos balanceados para animales, se presenta una inconformidad respecto al valor obtenido del OEE global de la planta debido a la falta de coherencia entre este y las situaciones diarias que vive la empresa como las paras imprevistas o defectos de calidad. Esto, se alinea con las quejas recibidas de parte de la gerencia de no tener un indicador que refleje la realidad de la planta.

Adicionalmente, el departamento encargado del cálculo de OEE carece de métodos de validación de la información que recibe de los departamentos de

producción y calidad, lo que de cierta forma conlleva a que se confíe en la información que se les proporciona.

En la figura 1.2. se presenta el porcentaje semanal del OEE desde el mes de mayo a septiembre del 2018, así como también la adherencia promedio del plan de producción y el fill rate promedio en el mismo período de tiempo, indicadores que servirán para realizar un contraste con el OEE promedio de las 20 semanas mostradas y que servirán para definir el problema.



Ngadiman, Y., Hussin, B. & Abdul, I. (2013, 28 agosto). *Exploring The Overall Equipment Effectiveness (OEE) In An Industrial Manufacturing Plant*.

Figura 1.2 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

Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede evidenciar que la planta de alimentos balanceados cuenta con un OEE considerado muy bueno y que representa el nivel de eficiencia de una empresa considerada de clase mundial según lo muestra la literatura o en el caso particular de Ngadiman, Yunos & Hussin, Burairah & Majid, Izaidin. (2013) que exponen en su investigación llamada “Exploring the overall equipment effectiveness (OEE) in an industrial manufacturing plant”, que una empresa de clase mundial tiene un nivel de OEE del 85% o superior. Con lo anteriormente mencionado el problema se define formalmente como:

“Según los registros, desde mayo a septiembre del 2018, una planta productora de alimentos balanceados ha alcanzado niveles promedio de 88% en el OEE, colocándola como una industria de clase mundial de acuerdo con la literatura, pero existen otros indicadores que contradicen ese resultado”

1.1.1 Variables de interés

Posterior a la identificación de los problemas que afectan a la empresa mediante el uso de la herramienta VOC o mejor conocida como la voz del cliente, se elabora un árbol de variables críticas o mejor conocida como CTQ. Esta herramienta es llevada a cabo con el cliente del proyecto, en el cual mediante una entrevista se conocen las necesidades de este, para posteriormente traducirlas en conductores de cada una de las necesidades y conocer los elementos críticos de estudio en el proyecto como se muestra en la figura 1.3.

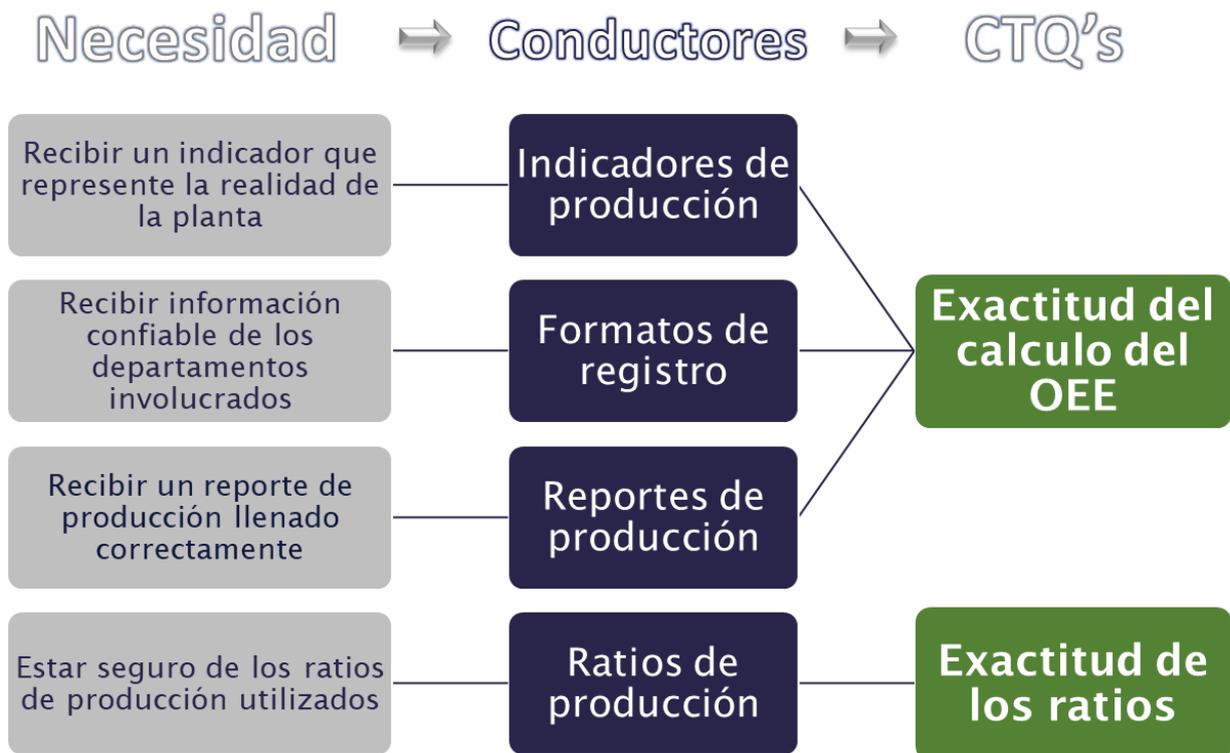


Figura 1.3 Herramienta Critical to Quality

Fuente: Elaboración Propia

Una vez descritas las variables críticas, se identifica la variable de respuesta del proyecto. Esta variable es definida como se muestra en la ecuación 1.1.

$$Y = 1 - \frac{OEE\ real - OEE\ actual}{OEE\ real} \quad (1.1)$$

Donde Y es la exactitud del cálculo del OEE la cual es calculada como 1 menos la diferencia entre el OEE real (es decir, el calculado con las soluciones que serán implementadas) menos el OEE actual (es decir, el OEE que es calculado por la empresa actualmente con sus métodos).

1.1.2 Alcance

Por otro lado, para definir el alcance del proyecto, se hizo uso de la herramienta SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) para identificar cada uno de los procesos involucrados en la obtención del OEE como se muestra en la figura 1.4. Posteriormente se definió que el proyecto tendrá como alcance el proceso de cálculo del OEE para las líneas de interés del cliente. El proceso de obtención del OEE se encuentra localizado en la planeación operativa del macroproceso de la compañía.

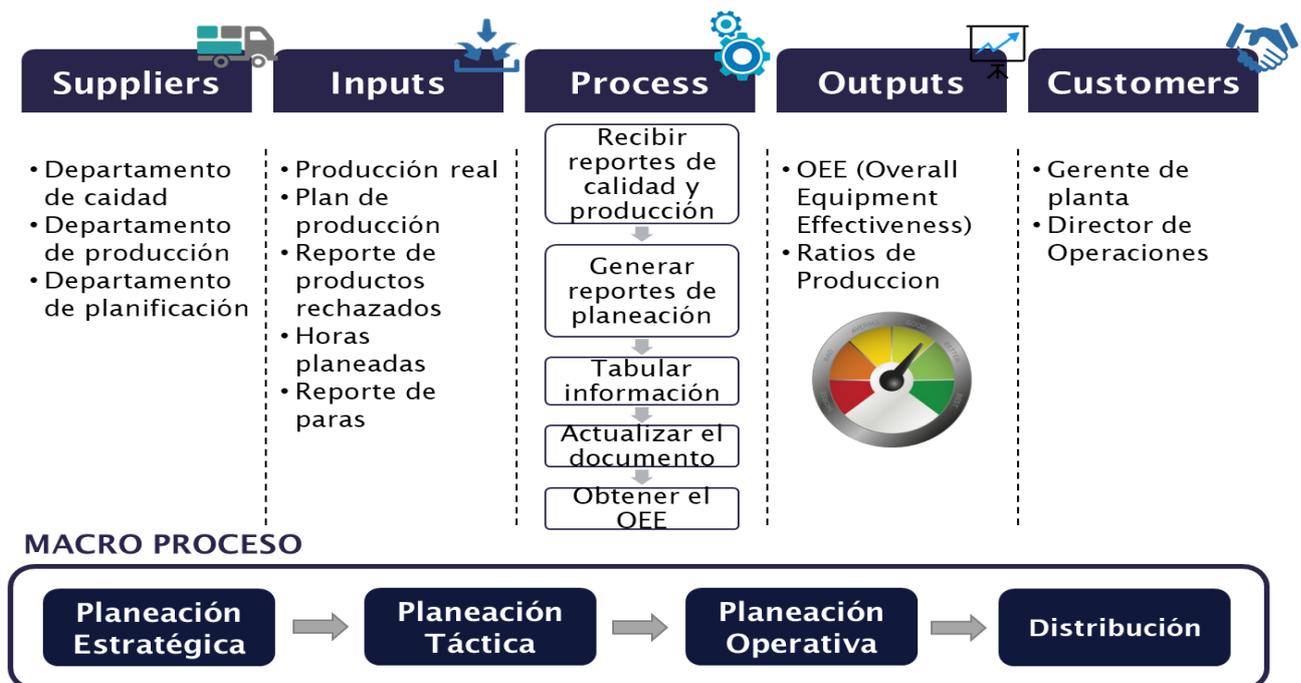


Figura 1.4 Diagrama SIPOC del proceso de obtención del OEE

Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Restricciones

El presente proyecto no presenta restricciones de ningún tipo debido a que su enfoque está en el proceso de cálculo del OEE, el cuál es un procedimiento requerido por la gerencia de la planta y que debe ser cumplido diariamente.

1.2 Justificación del problema

Actualmente, la mayoría de las empresas de todos los sectores han optado por la implementación de metodologías de mejora continua en sus procesos con el fin de mejorar la productividad de sus plantas productivas alcanzando así un nivel de competitividad que garantice el futuro de la compañía. La eficiencia general de los equipos o mejor conocido como OEE por sus siglas en inglés, es un indicador de gran ayuda para lograr identificar en que parte del proceso productivo se pudieran desarrollar oportunidades de mejora, midiendo la eficiencia de las máquinas que están involucradas en el proceso.

Sin embargo, si este indicador fuese mal calculado de tal modo que se obtenga un indicador que muestre que el proceso es eficiente cuando en realidad existen muchos problemas en la fábrica como paras imprevistos, rechazos por calidad o pérdidas de calidad, el indicador no servirá como un aliado de la identificación de oportunidades de mejora y el proceso seguirá funcionando como lo ha venido haciendo y la empresa seguirá teniendo pérdidas.

Es por esa razón que se vuelve muy importante que la implementación del OEE dentro de una planta sea la correcta y que garantice que el indicador representará la realidad de la planta. El presente proyecto busca proponer soluciones para la corrección del mal cálculo del OEE en la planta y que esta cuente con un indicador real que les permita identificar oportunidades de mejora que ayuden a la disminución de sus pérdidas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

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

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las causas que generan el mal cálculo del OEE para la implementación de soluciones que generen impacto y sean de mínimo esfuerzo.
- Calcular el verdadero valor del OEE en la línea de producción de estudio para que sirva como base para su implementación en las demás líneas de la fábrica.
- Incrementar la exactitud de la medición de OEE para que la empresa tenga un indicador que refleje la realidad de la planta y abra puertas a la implementación de proyectos de mejora.

1.4 Marco teórico

Six sigma

Es conocida mayormente como una metodología que ayuda a la mejora de procesos y cuya clave radica en la reducción de sus variabilidades, así como también en la combinación de herramientas estadísticas consiguiendo finalmente la reducción o eliminación de los fallos o defectos lo cual mejorará el nivel de desempeño de un proceso mediante decisiones acertadas. Este proceso se lleva a cabo en 5 etapas conocidas como DMAIC (Salazar Leobardo, 2015)

DMAIC

Es una metodología basada en una estructura de resolución de problemas que busca aumentar la productividad de las organizaciones involucradas. Contiene cinco fases que se obtienen por sus siglas en inglés: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Esta metodología forma parte integral de la iniciativa Six Sigma y su enfoque es la implementación rápida de mejoras. El procedimiento general de un proyecto DMAIC se muestra en la figura 1.5.

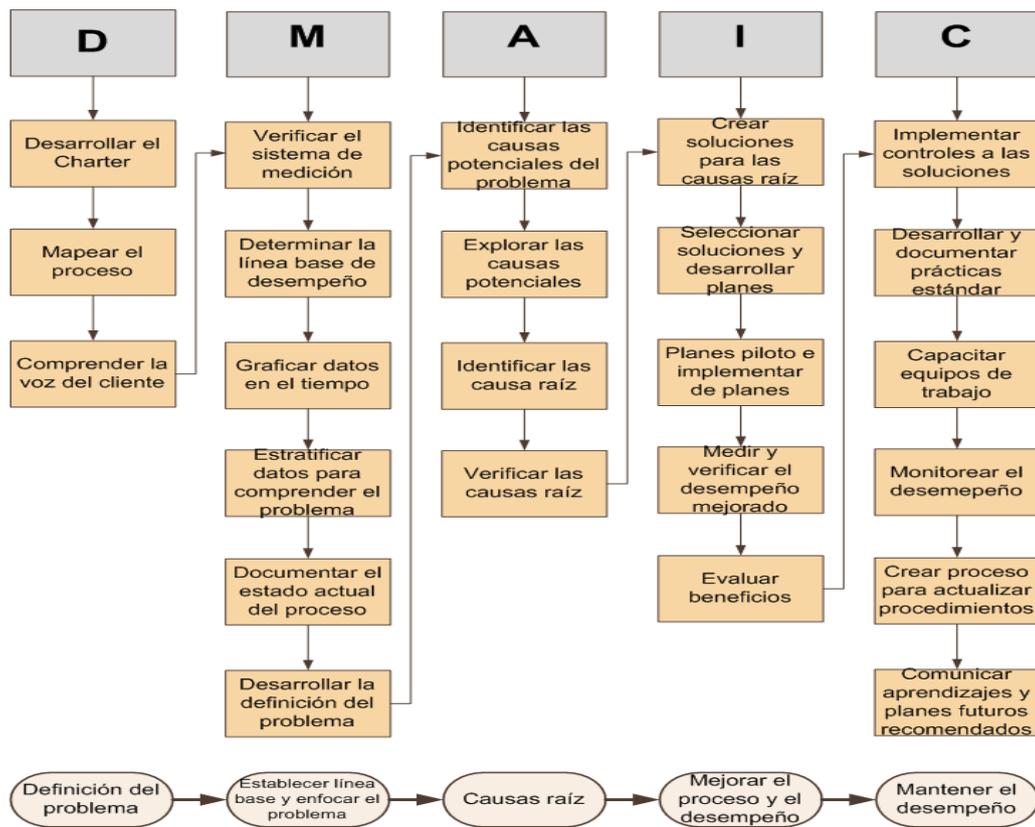


Figura 1.5 Estructura general de un proyecto DMAIC

Fuente: Salazar Leobardo (2015), Implementar un sistema para mejorar el rastreo y control de documentos. Recuperado de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/9440/1/Tesina.pdf>

Definición

La definición del problema es la parte fundamental para un proyecto DMAIC, en esta etapa se utilizan herramientas como conocer las necesidades del cliente, las restricciones que se tienen y se establece el alcance del proyecto. Algunas de las herramientas utilizadas son las siguientes:

- Diagrama de Pareto
- Diagrama SIPOC
- Árbol de decisiones críticas
- Diagramas de afinidad

Medición

En esta etapa se busca determinar el desempeño actual de la línea base, recolectar la información relevante para realizar el análisis y generar definiciones enfocadas del problema, por ende, las herramientas utilizadas en esta etapa son:

- Diagrama de flujo/Mapeo de procesos
- Series de tiempo
- Plan de recolección de datos
- Diagramas de control
- Análisis de capacidad
- Graficas de frecuencias

Análisis

La fase de análisis se basa en la evaluación de los datos recolectados en la etapa anterior, para convertir esos datos a información, encontrar posibles causas y verificar las relaciones causas – efecto de cada una, se utilizan las siguientes herramientas:

- Diagrama Ishikawa (Causa – Efecto)
- Diagramas de árbol
- FMEA (Análisis de modo de falla y efecto)
- Estratificación de datos
- Pruebas de hipótesis
- DOE (Diseño de Experimentos)

Implementación

La implementación se basa en la creación de soluciones basados en la causas raíces obtenidas en el proceso anterior, se debe verificar que el desempeño del proceso está siendo mejorado con la propuesta, las principales herramientas utilizadas son:

- DOE (Diseño de Experimentos)
- Lluvia de ideas
- Planeación de tareas
- Prueba de hipótesis

- Prueba piloto

Control

En esta etapa final se busca asegurar que se mantengan las mejoras hechas usando procesos estandarizados, capacitaciones y mecanismo a pruebas de errores. Comúnmente en esta etapa se realiza:

- Poka Yoke
- TPM (Mantenimiento preventivo total)
- Estandarización
- Documentación y capacitación

TPM

Es una metodología de mejora que tiene sus raíces en la definición de mantenimiento preventivo, nació en estados unidos y es considerada como la ciencia médica de las máquinas. Su objetivo se basa primordialmente en el aumento de la producción de las máquinas mediante el enfoque del mantenimiento como una parte crucial para la empresa. Con este enfoque se busca que el tiempo que las máquinas paran por eventos no planeados sea el mínimo.

Esta metodología logra identificar cuáles son aquellas fuentes que generan pérdidas, a estas fuentes se las ha denominado las seis grandes pérdidas. (Six Big losses. Accedido el 26 de Noviembre, 2018, desde <https://www.oeo.com/oeo-six-big-losses.html>)

Seis grandes pérdidas

Son consideradas el objetivo que busca eliminar el programa TPM o Total Productive Maintenance. Estas pérdidas deben ser correctamente identificadas y eliminadas en los procesos fabricación puesto que son las que interfieren con la producción y por tanto conlleva a la disminución de la eficiencia. (Six Big losses. Accedido el 26 de Noviembre, 2018, desde <https://www.oeo.com/oeo-six-big-losses.html>)

A continuación, se enlistan las 6 grandes pérdidas:

Paros no planeados: o también conocidos como falla del equipo, es el tiempo en el que se deja de producir debido al paro de las máquinas por algún desperfecto ya sea mecánica o eléctrico.

Set-ups y ajustes: Son todos los tiempos en los que los equipos han sido planeados para producir pero que sin embargo no están produciendo nada debido a la preparación de la máquina o ajustes previos al inicio de la producción.

Paradas menores: Son todos los tiempos en que la máquina para de producir típicamente de entre 1 a 2 minutos pero que son reparados inmediatamente por el operario. Esta pérdida está relacionada a la pérdida de eficiencia.

Reducción de velocidad: Es el tiempo en que la máquina corre por debajo de la velocidad ideal establecida para su funcionamiento.

Defectos del proceso: Son aquellas partes que salieron del proceso y no cumplieron con las especificaciones de calidad establecidas para el producto. Esto conlleva a que se tenga que realizar tareas o actividades extras para poder arreglar el producto o en su defecto, reprocesarlas.

Rendimiento reducido: Son pérdidas de rendimiento ocasionadas por el tiempo usado para dar arranque al proceso productivo, desde que se prende la máquina, se ajusta hasta que el proceso se estabiliza.

OEE

La eficiencia general de los equipos o mejor conocido como OEE por sus siglas en inglés, es un indicador de productividad que fue desarrollado de los conceptos de TPM lanzados por Nakajima (1998), es considerado el estándar de oro para la productividad de los procesos de fabricación y pretende medir el grado en que un equipo hace lo que se supone que debería hacer (Williamson, 2006). En la actualidad el uso de esta métrica es considerado una buena práctica dentro del ámbito industrial ya que permite identificar las grandes pérdidas y da luces para la mejora de la productividad de los procesos de manufactura.

El indicador de OEE está formado por tres componentes que se multiplican entre sí que son la disponibilidad, el rendimiento y la calidad como se muestra en la figura 1.6.

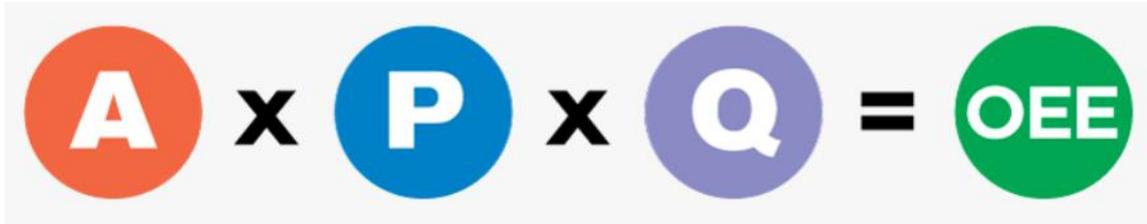


Figura 1.6.- Ecuación del OEE

Fuente: OEE.com recuperado de <https://www.oeec.com/calculating-oeec.html>

Disponibilidad:

El componente de disponibilidad incluye dos de las seis grandes pérdidas que son: las pérdidas por tiempo muerto (tiempos perdidos por fallo de las máquinas) y los tiempos de set-ups. Todos estos tiempos son aquellos que detienen el proceso y hace que no se produzca en el tiempo de producción planeada.

El factor de disponibilidad se calcula mediante el cociente entre el tiempo de operación de la máquina sobre el tiempo de producción planeado como se muestra en la ecuación 1.2.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo de producción planeado}} \quad (1.2)$$

Tiempo de operación: es el tiempo en que la máquina ha trabajado produciendo piezas durante un período de tiempo determinado, este tiempo se ve disminuido debido a los fallos de las máquinas

Tiempo de producción planeado: es el tiempo que se planifica que la máquina trabaje durante un período de tiempo determinado.

Rendimiento:

El componente de rendimiento incluye dos grandes pérdidas más que corresponden a las paradas menores y la pérdida de velocidad. El rendimiento considera todo aquello que hace que el proceso produzca por debajo de la

velocidad máxima establecida para la máquina, debido a ello el rendimiento puede ser visto como el cociente entre la multiplicación del tiempo de ciclo ideal por la cantidad producida entre el tiempo de operación como se muestra en la ecuación 1.3

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{Tiempo de ciclo ideal} * \text{Cantidad producida})}{\text{Tiempo de operación}} \quad (1.3)$$

Sin embargo, también puede ser calculado como el cociente entre la cantidad producida dividida sobre el tiempo de operación sobre ratio de corrida ideal como se muestra en la ecuación 1.4, esto debido a que el ratio es recíproco al tiempo.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\left(\frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Tiempo de Operación}}\right)}{\text{Ratio de corrida ideal}} \quad (1.4)$$

Calidad

El componente de calidad mide la cantidad de productos que no cumplen con las especificaciones de calidad estándares definidos para el producto incluidas aquellas que necesitan ser retrabajadas. Este componente se calcula mediante el cociente entre la cantidad de piezas buenas producidas sobre la cantidad de piezas producidas como se muestra en la ecuación 1.5.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción Buena}}{\text{Producción Total}} \quad (1.5)$$

1.5 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” (I.P.S. Ahuja and J.S. Khamba), 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 (Miyake y Enkawa, 1999) 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 (Raouf, 1994).

Se menciona además que la filosofía TPM se esfuerza por aprovechar la denominada capacidad oculta de los equipos no confiables e ineficaces (I.P.S. Ahuja and J.S. Khamba) 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 (Gosavi, 2006). Finalmente 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 (Jeong y Phillips, 2001). Se define finalmente que el objetivo general de TPM es aumentar la efectividad general del equipo (Shirose, 1989; Huang et al., 2002; Juric et al., 2006).

En otra artículo llamado “Overall Equipment Effectiveness (OEE) calculation – Automation through Hardware & Software development” presentada por (Singh, Shah, Gohil, H. Shah, 2013) 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. Finalmente se concluyó 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” (Anvari, Edwards, & Starr, 2010). En el artículo 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 artículo 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 (Anvari, Edwards, & Starr, 2010).

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”. (Fattah, Ezzine, & Lachhab, 2017)

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 da riendas sueltas a 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. (Jauregui, Borst, van der Veen, 2015).

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 recalcó además lo efectivo que resulta el uso de la métrica OEE en otros ambientes ajenos al analizado en este artículo.

En el artículo llamado “Desde la medición de la efectividad general del equipo (OEE) hasta la efectividad general del recurso (ORE)” (Garza-Reyes, 2015) 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. (Garza-Reyes, 2015).

En el artículo llamado “Cálculo de la efectividad general del equipo en las operaciones de manufactura de bielas de conexión” (Sonigra, Qureshi, 2014) 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 (Sonigra, Qureshi, 2014) 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 (Sonigra, Qureshi, 2014).

Por otro lado en el artículo llamado “Un método para optimizar la eficacia global del equipo” (Mâinea, Duță, Patic, Căciulă, 2010) 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.

Finalmente 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” (Anvari, Edwards, Starr, 2010).

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 (Anvari, Edwards, Starr, 2010). 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 esta investigación 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 (Anvari, Edwards, Starr, 2010).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este proyecto se utilizó la metodología DMAIC basada en la filosofía Six Sigma, que busca la mejora continua de los procesos. La metodología utilizada cuenta con cinco etapas (Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control) con la que se buscó reducir los defectos que se tienen en la obtención de indicador (OEE) en la planta de productora de alimento balanceados.

En el capítulo anterior se mostró la definición del problema, en los siguientes capítulos se presentan las otras etapas de la metodología seleccionada.

2.1 Medición

En esta etapa se busca recolectar la mayor cantidad de información referente al proceso de cálculo del OEE en la planta de productos balanceados. Para ello se seguirá cronológicamente las siguientes fases.

2.1.1 Estratificación del problema

Para la estratificación del problema se tomó la data histórica de paradas imprevistas causadas por factores internos de la compañía entre los meses de mayo a septiembre del 2018, se consideró esta variable por ser un actor directo del factor de disponibilidad y rendimiento que conforman el OEE. Esto para determinar cuál de todas las líneas de producción de la planta presenta la mayor cantidad de horas sin producir por paros imprevistos.

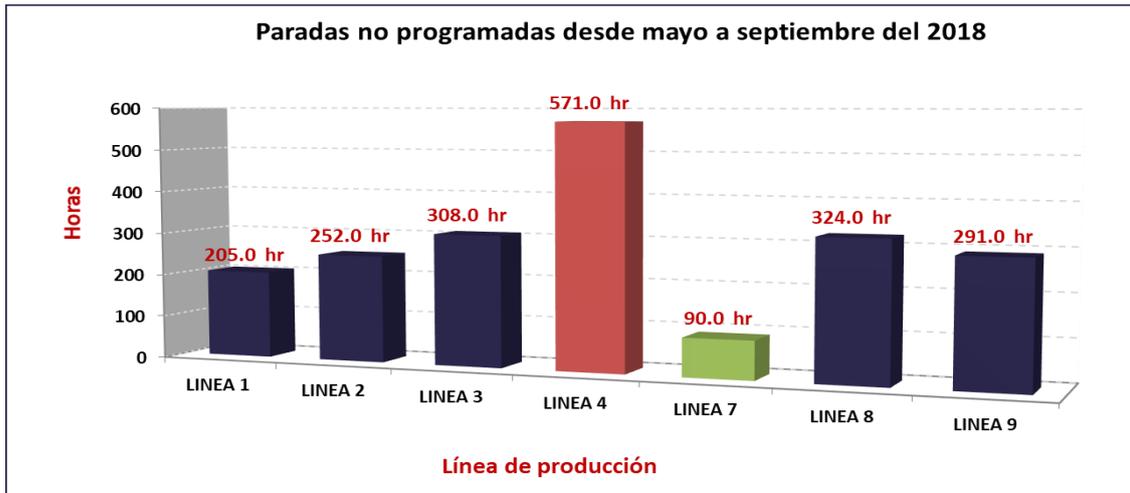


Figura 2.1 Paras imprevistas desde mayo a septiembre 2018

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.1 se muestra el tiempo total de paras por cada línea entre los meses de mayo y septiembre del 2018 y se tiene que la línea 4 o también conocida como línea de consumo es la línea que acumula mayor cantidad de horas parada en comparación con las demás líneas.

Sin embargo, para esta misma línea en el mismo periodo de tiempo de mayo a septiembre del 2018, se muestran niveles de OEE elevados con un promedio de 92% como se muestra en la figura 2.2.

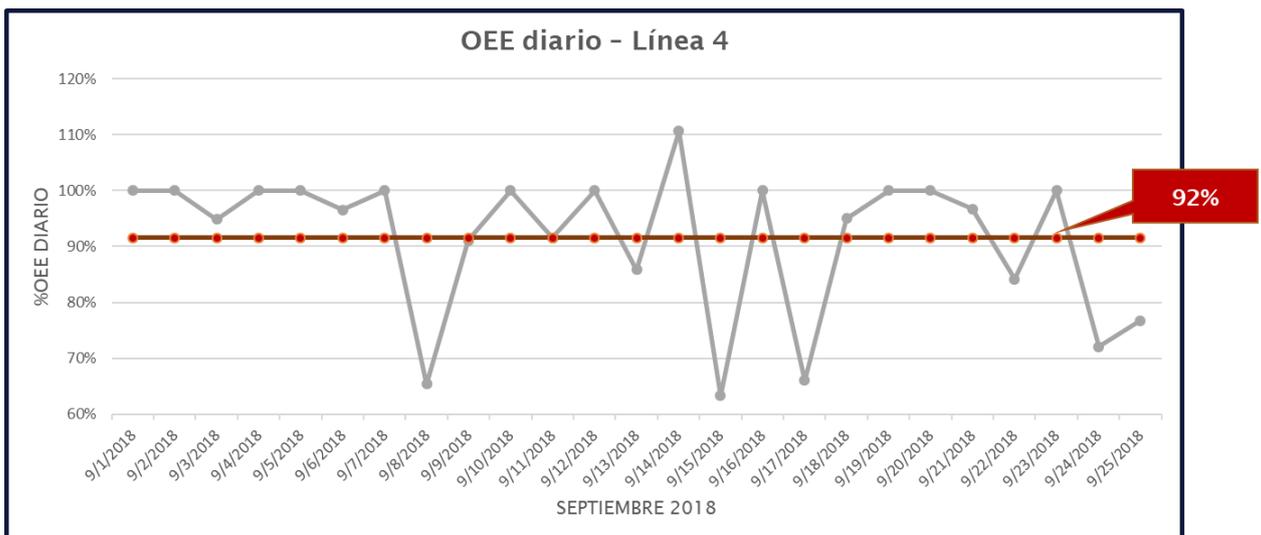


Figura 2.2 OEE de la línea 4 de mayo a septiembre del 2018

Fuente: Elaboración propia

Con base en lo expuesto anteriormente y según el interés expresado por el cliente de analizar la línea en cuestión, se pudo enfocar el análisis del mal cálculo en la línea 4.

Adicionalmente se tiene que para calcular el OEE de una línea productiva, es necesario determinar qué proceso limita la producción. En el caso particular de la línea 4, el proceso de producción se representa en la figura 2.3 con las capacidades nominales de cada parte del proceso.



Figura 2.3 Proceso productivo línea 4

Fuente: Elaboración propia

El proceso de fabricación de alimento balanceado mostrado en la figura 2.3 es de tipo continuo. Empieza en la pre-molienda que es el proceso de abastecimiento de las materias primas, luego continua con la dosificación que es donde se toman los ingredientes en función del producto que se fabricará y en las cantidades establecidas, de ahí en adelante el proceso se maneja como un flujo continuo que se transporta a través de tuberías hasta que se almacenan en tolvas que están ubicadas antes del proceso de extrusión el cual es considerado el cuello de botella de la línea como se muestra en la figura 2.4. Estas tolvas están ubicadas ahí debido a que se debe mantener alimentado el cuello de botella para que la línea no se detenga en caso de que algún proceso anterior a este falle.

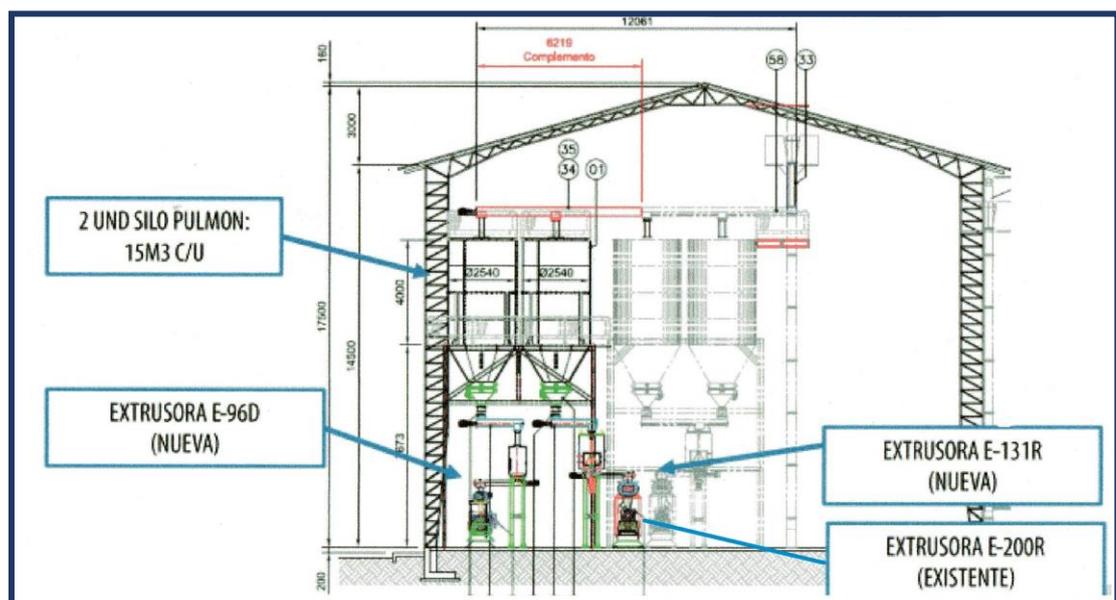


Figura 2.4 Vista lateral de planta proceso de extrusión

Fuente: Propiedad de la empresa

Luego, el proceso continúa por tuberías desde las extrusoras hasta los silos de producto terminado donde se almacena para que puedan ser envasados por presentaciones de producto.

Para determinar qué máquina de la línea seleccionada limita el proceso, se realizó de manera conjunta con la empresa el análisis de las capacidades y

porcentajes de ocupación de todas las máquinas involucradas en la línea seleccionada el cuál se muestra en el apéndice A.

Como resultados se encontró que el proceso de extrusión es el proceso que tiene mayor porcentaje de ocupación con respecto a las demás máquinas de la línea siendo así ese proceso el cuello de botella como se muestra en la tabla 2.1. y en el cual se harán los análisis necesarios para el cálculo del OEE de la línea.

Tabla 2.1 Porcentaje de ocupación en los procesos de la línea de estudio

PROCESO	% OCUPACIÓN	ES CB?
DOSIFICACIÓN	20.56%	NO
MEZCLADO	17.13%	NO
MOLIENDA	34.27%	NO
EXTRUSIÓN	38.55%	SI
SECADO	30.84%	NO
ENVASADO	11.17%	NO
EMPACADO	11.23%	NO

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Plan de recolección de datos

Con el fin de levantar información relacionada a la variable de interés del proyecto se elaboró un plan de recolección de datos, tal como se muestra en la tabla 2.2 donde se describe de manera detallada la información que se necesita levantar para el análisis de causas del problema propuesto.

Tabla 2.2 Plan de recolección de datos

QUÉ		DÓNDE	CUANDO	CÓMO		POR QUÉ	QUIÉN	
Significado Operacional	Unidad de medida	Tipo de Data	¿Dónde recolectar?	¿Cuándo recolectar?	Método de observación	Método de recolección	¿Por qué recolectarlo?	Persona a cargo
OEE actual	Porcentaje	Continuo - Cuantitativo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista	Registros históricos	Permitirá comparar el OEE real de la línea con el actual	Líderes de proyecto
Tiempo programado para producción	Horas	Continuo - Cuantitativo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista	Registros actuales de producción	Permitirá el cálculo del factor de disponibilidad del OEE	Líderes de proyecto
Tiempo de paras programadas	Horas	Continuo - Cuantitativo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista	Registros históricos	Permitirá el cálculo del factor de disponibilidad y rendimiento del OEE	Líderes de proyecto
Tiempo de paras no programadas	Horas	Continuo - Cuantitativo	Líneas de producción	Al inicio de la fase de medición	Entrevista	Registros actuales de producción	Permitirá el cálculo del factor de disponibilidad y rendimiento del OEE	Líderes de proyecto
Cantidad de productos rechazados	Toneladas	Continuo - Cuantitativo	Línea de Consumo	Al inicio de la fase de medición	Correo electrónico	Reporte de productos no conformes	Permitirá el cálculo del factor de calidad del OEE	Líderes de proyecto
Cantidad de productos producidos	Toneladas	Continuo - Cuantitativo	Línea de Consumo	Al inicio de la fase de medición	Correo electrónico	Reporte de producción diario	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del OEE	Líderes de proyecto
Ratios de producción teóricos	Tons/horas	Continuo - Cuantitativo	Línea de Consumo	Al inicio de la fase de medición	Entrevista	Registros históricos	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del OEE	Líderes de proyecto
Ratios de producción real	Tons/hora	Continuo - Cuantitativo	Línea de Consumo	Al inicio de la fase de medición	Observación directa	Toma de datos Error=8% n=17 N=n=14	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del OEE	Líderes de proyecto
Plan de producción	Ton por producto	Continuo - Cuantitativo	Línea de Consumo	Al inicio de la fase de medición	Correo electrónico	Reporte de planificación diaria de la producción	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del OEE	Líderes de proyecto

2.1.3 Verificación de datos

Los datos que se consideraron para el proceso de verificación son los siguientes:

- El OEE no representa la realidad de la planta de producción
- El reporte de paras imprevistas no incluye todas las paras

Se utilizó el método de verificación en Gemba.

El OEE no representa la realidad de la planta de producción

De la información que se recolecto de los datos históricos de la compañía desde el mes de mayo a septiembre del 2018 de la línea 4 se encontraron varias errores en cada uno de los componentes que forman el OEE empezando porque se calcula el OEE no por máquina como lo dice la teoría, sino que se hace por conjunto de máquinas.

Para el factor de disponibilidad, se usa de manera correcta la fórmula para su cálculo, sin embargo, se determinó que la información que alimenta la fórmula es errónea. Como es el caso del tiempo programado para extrusión, debido a que en este proceso existen tres extrusoras trabajando en paralelo, se está considerando un OEE para las tres máquinas como si fueran una sola, lo que hace pensar que se tiene 72 horas disponibles de producción excluyendo las paras programadas en dos turnos de 12 horas cada uno.

Para el factor de calidad, se determinó que la fórmula usada es la correcta, sin embargo, no se considera en el cálculo el retrabajo generado por el proceso.

Por último, para el factor de rendimiento, a pesar de que la fórmula usada es la adecuada, al igual que en el tiempo disponible para extrusión, se está considerando un ratio teórico global para todos los productos que se extruyen durante los dos turno, lo que supone un alto rendimiento porque se está de cierta forma minimizando lo que la máquina debería producir. Por lo anterior expuesto, se verifica que el OEE calculado por la compañía no representa la realidad de la planta como se expresa en la figura 2.5.



Figura 2.5 Realidad del OEE

Fuente: Elaboración propia

El reporte de paras imprevistas no incluye todas las paras

El reporte de paras es un informe que realiza el asistente de producción donde día a día se registran las paras programadas y no programadas que tomaron lugar en el proceso y que fueron registrados por los operarios en sus respectivos formatos. Esta información es verificada y validada por el asistente de producción, sin embargo, no se están incluyendo todas las paras en los registros. En la figura 2.6 se muestra el registro diario de parámetros de extrusión.

REGISTRO DIARIO DE PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN															
Fecha: 03.11.2018		Horómetro:		Operador: Rodrigo Soria		Supervisor: P. E		Línea: E-200		Turno I					
TIPO DE ALIMENTO	DADO / MATRIZ	HORA INICIAL	HORA FINAL	HORA REGISTRO	DENSIDAD	RPM PRE-ACOND.	RPM CUCHILLA	No. DE CUCHILLAS	RPM TORNILLO	RPM ALIMENTADOR	AMPERIAJE EXTRUSORA	TEMPERATURA EXTRUSORA	TEMPERATURA ALIMENTO	ROTAMETRO EXTRUSORA	HUMEDAD
Polvo adulto pollo P.H.5		09:45		09:00-09:00											
Arroz				09:00-10:00	443	40	34	8	-	30	128	143	98	2.64	
				10:00-11:00	443	40	34	8	-	30	117	122	98	2.64	
				11:00-12:00	445	40	34	8	-	30	124	156	98	2.64	
				12:00-13:00	438	40	34	8	-	30	132	107	98	2.64	
				13:00-14:00	440	40	34	8	-	30	125	140	98	2.64	
		15:00		14:00-15:00	442	40	34	8	-	30	119	129	98	2.64	
				15:00-16:00											
				16:00-17:00											
				17:00-18:00											
				18:00-19:00											
				19:00-20:00											

CONTROL DE INCLUSIÓN DE COLORANTES				INCLUSIÓN KILOS POR LITRO			
TANQUE #1	TANQUE #2	TANQUE #3	TANQUE #4	Flujo Bomba	HORA REGISTRO	DOSES COLOR (REG)	
	Amorillo #5	Amorillo #5	Agua			(V1) (V2) (V3) (V4)	(V1) KG / LITRO (V2) KG / LITRO (V3) KG / LITRO (V4) KG / LITRO
				90%	09:00-10:00	60 60 420	
				90%	10:00-11:00	60 60 420	
				90%	11:00-12:00	60 60 420	
				90%	12:00-13:00	60 60 420	
				90%	13:00-14:00	60 60 420	
				90%	14:00-15:00	60 60 420	
					15:00-16:00		
					16:00-17:00		
					17:00-18:00		
					18:00-19:00		
					19:00-20:00		

* COLOCAR EL NIVEL DE LLENADO QUE SE RECIBEN RESERVORIOS

Figura 2.6 Registro diario de parámetros de extrusión – Línea 4

Fuente: Propiedad de la empresa

En el caso particular del día 3 de noviembre del 2018, el operario de extrusión ha registrado que la extrusora trabajó 5,25 horas de las 12 horas programadas según la planificación de la producción mostrada en la figura 2.7

Tiempo planificado para extrusoras		
Extrusoras	T1	T2
E-200	12	12
E-131R	12	12
E-96	12	12

Figura 2.7 Horas programadas por extrusora por turno

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, en el registro de paras mostrada en la figura 2.8 solo se registra una hora de para en las extrusoras cuando según el registro de extrusión, las extrusoras pararon 6,75 horas.

REGISTRO DIARIO DE PARAS POR LINEA						
LÍNEA	ÁREA	CATEGORIZACIÒN	FECHA	TIEMPO (MIN)	TIEMPO (HR)	OBSERVACIÒN
LÍNEA 4	PRODUCCION	PROCESO EXTRUSIÒN	03/11/2018	30	0,50	E-131R ---> Atoramiento de dado por grumos del Pre-Acondicionador.
LÍNEA 4	PRODUCCION	PROCESO EXTRUSIÒN	03/11/2018	30	0,50	E-200R ---> Dado tapado con pedazo de metal.

Figura 2.8 Registro diario de paras por línea

Fuente: Propiedad de la empresa

Adicionalmente, se revisaron los registros de parámetros de extrusión y el reporte de paras para todo el mes de octubre y se tuvo que, en todos los casos, las paras evidenciadas en las hojas de parámetros de extrusión no son completamente registrados en el reporte de paras, tal como se muestra en la figura 2.9

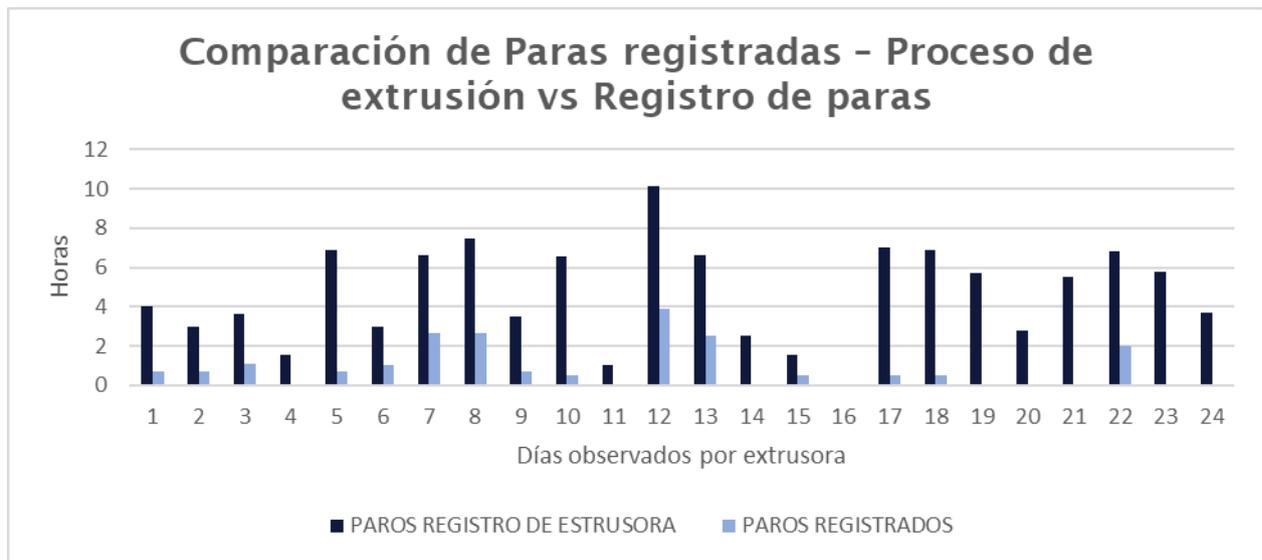


Figura 2.9 Gráfico comparativo entre las horas de para del registro de extrusión y las horas de paros del registro de paradas.

Fuente: Elaboración propia

Con todo lo expuesto, se verifica que no todas las paros están siendo registradas en el reporte de paros, el mismo que alimenta el total de paros para el cálculo de disponibilidad y rendimiento del indicador OEE.

2.1.4 Proceso detallado

Continuando con la etapa de medición, se realizó un diagrama donde se detalló cada parte del proceso de obtención del OEE en la planta de producción de alimentos balanceados. Se utilizaron diagramas funcionales donde se describe los departamentos involucrados en el cálculo, así como también las actividades que se realizan, tal como se muestra en la figura 2.10.

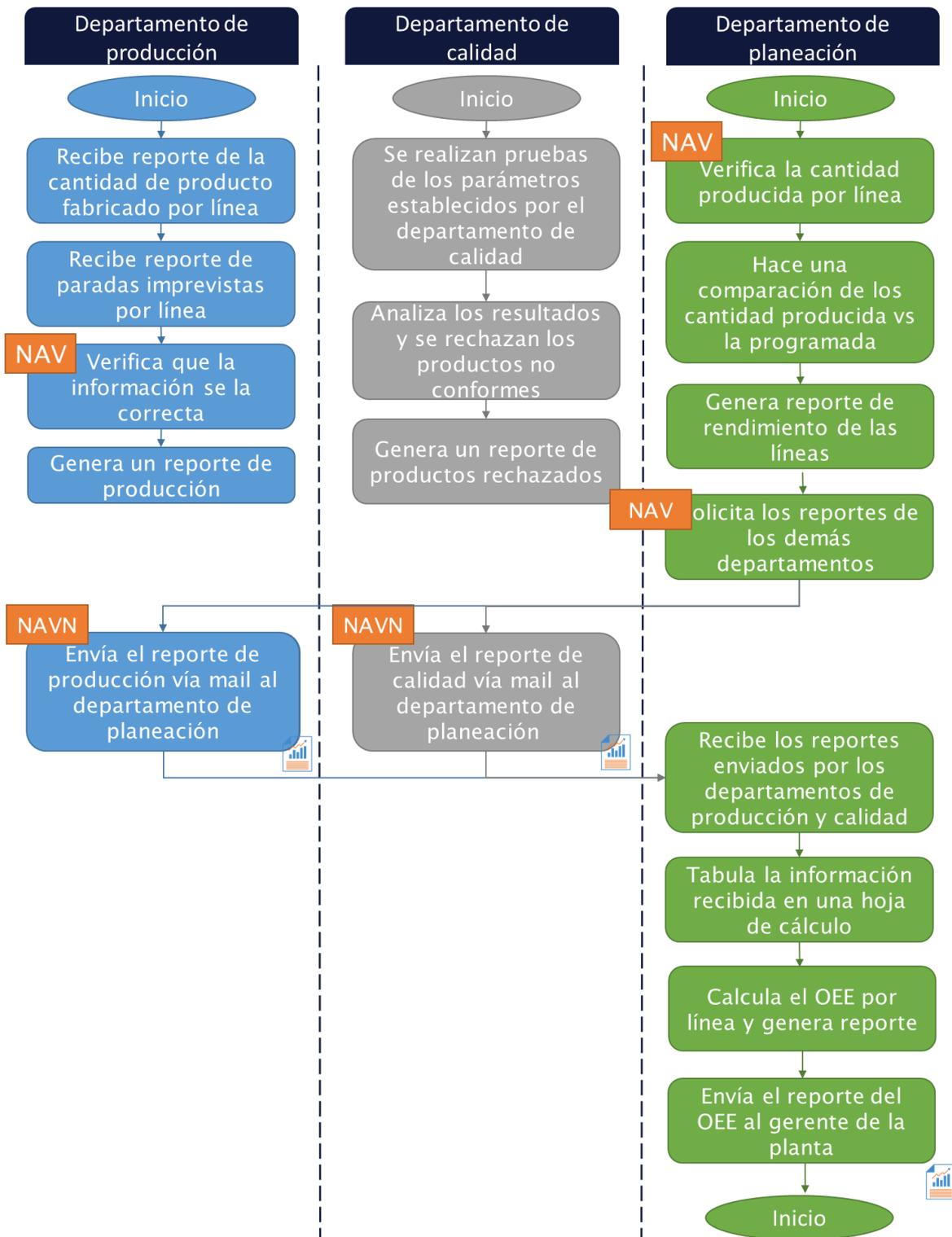


Figura 2.10 Proceso detallado de la obtención del OEE

Fuente: Elaboración propia

2.2 Análisis

Una vez culminada la toma de los datos antes descritos en el plan de recolección de datos, se procedió a analizar cada uno de ellos para conocer las posibles causas que generaban un mayor impacto y resultaban ser más controlables en el proceso de la obtención del OEE diario.

En esta etapa se utilizaron herramientas como la lluvia de ideas, priorización de causas, plan de verificación de causas y se concluyó cuáles son las causas raíces que afectan al problema.

2.2.1 Análisis de Causas

Para realizar un análisis exhaustivo de las causas que afectan a la obtención del OEE, se comenzó realizando una lluvia de ideas con el equipo de trabajo, como se muestra en la figura 2.11, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de posibles causas que generan el mal cálculo del OEE.



Figura .2.11 Lluvia de ideas sobre los errores de la obtención del OEE

Fuente: Elaboración propia

Con la lluvia de ideas mostrada anteriormente, se realizó la clasificación de cada una de estas posibles causas con la ayuda del diagrama causa-efecto mostrado en la figura 2.12

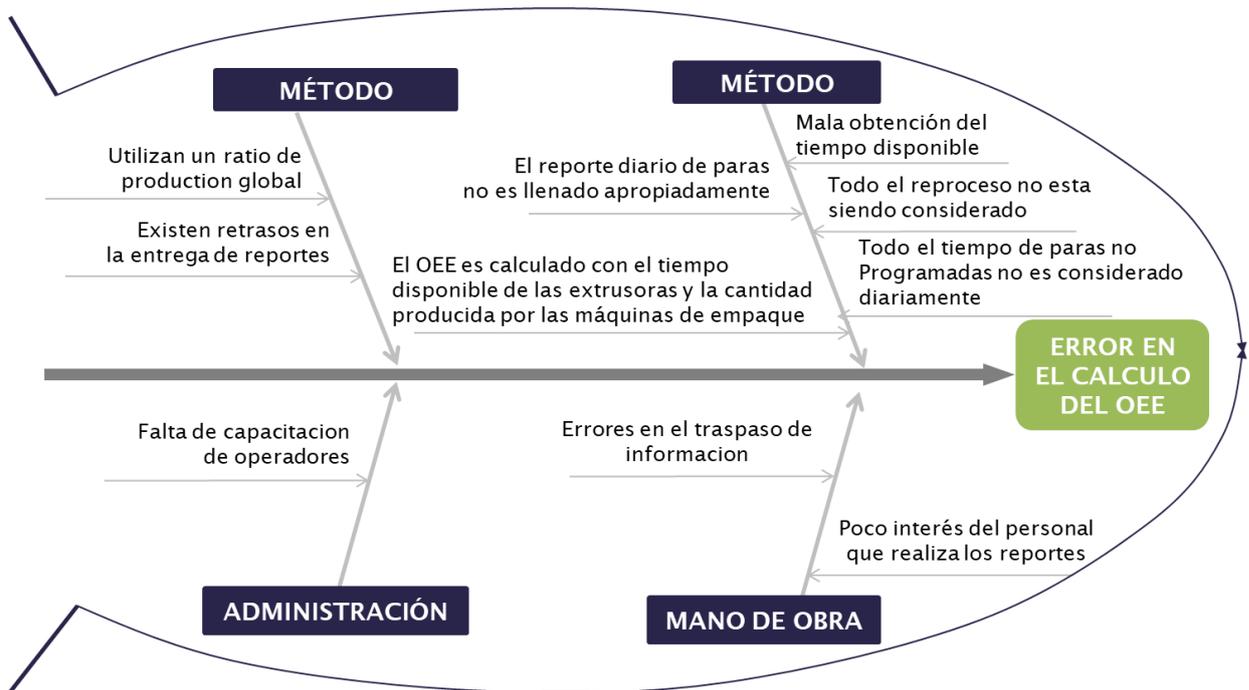


Figura 2.12 Diagrama Causa – Efecto

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.13 Reunión con el equipo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Con el equipo de trabajo como se muestra en la figura 2.13, se procedió a evaluar cada una de las causas para conocer la relación que existe con la

variable de respuesta, se usó la relación de la tabla 2.3 para evaluar y los resultados de lo mismo se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.3 Tabla de ponderación para las causas

PUNTUACION	RELACIÓN
0	Ninguna
1	Baja
3	Media
9	Alta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.4 Resultados del impacto sobre las posibles causas

CAUSES		ERROR EN EL OEE
X1	Mala obtención del tiempo disponible	9
X2	El reporte diario de paras no es llenado apropiadamente	3
X3	Todo el tiempo de paras no programadas no es considerado diariamente	9
X4	El OEE es calculado con el tiempo disponible de las extrusoras y la cantidad producida por las máquinas de empaque	9
X5	Falta de capacitación de operadores	3
X6	Utilizan un ratio de producción global	9
X7	Errores en el traspaso de información	3
X8	Poco interés del personal que realiza los reportes	1
X9	El reproceso no está siendo considerado	9
X10	Existen retrasos en la entrega de reportes	1

Fuente: Elaboración propia

Por medio de las puntuaciones brindadas por cada uno de los participantes, se seleccionó la moda estadística entre las puntuaciones y con los resultados se realizó un diagrama de Pareto mostrado en la figura 2.14, para determinar cuáles causas generan un mayor impacto y serán las seleccionadas para analizarlas.

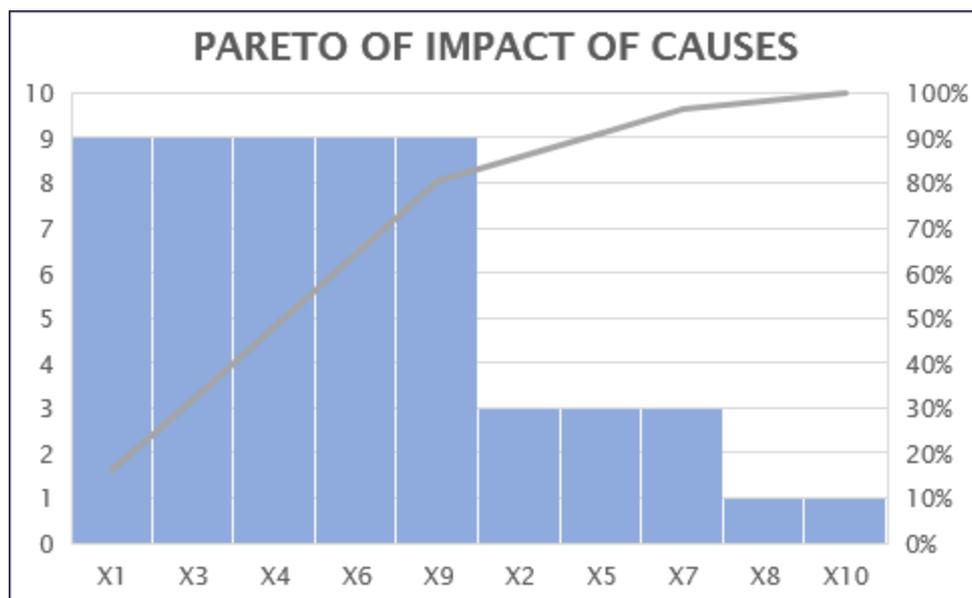


Figura 2.14 Pareto del impacto de causas

Fuente: Elaboración propia

A partir de esto, se evaluaron las causas seleccionadas entorno a que tan controlables son cada una de ellas, siendo la 0 la puntuación más controlable del estudio mientras que 10 es más difícil de controlar. Los resultados del estudio se muestran en la tabla 2.5 y la matriz impacto control de las posibles causas en la figura 2.15.

Tabla 2.5 Resultados de la evaluación

CAUSAS		CONTROL	IMPACTO
X1	Mala obtención del tiempo disponible	0,5	9
X3	Todo el tiempo de paras no programadas no es considerado diariamente	1	9
X4	El OEE es calculado con el tiempo disponible de las extrusoras y la cantidad producida por las máquinas de empaque	2	9
X6	Utilizan un ratio de producción global	4	9
X9	El reproceso no está siendo considerado	3	9

Fuente: Elaboración propia

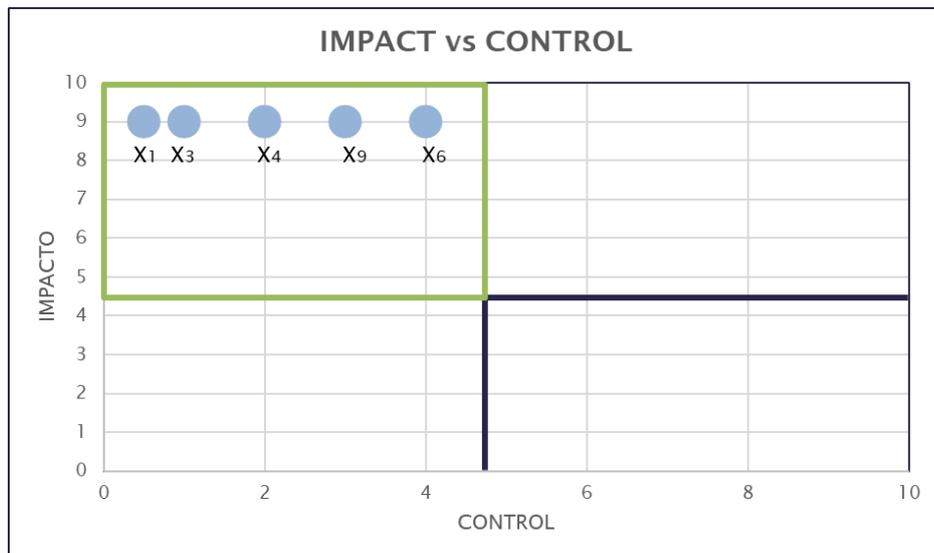


Figura 2.15 Matriz impacto-control

Fuente: Elaboración propia

El resultado de este análisis muestra que las causas con más alto impacto y menor dificultad de controlar son:

1. Mala obtención del tiempo disponible
2. Todo el tiempo de paras no programadas no es considerado diariamente

3. El OEE es calculado con el tiempo disponible de las extrusoras y la cantidad producida por las máquinas de empaque
4. Utilizan un ratio de producción global
5. El reproceso no está siendo considerado

Las causas o factores mostrados anteriormente son las que serán analizadas a continuación para encontrar las causas raíces de las mismas y así tomar medidas de prevención para las mismas.

2.2.2 Plan de verificación de causas

Se realizó un plan de verificación de causas, mostrado en la tabla 2.6 para confinar la información proporcionada por los involucrados.

Tabla 2.6 Plan de verificación de causas o factores

No	CAUSAS	TEORÍA SOBRE EL IMPACTO	CÓMO VERIFICAR	STATUS
X1	Mala obtención del tiempo disponible	El tiempo disponible para las tres extrusoras se toman como uno solo y se utiliza el total de las tres para el cálculo del OEE de la línea. La definición del OEE no está siendo aplicada correctamente.	Data Histórica y GEMBA	Completo
X3	Todo el tiempo de paras no programadas no es considerado diariamente	En el reporte de paras diario solo se toma el tiempo de para cuando este excede la diferencia de tiempo entre el tiempo planeado y el disponible en un turno de trabajo, esto significa que, si se tiene un turno de 12 horas y solo se planean 10 horas de trabajo, si se tienen 3 horas de paras, solo es registrada 1 hora.	Data Histórica	Completo
X4	El OEE es calculado con el tiempo disponible de las extrusoras y la cantidad producida por las máquinas de empaque	El tiempo disponible para la línea de consume es igual al tiempo disponible para las extrusoras porque es el proceso considerado cuello de botella en la línea, sin embargo, se considera la cantidad que se obtiene en las máquinas de envasado.	Data Histórica	Completo
X6	Utilizan un ratio de producción global	El ratio de producción utilizado no diferencia la velocidad por producto en la extrusora y la croqueta con el que se está produciendo, sino que se escoge un ratio global de los productos realizados diariamente.	Data Histórica y GEMBA	Completo
X9	El reproceso no está siendo considerado	No existen registros de la cantidad de reproceso obtenido diariamente por la línea de producción. No es definido quien debe manejar el control de este.	GEMBA	Completo

Fuente: Elaboración propia

En el plan de verificación se muestran los factores con los respectivos impactos de cada uno y el método empleado para su verificación.

2.2.3 Análisis de causas

A continuación, se describe el análisis realizado a cada una de las causas que impactan al error en la generación del OEE.

X1: Mala obtención del tiempo disponible

La obtención del tiempo disponible para generar el OEE se lo considera como el tiempo de tres máquinas en paralelo que trabajan dos turnos de 12 horas cada una, como se muestra en la figura 2.16

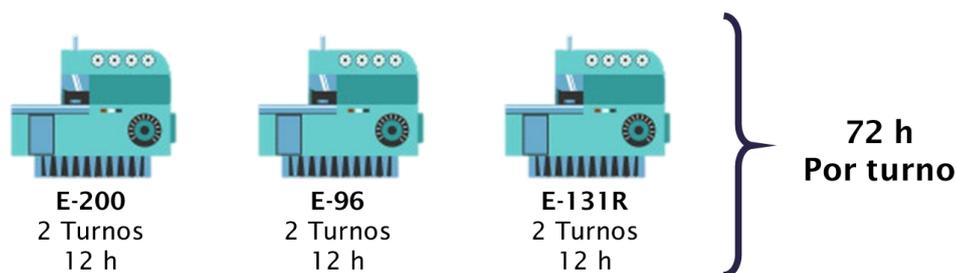


Figura 2.16 Distribución de las máquinas de extrusión del proceso

Fuente: Elaboración propia

Es decir que consideran un tiempo disponible global, mientras que por definición del OEE mostrada anteriormente se debe realizar el estudio por máquinas independientemente. Por ende, la manera de implementación del indicador en la fábrica está contradiciendo la definición de este.

X2: El tiempo de arranques de las máquinas es excluida del cálculo para el factor de disponibilidad del OEE

Se pudo observar que del tiempo total diario que tiene la empresa para trabajar, los tiempos de set ups son excluidos del tiempo planeado de producción. La descripción del tiempo tomado en la empresa se puede observar en la figura 2.17

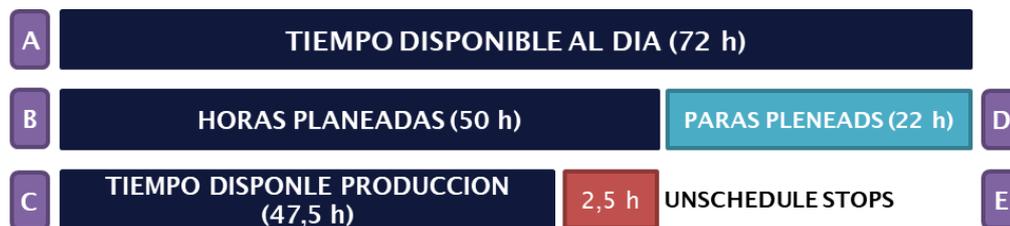


Figura 2.17 Tiempos usados en el cálculo del OEE

Fuente: Elaboración propia

Estos tiempos de paradas de calibraciones y arranques, la empresa los considera como paradas planeadas lo que hace que el cálculo del OEE sea elevado, haciendo que este indicador no sea confiable y no muestre la realidad de lo que ocurre.

X3: Todo el tiempo de paradas no programadas no es considerado diariamente

Para verificar esta causa, se analizó el proceso de obtención de paradas diarias en la línea de producción. El asistente de producción primero determina la cantidad de horas planificadas para las extrusoras en ese día, como se muestra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Tiempo planificado para extrusoras

Tiempo planificado para extrusoras		
Extrusoras	T1	T2
E-200	12	12
E-131R	12	12
E-96	12	12

Fuente: Elaboración propia

Luego, realiza la revisión exhaustiva del reporte de paradas realizado por los operarios de los dos turnos, este formato se muestra en la figura 2.18.

En el reporte, los operarios llenan toda la información acerca de las paradas no planeadas que se tienen en el turno.

10 Octubre 2018 Supervisor: D. LEÓN / Lucena. Línea: 10-F-96-D-EXT
 Elaborado por: BOCCERO FERRER / Moreira.

Turno	Producto	Hora Inicio	Hora Final	Tiempo de Para (min)	# Solicitud de Reparación	Responsable	Firma Responsable	Observaciones
1	TRUCHA EUGENIO DE 40% 7 A 8 7m 7m							Se pasó a Cambio de Materia reparación de Cuchillos y limpieza de elaboración de chimichanga
2	TARIKO Bato Pollo.	20:00	21:20	1H20m				Problema con la bomba
2	Nutropro Control paso blanco	00:30	03:30	3H				Cambio de producto ajuste de de mezcla.

Figura 2.18 Reporte diario de paras no programadas del Operario

Fuente: Propiedad de la empresa

Para finalizar, en la figura 2.19, se presenta el reporte diario de paras no programadas realizado diariamente por el departamento de producción, el cual es enviado al departamento de planificación para la obtención del OEE.

REGISTRO DIARIO DE PARAS POR LINEA

LÍNEA	ÁREA	CATEGORIZACIÓN	FECHA	TIEMPO (MIN)	TIEMPO (HR)
LÍNEA 4	PRODUCCION	PROCESO EXTRUSIÓN	10/10/2018	96	1.60
LÍNEA 4	MANTENIMIENTO	DAÑOS ELECTRICOS	10/10/2018	120	2.00

Figura 2.19 Registro diario de paras no programadas del Asistente

Fuente: Propiedad de la empresa

Cabe recalcar que todos los formatos presentados son de la misma fecha. Con esto se puede notar que las horas totales registradas de paras en el reporte realizado por el operario, no contiene la misma cantidad horas que las del reporte del asistente de producción, esto se debe a que en el reporte realizado por el asistente solo se registra la cantidad de horas que se tienen en exceso de las horas no programadas para producción del turno completo.

X4: El OEE es calculado con el tiempo disponible de las extrusoras y la cantidad producida por las máquinas de empaque

Para la obtención del tiempo disponible que se utiliza en la generación del OEE, se toma el tiempo programado de para producción de las extrusoras, como se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Planificación de tiempo para extrusoras

Tiempo Planificado para Extrusoras		
Extrusoras	T1	T2
E-200	5.0	12.0
E-131	5.0	12.0
E-96	12.0	12.0

Fuente: Elaboración propia

Y para obtener la cantidad de producto realizado al final el día de producción, se utiliza lo generado por las máquinas de ensaque, como se muestra en la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Producción realizada en un día en específico en las empacadoras

Fecha	Producto	Producción (Und)	Producción (40kg)
20-Sep-18	NUTRAPRO ADULTO RMG 20KG	132	66 Sacos
20-Sep-18	NUTRAPRO CACHORRO RPM 2KG	7284	364 Sacos
20-Sep-18	BUENCAN CRPM POLLO Y YOGURT 15KG	500	188 Sacos
20-Sep-18	NUTRAPRO ADULTO RPM 4KG	1035	104 Sacos
20-Sep-18	NUTRAPRO CACHORRO RPM 4KG	350	35 Sacos
20-Sep-18	NUTRAPRO LIGHT 2KG	4080	204 Sacos
20-Sep-18	NUTRAPRO LIGHT 7.5KG	1392	261 Sacos
20-Sep-18	NUTRAPRO CACHORRO RPM 7.5KG	608	114 Sacos
		TOTAL	1335 Sacos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.10 Obtención del OEE de un día específico

FECHA	Programado Sacos 40 KG	Real Sacos 40 Kg	Toneladas Programadas	Toneladas Reales	RECHAZOS	PARAS	H PROG	Ratio Teorico	Disponibilidad%	Rendimiento %	Calidad%	OEE
9/20/2018	939	1,335	37.6	53.4	-	-	58	0.65	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

Con los inputs de las horas disponibles y cantidad de producto terminado se genera el OEE como se muestra en la tabla 2.10. Por ende, este hallazgo contradice la definición del OEE, debido a que se utiliza información de distintos procesos cuando el indicador se debe realizar por cada uno de los equipos.

X6: Utilizan un ratio de producción global

Para la obtención del factor de rendimiento del OEE, no se realiza una diferenciación entre el rendimiento teórico de cada uno de los productos que se hace en la misma línea de producción, como se puede observar en la tabla 2.11

Tabla 2.11 Velocidad de máquina por producto

TURNO	PRODUCTO	EXTRUSORA 1	EXTRUSORA 2	EXTRUSORA 3
1	A	-	3,02	1,57
1	B	2,62	-	-
2	A	-	3,02	1,57
2	B	2,62	-	-
PROMEDIO		2,38		

Fuente: Elaboración propia

Contrastando lo anteriormente dicho con la planificación de producción en la cual utilizan ratios diferentes por extrusora, matriz y producto elaborado, en la obtención de este factor, se realiza un ratio global de todos los productos que se producen en el día de estudio, sin tomar en cuenta las otras consideraciones que existen para obtener el verdadero rendimiento teórico.

X5: El reproceso no está siendo considerado

El reproceso de materiales es una parte esencial en el factor de calidad para la obtención del OEE. Este reproceso se puede generar por tres fuentes distintas a lo largo de la línea como se muestra en la figura 2.20



Figura 2.20 Tipos de reprocesos generados en planta

Fuente: Elaboración propia

La primera fuente de retrabajo esta dado por todo el producto que el departamento de calidad rechaza dentro de las bodegas de PT por no cumplir algún parámetro de calidad establecido por el departamento. La segunda fuente de retrabajo es todo el producto que sale de la línea ya sea por arranque de las máquinas, muestreo, entre otras. Finalmente la tercera fuentes es todo el denominado polvillo que sale del proceso.

Dado que es un proceso continuo, la mayoría de remezcla o retrabajo se produce entre procesos y no en producto terminado. Actualmente la compañía registra y considera el retrabajo que se genera por el departamento de calidad para el cálculo del OEE, sin embargo, no se lleva un registro del retrabajo generado entre los procesos de la línea estudia. Por esta razón, el componente de calidad del OEE no es el correcto y se verifica que el reproceso no está siendo considerado del todo en el cálculo del indicador

2.2.4 Determinación de causas raíces

Las causas raíces enlistadas a continuación fueron determinadas directamente de las causas potenciales analizadas previamente.

- El tiempo disponible está mal considerado lo que afecta a la disponibilidad
- El reporte de paras no programadas no contempla todos las paras
- El cálculo del OEE se realiza con datos de dos procesos diferentes
- Los ratios utilizados para el rendimiento se obtienen de manera global
- El reproceso diario de la línea no se cuantifica

2.3 Mejora

Continuando con la metodología DMAIC y una vez identificadas las causas raíces del problema, se da paso a la fase de mejora. Esta fase tiene como objetivo la identificación de las posibles soluciones al problema que posteriormente serán evaluadas e implementadas. Para dicho fin, se hará uso de herramientas que sean de apoyo en la identificación y selección de soluciones, empezando con una lluvia de ideas, análisis de impacto y esfuerzo de las soluciones y finalmente con un plan que guie la implementación de las soluciones seleccionadas.

2.3.1 Lluvia de ideas

Como primera herramienta en esta fase se realizó una lluvia de ideas con el equipo de trabajo para poder identificar las posibles soluciones al problema de la empresa canalizada a través de las causas potenciales identificadas en la fase previa. Se trató en lo posible, generar soluciones que ataquen la mayor cantidad de soluciones a la vez. En la figura 2.21 se muestran las soluciones identificadas y se referencia en cada una de ellas a que causa o causas en particular darán solución.



Figura 2.21 Lluvia de ideas de soluciones para el problema

Fuente: Elaboración propia

Para una visión más clara de la relación que existe entre las causas raíces y las soluciones propuestas se realizó un cuadro comparativo mostrado en la figura 2.22

Causas raíces	EL tiempo disponible del proceso cuello de botella no se lo está tomando por máquina	No se registran todas las paradas no programadas en los reportes	Los tiempos de setup se excluyen del cálculo del OEE provocando un alto índice de disponibilidad	No se cuantifica el reproceso diario de la línea provocando un alto índice de calidad	Los ratios de producción no están siendo considerados por máquina ni presentación de producto	El cálculo del OEE se lo realiza con datos de dos procesos diferentes
Soluciones						
Mejorar y modificar los formatos utilizados para la recopilación de información por máquina	X	X		X	X	X
Capacitar al personal involucrado sobre OEE, la información requerida y el uso de los formatos		X	X	X		
Implementar el uso de un software de cálculo del OEE	X	X	X	X	X	X
Mejorar la herramienta utilizada por la empresa para el cálculo del OEE	X	X	X	X	X	X
Determinar los ratios de producción específicos por producto y por máquina					X	

Figura 2.22 Diagrama de relación entre las causas raíces y las soluciones propuestas

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Selección de soluciones

Con las soluciones propuestas en la lluvia de ideas, se procede a realizar una evaluación del impacto y el esfuerzo que cada una de estas soluciones tiene sobre el problema en cuestión. Este análisis fue realizado en una matriz impacto-esfuerzo tal como se muestra en la figura 2.23

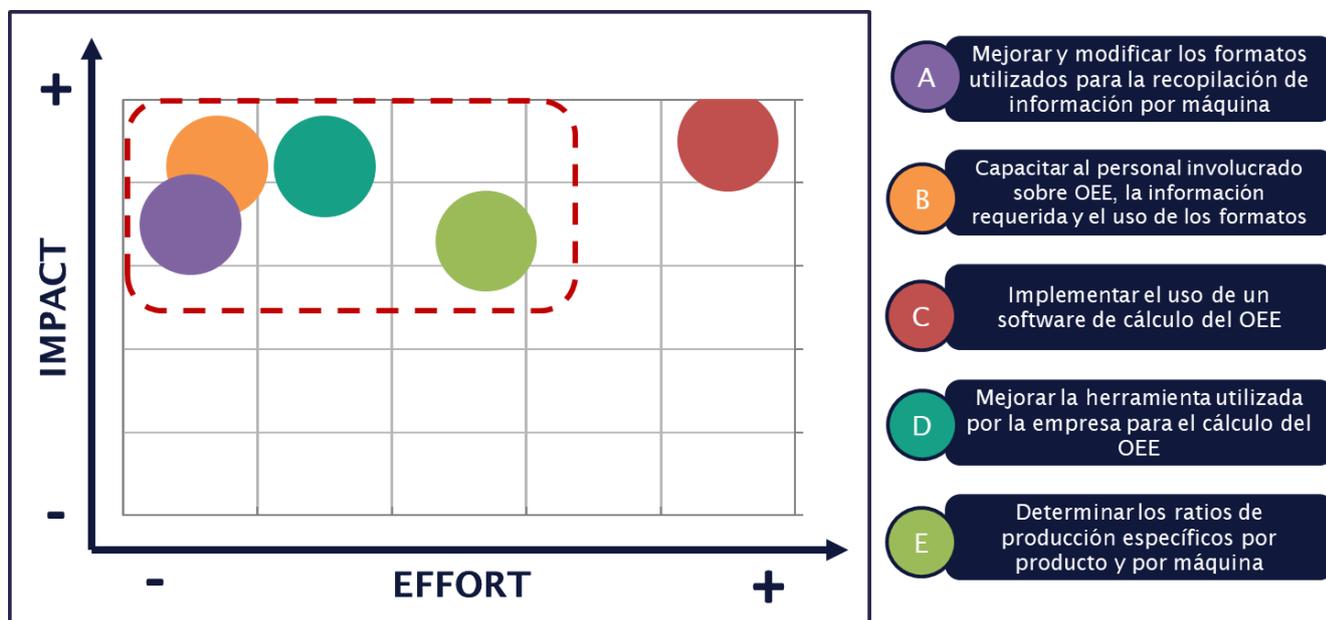


Figura 2.23 Matriz impacto-esfuerzo de las soluciones

Fuente: Elaboración propia

De la matriz mostrada anteriormente, se puede evidenciar que las soluciones que requieren un menor esfuerzo y que generan un alto impacto sobre el mal cálculo del OEE son:

- La mejora y modificación de los formatos usados para la recopilación de información por máquina
- Capacitar al personal involucrado sobre OEE, la información requerida y el uso de los formatos
- Mejora de la herramienta utilizada por la empresa para el cálculo del OEE
- Determinar los ratios de producción específicos por producto y por máquina

Posteriormente, para poder evaluar si las soluciones propuestas son económicamente factibles, se realizó un análisis de los costos tal como se muestra en la tabla 2.12 y 2.13

Tabla 2.12 Costos iniciales estimados por propuesta

	Costos iniciales estimados				
	A	B	C	D	E
Activos Fijos	-	-	-	-	-
Fuerza laboral	-	-	\$1,200	-	-
Capacitación	-	-	\$1,500	-	-
Softwares	-	-	\$8,600	-	-
COSTO TOTAL	\$0	\$0	\$11,300	\$0	\$0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.13 Análisis final de las soluciones

	Análisis Final				
	A	B	C	D	E
Bajo costo (30%)	6	6	1	6	3
Menor esfuerzo (30%)	6	5	2	5	4
Alto impacto (40%)	5	5	6	6	5
COSTO TOTAL	5.6	5.3	3.3	5.7	4.1

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtuvo que, de las cinco soluciones propuestas, la opción A, B, C y E son factibles económicamente, sin embargo, la opción E no es factible debido a la naturaleza del proceso y el tiempo que se requiere para realizar la medición de esta.

Finalmente, las soluciones que serán implementadas serán aquellas que generen un alto impacto al problema, tenga poco esfuerzo y sea económicamente factible, característica que reúnen las siguientes soluciones:

- Mejorar y modificar los formatos usados para la recopilación de información por máquina
- Capacitar al personal involucrado sobre OEE, la información requerida y el uso de los formatos
- Mejora de la herramienta utilizada por la empresa para el cálculo del OEE.

2.3.3 Plan de implementación de soluciones

Con el fin de servir de guía para la correcta implementación de las soluciones seleccionadas se elaboró un plan de implementación de soluciones en donde se muestra que solución se va a implementar, porqué se la va a implementar, cómo se lo hará, en dónde se lo hará, quién estará a cargo, cuando se lo hará y el costo asociado a la implementación tal como se muestra en la tabla 2.14

Tabla 2.14 Plan de implementación de soluciones

Qué?	Porqué?	Cómo?	Dónde?	Quién?	Cuándo?	Costo
Mejorar y modificar los formatos utilizados para la recopilación de información por máquina	Porque ayudará a la confiabilidad de la data usada en el cálculo del OEE	Analizando y mejorando los actuales formatos de registro de información	En el proceso de extrusión de la línea 4	Líder del proyecto	Jan-19	N/A
Capacitar al personal involucrado sobre OEE, la información requerida y el uso de los formatos	Porque ayudará a crear conciencia sobre la importancia de OEE y garantizará información confiable.	Impartiendo una capacitación al personal de línea sobre el OEE	Personal administrativo y operativo de la planta	Líder del proyecto	Jan-19	N/A
Mejorar la herramienta utilizada por la empresa para el cálculo del OEE	Porque la herramienta que se usa actualmente no está formulada de acuerdo con la definición de OEE	Mejorando la actual hoja de cálculo usada para calcular el OEE	En el proceso de extrusión de la línea 4	Líder del proyecto	Jan-19	N/A

Fuente: Elaboración propia

2.4 Implementación

A continuación, se detalla la implementación de cada una de las soluciones propuestas.

2.4.1 Mejorar y modificar los formatos utilizados para la recopilación de información por máquina

La compañía para el registro de información de cada uno de los procesos en cada una de las líneas de producción utiliza formatos que han sido revisados y aprobados por gerencia. El número de formatos existente por cada línea depende de la cantidad de máquinas que disponen y del tipo de información que se quiere registrar.

Específicamente para la línea de interés en el proyecto, el proceso que limita la línea es el proceso de extrusión, en este proceso existen 3 extrusoras que trabajan en paralelo durante dos turnos de 12 horas cada uno. Para cada una de estas máquinas existe 2 formatos que usan principalmente. El primero que registra los parámetros de extrusión de la máquina hora por hora durante cada turno y el segundo que registra las paradas no programadas que presenta cada extrusora durante los dos turnos del día.

Se evaluaron los dos formatos mencionados y se determinó lo siguiente:

- El formato que registra los parámetros de extrusión cuenta con los criterios de información requeridos necesarios y suficientes, este formato se registra a tiempo, con información real y sin mayor cantidad de errores.
- El formato que registra las paradas no programadas presento algunos problemas que dificultan su entendimiento, fácil acceso a la información requerida y genera dificultad en la trazabilidad de información

Por lo expuesto anteriormente, se determinó que los formatos de registro de paradas no programadas deberían ser modificados para garantizar que la información registrada sea la misma información que alimentará el modelo para el cálculo del OEE.

En la figura 2.24 se muestra el formato de paradas propuesto. Este formato tiene como objetivo registrar todas las paradas que se presenten por cada máquina del cuello de botella y en cada uno de los turnos, por otro lado y para garantizar el futuro estudio de dichas paradas, se identificaron y se clasificaron en función de la regularidad que presentaban en los registros históricos de paradas de la compañía. El detalle y la comparación más detallada de los cambios realizados en los formatos se presentan en el apéndice C.

AGRIPAC S.A. PLANTA BALANFARINA REGISTRO DIARIO DE PARADAS - PROCESO DE EXTRUSIÓN												
FECHA: _____	ID		PARADA			ID		PARADA		TIPO DE PARADA		
ELABORADO POR: _____	1	DAÑO MECÁNICO			8	FALLA EN RECADOR		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>NP</td><td>NO PLANEADO</td></tr> <tr><td>P</td><td>PLANEADO</td></tr> </table>	NP	NO PLANEADO	P	PLANEADO
NP	NO PLANEADO											
P	PLANEADO											
SUPERVISADO POR: _____	2	DAÑO ELÉCTRICO			9	FALLA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO						
TURNO: _____	3	BAJA PRESIÓN DE VAPOR			10	TAPONAMIENTO DE BOLSILLA DE COLORANTES						
EXTRUSORA _____	4	CORTE DE ENERGÍA			11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
	5	FALTA DE MEZCLA PARA EXTRUSIÓN			12	CAMBIO DE MATRIZ						
	6	TAPONAMIENTO DE DADO			13	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA						
	7	CAMBIOS/AJUSTE CUCHILLAS			14	OTROS						
PRODUCTO	HORA DE INICIO DE PARADA	HORA DE FIN DE PARADA	ID PARADA	TIPO DE PARADA	DESCRIPCIÓN DE LA PARADA	# SOLICITUD DE REPARACIÓN	RESPONSABLE	FIRMA RESPONSABLE				

Figura 2.24 Formato implementado para el registro de paras no programadas

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Capacitar al personal involucrado sobre OEE, la información requerida y el uso de los formatos

La mejora propuesta de capacitar al personal surgió debido a que se identificó deficiencias en el conocimiento del OEE, su implementación en la compañía y el desconocimiento de la importancia del indicador desde un nivel operativo hasta un nivel de mando medio.

Por ello la presente mejora tiene como objetivo capacitar al personal de línea sobre la filosofía TPM (Mantenimiento productivo total) y el uso de indicadores de gestión que faciliten y den paso al proceso de mejora continua de la compañía con el fin de que se puedan socializar con las terminologías usadas y entender la importancia de su participación en cada uno de los procesos para beneficio de ellos y la compañía.

Se elaboró un material de apoyo de capacitación mostrado en el apéndice B con los siguientes temas:

- Introducción a TPM (Mantenimiento productivo total)
- Beneficios y metas del TPM
- Overall Equipment Efficiency (OEE) Introducción
- Componentes del OEE
- Las 6 grandes pérdidas y ejemplos
- Importancia del OEE para la empresa y los trabajadores
- Caso Práctico

En la figura 2.25 se muestran fotos sobre la capacitación que fue impartida en la planta específicamente al personal operativo de la línea 4 tanto de los procesos de extrusión como de envasado y a los supervisores de producción de los dos turnos.



Figura 2.25 Capacitación realizada al personal de la línea seleccionada

Fuente: Elaboración propia

La capacitación fue incluida en el plan de capacitación de la compañía por lo que la presencia del personal en la charla fue obligatoria y se requirió del registro de asistencia mostrado en el apéndice B.

2.4.3 Mejorar la herramienta utilizada por la empresa para el cálculo del OEE

Para esta propuesta se inició evaluando la herramienta utilizada por la compañía para el cálculo del indicador. Se determinó que el cálculo se lo realiza de manera diaria actualizando la información necesaria en una hoja de cálculo de excel como se muestra en la figura 2.26

FECHA	LINEA	PROG TON	REAL TON	RECHAZOS	PARAS	H PROG	Ratio Teorico	Disponibilidad%	Rendimiento %	Calidad%	OEE	OEE Ponderado
9/25/2018	1	172.8	174.2			20.5	8.43	100%	100%	100%	100%	26%
9/25/2018	2	84.8	86.4			22	3.85	100%	100%	100%	100%	13%
9/25/2018	9	134.0	125.3			22	6.09	100%	94%	100%	94%	19%
9/25/2018	3	64.0	59.3	21.88	1.00	22	2.91	95%	97%	99%	91%	9%
9/25/2018	8	98.1	92.4			21.5	4.56	100%	94%	100%	94%	14%
9/25/2018	6	0.3	0.3			12	0.02	100%	100%	100%	100%	0%
9/25/2018	7	11.3	11.3			24	0.47	100%	100%	100%	100%	2%
9/25/2018	4	96.0	76.1		15.25	65.5	1.47	77%	100%	100%	77%	11%
9/25/2018	Total	661.2	625.2									94%

Figura 2.26 Herramienta actual usada para la obtención del OEE.

Fuente: Propiedad de la empresa

En la hoja de cálculo se agregaba manualmente la información recibida por los departamentos de producción, calidad y planeación respectivamente y de manera automática se calculaba el OEE para cada una de las líneas de la planta.

Si bien es cierto a simple vista pareciera que todo funciona con normalidad, sin embargo, se analizó exhaustivamente el archivo utilizado, la formulación usada y además se verificó la fuente de la información.

Con toda la investigación realizada se determinó lo siguiente:

- El actual archivo usado por la empresa cuenta con una formulación correcta pero no cumple con la definición de OEE
- La información usada como input de la hoja de cálculo no es verificada
- El OEE de la línea es calculado con información de procesos diferentes
- Existe mucha manipulación de información entre departamentos

Con todos estos hallazgos se procedió a la formulación de un nuevo archivo que cumpliera con las siguientes expectativas:

- Archivo de fácil uso
- Amigable con el usuario
- Que vincule la información necesaria para el cálculo del OEE

En la figura 2.27 se muestra la interfaz del formato propuesto. En el apéndice D y E, se muestra en detalle el uso del formato.

Fecha	Mes	Semana	Extrusora	Tiempo Planificado (h)	Tiempo Planificado (min)	Paras Programadas (h)	Rechazos (Producción)	Rechazos (Calidad)	Producción esperada	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
10-ene.-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		19,535	51%	100%	98%	49%
10-ene.-19	ene	2	E-131	24	1440	0	0,42		4,050	19%	100%	96%	18%
11-ene.-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		26,297	68%	100%	99%	67%
11-ene.-19	ene	2	E-131	12	720	0	0,42		6,743	60%	100%	95%	58%
11-ene.-19	ene	2	E-96	24	1440	0	0,33		9,688	43%	78%	96%	33%
12-ene.-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		38,270	90%	95%	99%	84%
12-ene.-19	ene	2	E-131	12	720	0	0,42		7,830	75%	100%	97%	72%
12-ene.-19	ene	2	E-96	24	1440	0	0,33		14,809	59%	100%	98%	58%
13-ene.-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		33,547	47%	100%	99%	47%
13-ene.-19	ene	2	E-131	12	720	0	0,42		7,280	58%	100%	95%	55%
13-ene.-19	ene	2	E-96	24	1440	0	0,33		6,673	35%	82%	94%	27%
14-ene.-19	ene	3	E-200	12	720	0	0,48		12,827	36%	88%	96%	30%
14-ene.-19	ene	3	E-131	12	720	0	0,42		9,013	72%	44%	89%	28%
14-ene.-19	ene	3	E-96	12	720	0	0,33		8,840	71%	100%	97%	69%
15-ene.-19	ene	3	E-200	24	1440	0	0,48		57,720	81%	100%	99%	81%
15-ene.-19	ene	3	E-131	24	1440	0	0,42		17,680	71%	100%	98%	70%
15-ene.-19	ene	3	E-96	24	1440	0	0,33		22,013	88%	100%	99%	87%

Figura 2.27 Interfaz del formato propuesto

Fuente: Elaboración propia

La idea del formato propuesto es que sea de fácil entendimiento para quien lo analice, por lo que se incorporó la utilización de un gráfico tipo velocímetro en donde se muestre el OEE diario de la línea y cada uno de sus componentes como se muestra en la figura 2.28.

De esta manera es mucho más fácil identificar que componente del OEE es decir, disponibilidad, rendimiento o calidad está afectando el indicador.

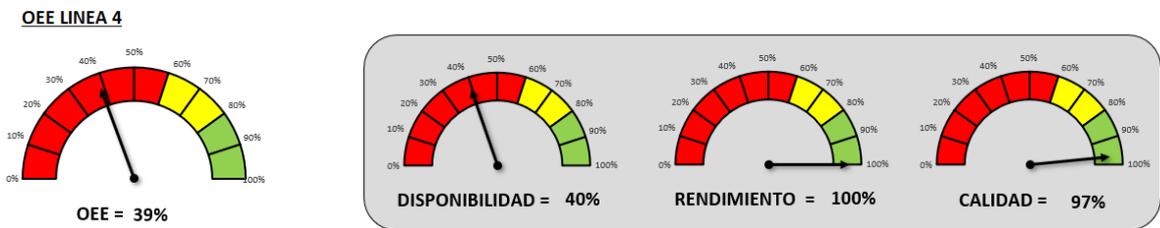


Figura 2.28 Gráfico tipo velocímetro propuesto para una línea

Fuente: Elaboración propia

Finalmente para profundizar un poco más en la identificación del bajo rendimiento de la línea de producción, se desarrolló el mismo tipo de gráfico pero para cada máquina que conforma el cuello de botella de la línea, como se muestra en la figura 2.29.

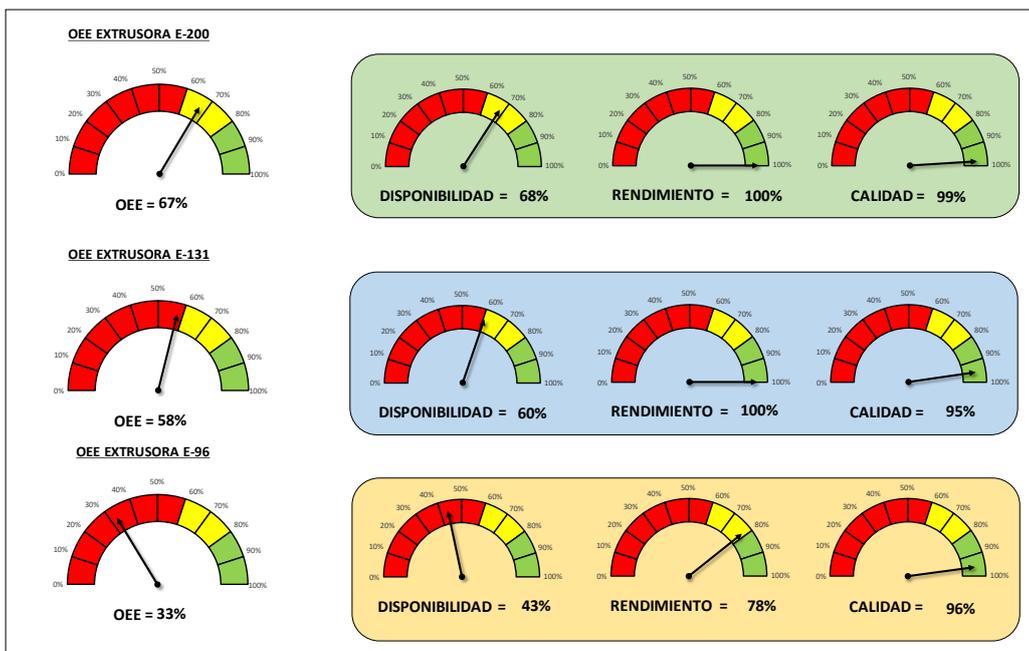


Figura 2.29 Gráfico tipo velocímetro por máquina

Fuente: Elaboración propia

2.5 Control

La última etapa de la metodología utilizada en el proyecto corresponde a la realización de un plan de control que garantice el buen funcionamiento de las implementaciones realizadas en el largo plazo. Para ello se realizó un plan de control como se muestra en la tabla 2.15

Tabla 2.15 Plan de control de las soluciones.

CAUSA	QUÉ	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	CUÁNDO
EL tiempo disponible del proceso cuello de botella no se lo está tomando por máquina	Identificación diaria del tiempo disponible por máquina	Verificación de información con departamento de planeación y producción	Cuello de botella línea 4	Asistente de planeación	Diario
No se registran todas las paradas no programadas en los reportes	El registro de paradas no programadas	Mediante el muestreo de los registros de paradas	Cuello de botella línea 4	Asistente de producción	Semanal
Los tiempos de setup se excluyen del cálculo del OEE provocando un alto índice de disponibilidad	Inclusión de los tiempos de setup en el cálculo de OEE	Verificación de información con el departamento de planeación	Oficina de planeación	Asistente de planeación	Diario
No se cuantifica el reproceso diario de la línea provocando un alto índice de calidad	El registro de producto en reproceso	Mediante el muestreo de los registros de reprocesos	Cuello de botella línea 4	Asistente de producción	Diario
Los ratios de producción no están siendo considerados por máquina ni presentación de producto	Los ratios reales de las extrusoras	Actualización de los ratios de las máquinas	Cuello de botella línea 4	Asistente de producción	Cada vez que existan mejoras en las máquinas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el fin de determinar la eficiencia del cálculo del indicador tras las implementaciones realizadas, se midió el OEE de la forma que actualmente la empresa lo ha venido realizando y se obtuvo que en el periodo de una semana entre el 10 y 15 de enero del 2019, el promedio fue del 58%.

Por otro lado, se midió el OEE con los formatos propuestos en el mismo período de tiempo entre el 10 y 15 de enero del 2019 obteniendo que el promedio fue del 78%.

Estos resultados fueron comparados con el fin de determinar el error que la empresa tiene en su cálculo como se muestra en la figura 3.1.

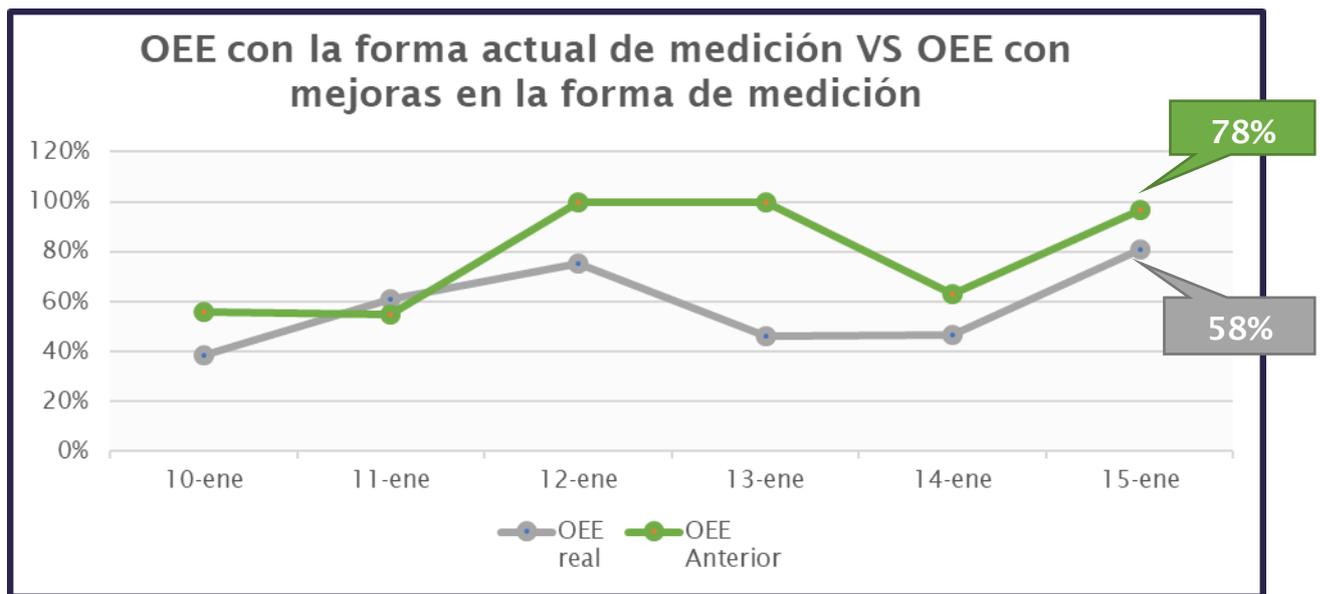


Figura 3.1 Comparación entre OEE calculado por la empresa y el propuesto

Fuente: Elaboración propia

Con dichos resultados se calculó el porcentaje de error actual que se obtiene en la medición del OEE, resultando en un 27.22% y en términos de exactitud es del 72.78%. Es decir que la medición del OEE paso a ser de un 72.78% a 100% exacto relativamente con el sistema de medición propuesto.

Por otro lado, para cuantificar el impacto de las soluciones en la empresa, se identificaron los costos que esta pudiera incurrir por tener una baja eficiencia.

Para ello, se determinó junto con el gerente de planta, todos los costos de fabricación que incluyen los costos de mano de obra directa, indirecta y costos adicionales de fabricación. Para la empresa productora de comida balanceada en la línea seleccionada, se tiene un costo de conversión estimado de \$560 por hora de fabricación y adicionalmente se determinó que el costo de una tonelada de producto producido es de \$2.16.

Con la información obtenida se calculó en términos de costo de oportunidad todos aquellos costo que se generan en esa línea por no estar produciendo debido a paras no planificadas, así como también el costo de oportunidad de las toneladas de productos que no se produjeron por las mismas razones.

Se realizaron dos cálculos de costos, uno considerando un OEE del 78%, es decir, según la eficiencia que calculó la compañía y el segundo considerando el OEE del 58% calculado con las mejoras implementadas.

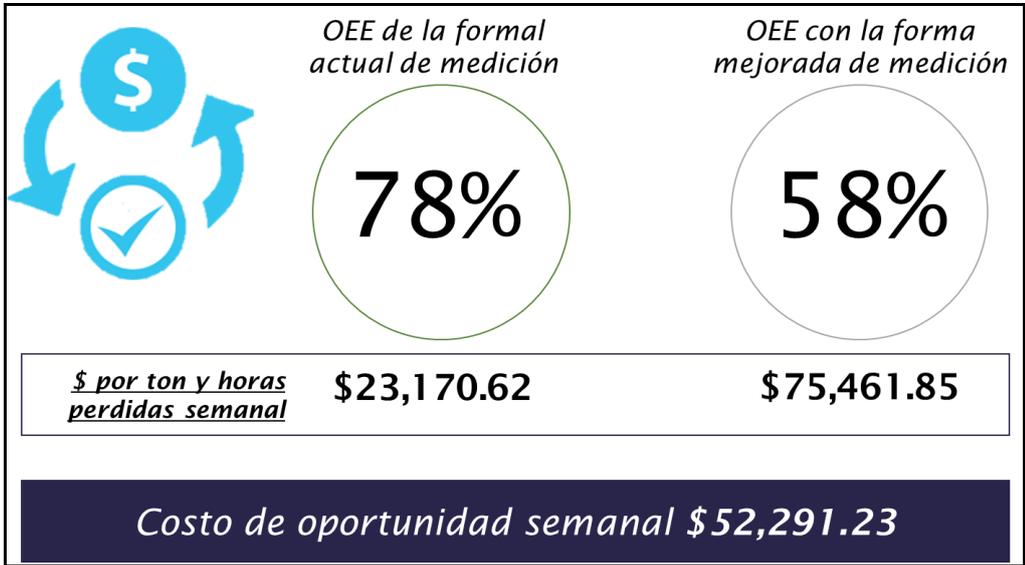


Figura 3.2 Costo de oportunidad semanal

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.2 se muestran la comparación en costos y se obtuvo que existe una diferencia de \$52,291.23. Esta diferencia en otras palabras es el costo de oportunidad que la empresa no ve por tener un indicador que no refleja la realidad de su planta.

Dicho de otra manera, la empresa cree que tiene un costo de oportunidad de \$23,170.62 cuando en realidad sus costo de oportunidad es de \$75,461.85.

La brecha de costo de oportunidad encontrada es un indicador clave del potencial que existe en la compañía para el desarrollo de proyectos de mejora en las líneas de producción de la compañía.

Finalmente, se realizó un diagrama de cajas donde se determinó que existe diferencia significativa entre las medias de los cálculos realizados como se muestra en la figura 3.3.

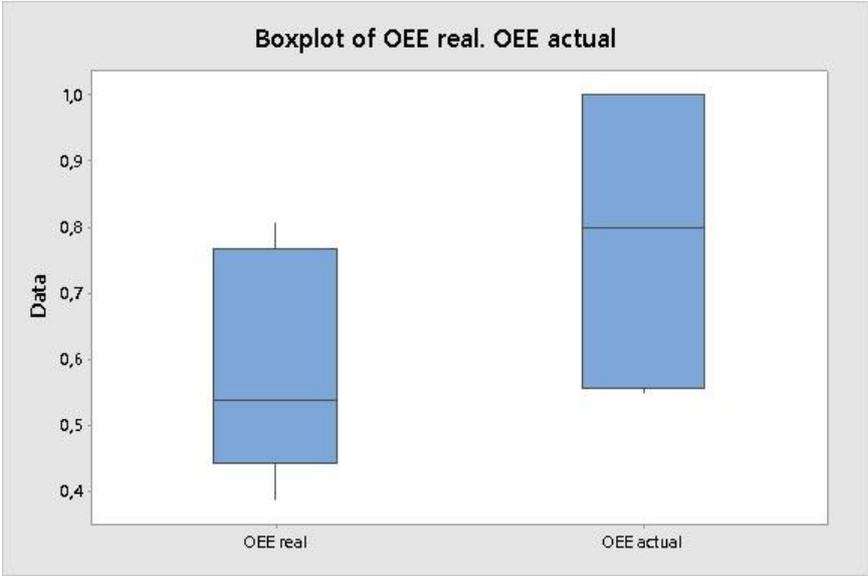


Figura 3.3 Diagrama de cajas entre el OEE actual y real.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, de los formatos implementados para el registro de paras en las máquinas, se puede destacar su utilidad cuando se presente la necesidad de mejorar la disponibilidad de las máquinas de la línea, esto debido a que el formato fue desarrollado de tal manera que se pueda identificar el motivo de paras más frecuentes.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La exactitud del cálculo del OEE se incrementó en un 27% cumpliendo así el objetivo planteado inicialmente.
- Hay más compromiso por parte de los trabajadores después de la formación.
- La información utilizada para calcular el OEE es más accesible, comprensible y confiable.
- Ahora la empresa tiene conocimiento de su eficiencia real y de los costos de oportunidad que tienen.
- Existe un gran potencial de oportunidades de mejora en la compañía.

4.2 Recomendaciones

- La implementación del formato propuesto en las demás líneas de producción.
- Continuar capacitando al personal de la fábrica sobre la filosofía TPM y la métrica del OEE para garantizar su compromiso con la empresa.
- El desarrollo de nuevos proyectos para mejorar la eficiencia de las máquinas.
- La implementación de softwares para el registro de información, con el fin de manejar información más confiable y reducir el consumo de papel.
- Un estudio de factibilidad de implementación de otras métricas de eficiencia que se ajusten un poco más a la naturaleza del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- 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>
- 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>
- 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>
- 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>.
- 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>.
- Chandrajit P. Ahire, Anand S. Relkar, Correlating Failure Mode Effect Analysis (FMEA) & Overall Equipment Effectiveness (OEE), *Procedia Engineering*, Volume 38, 2012, Pages 3482-3486, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.402>.
- 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>

- Nachiappan, R. M., & Anantharaman, N. (2006). Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 987-1008. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/17410380610688278>
- 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>
- Marin Măinea, Luminița Duță, Paul Ciprian Patric, 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>.
- 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.
- Raouf, A. (1994), "Improving capital productivity through maintenance", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14 No. 7, pp. 44-52.
- Gosavi, A. (2006), "A risk-sensitive approach to total productive maintenance", *Automatica*, Vol. 42 No. 8, pp. 1321-30.
- 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.
- Shirose, K. (1989), *Equipment Effectiveness, Chronic Losses, and Other TPM Improvement Concepts in TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Portland, OR.
- Venkatesh J. (2015). An introduction to Total Productive Maintenance (TPM). Plant Maintenance Resource Center. Accedido el 26 de Noviembre, 2018, desde http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml
- Mantenimiento productivo total (TPM). Accedido el 26 de Noviembre, 2018, desde <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

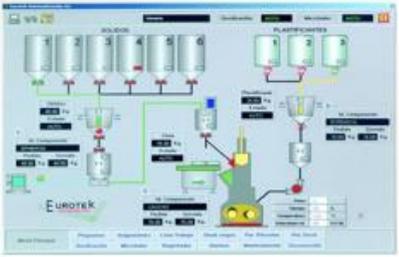
- Six Big losses. Accedido el 26 de Noviembre, 2018, desde <https://www.oeo.com/oeo-six-big-losses.html>
- Las seis grandes pérdidas. Accedido el 27 de Noviembre, 2018, desde <http://tpm.awardspace.us/Seis-Grandes-Perdidas.html>
- Pintelon, muchiri (2006, 27 de Noviembre) Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature Review & Practical Application Discussion. International journal of production research. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00512968/document>
- Implement OEE. Accedido el 27 de Noviembre, 2018, desde <https://www.oeo.com/implementing-oeo.html>
- Calculate OEE. Accedido el 28 de Noviembre, 2018, desde <https://www.oeo.com/calculating-oeo.html>
- Salazar Leobardo (2015), Implementar un sistema para mejorar el rastreo y control de documentos. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/9440/1/Tesina.pdf>

APÉNDICES

APÉNDICE A

En el siguiente apartado se muestra los porcentajes de utilización calculados por cada uno de los procesos de la línea seleccionada para su estudio, así como también las velocidades reales y teóricas de cada uno de ellos.

DOSIFICACIÓN		
ES CUELLO DE BOTELLA ?	% DE OCUPACIÓN vs CB	
	REAL	TEORICA
-----	51.40%	20.56%



MEZCLADO	
ES CUELLO DE BOTELLA ?	% DE OCUPACIÓN vs CB



DOSIFICACIÓN		
CAPACIDAD	REAL	TEORICA
TIEMPO x BACTH BATCH	900 seg	360 seg
BATCH	1.50 Ton	1.50 Ton
PREMIUM	6.00 Ton/hr	15.00 Ton/hr
GATOS Y CANES CACHORROS	6.00 Ton/hr	15.00 Ton/hr
CANES ADULTOS	6.00 Ton/hr	15.00 Ton/hr
NUGGETS / SNACKS / DOGGUIE	6.00 Ton/hr	15.00 Ton/hr

MEZCLADO # 1	
CAPACIDAD	MEZCLADO # 1
TIEMPO DE MEZCLADO BATCH	300 seg
BATCH	1.50 Ton
PREMIUM	18.00 Ton/hr
GATOS Y CANES CACHORROS	18.00 Ton/hr
CANES ADULTOS	18.00 Ton/hr
NUGGETS / SNACKS / DOGGUIE	18.00 Ton/hr

MOLIENDA		
ES CUELLO DE BOTELLA ?	% DE OCUPACIÓN vs CB	
	REAL	TEORICA
-----	51.40%	34.27%



EXTRUSIÓN		
ES CUELLO DE BOTELLA ?	% DE OCUPACIÓN vs CB	
	REAL	TEORICA
CB	100.00%	38.55%



EXTRUSORA E-96D

MOLIENDA M-1000

CAPACIDAD	REAL	TEORICA
PREMIUM	6.00 Ton/hr	9.00 Ton/hr
GATOS Y CANES CACHORROS	7.00 Ton/hr	9.00 Ton/hr
CANES ADULTOS	8.00 Ton/hr	9.00 Ton/hr
NUGGETS / SNACKS / DOGGUIE	5.00 Ton/hr	9.00 Ton/hr

CAPACIDAD	REAL	TEORICA
PREMIUM	0.83 Ton/hr	2.00 Ton/hr
GATOS Y CANES CACHORROS	0.88 Ton/hr	2.00 Ton/hr
CANES ADULTOS	1.23 Ton/hr	2.00 Ton/hr
NUGGETS / SNACKS / DOGGUIE	0.44 Ton/hr	2.00 Ton/hr

SECADO	
ES CUELLO DE BOTELLA ?	% DE OCUPACIÓN vs CB
-----	30.84%



SECADOR 2

CAPACIDAD	4.00 Ton/hr
-----------	-------------

ENVASADO		
ES CUELLO DE BOTELLA ?	% DE OCUPACIÓN vs CB	
	REAL	TEORICA
-----	14.06%	11.17%



ENVASADO MAXPACK

CAPACIDAD	REAL	TEORICA	%
0,45 kg	0.79 Ton/hr	1.08 Ton/hr	60%
2 kg	2.00 Ton/hr	3.60 Ton/hr	30%
4 kg	2.00 Ton/hr	3.36 Ton/hr	10%
PONDERADO	1.27 Ton/hr	2.06 Ton/hr	100%

EMPACADO		
ES CUELLO DE BOTELLA ?	% DE OCUPACIÓN vs CB	
	REAL	TEORICA
-----	14.23%	11.23%



ENFARDADO MAXPACK

CAPACIDAD	REAL	TEORICA	%
0,45 kg	0.79 Ton/hr	1.08 Ton/hr	60%
2 kg	2.00 Ton/hr	3.60 Ton/hr	30%
4 kg	2.00 Ton/hr	3.36 Ton/hr	10%
PONDERADO	1.27 Ton/hr	2.06 Ton/hr	100%

APÉNDICE B

En el siguiente apartado como soporte a la capacitación dictada en la compañía, se presenta el registro de asistencia a la capacitación.

REGISTRO DE FORMACIÓN

Capacitación Adiestramiento

Tema: Eficiencia General de los Equipos de Extrusoras			Fecha: 1 Hora.			
Instructor: Froula Vergara y Xavier Harandero		Posición: Proyecto de Titulación		Duración: 17/01/2019		
PARTICIPANTES						
#	APELLIDOS	NOMBRE	POSICIÓN	DEPARTAMENTO	# CEDULA	FIRMA
1	Burgos Piles	José	Extensor	Producción	091979338-0	Burgos P.
2	Quirós Ramírez	José	Supervisor	Producción	0904533980	[Firma]
3	Angulo Bonilla	José Luis	Agasador	Producción	091866629	[Firma]
4	Aulhomo Vergara	M. Lenin	ENSACADOR	Producción	0930985718	[Firma]
5	PEÑO TORREALBA	PEÑO	Operador	Producción	0910554118	[Firma]
6	Juan Alendao	Danny	Supervisor	Producción	0919747113	[Firma]
7	Borrico	Freddy	ASISTENTE A EXTENSOR	Producción	0923031132	[Firma]


 Firma del Coordinador


 Firma del Instructor

y adicionalmente se presentan las diapositivas usadas para la capacitación al personal de fábrica como parte de las soluciones propuestas.



MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

- Su objetivo es maximizar la efectividad del equipo a través de toda su vida útil al 100%
- Es Implantado y mantenido por diversos departamentos involucrados en los equipos
- Involucra a **TODOS** los empleados, desde el operador hasta el director

ELEMENTOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

- Mantenimiento correctivo programado
- Mantenimiento preventivo (incluye predictivo por proveedores: termografía infrarroja, análisis de vibraciones y aceites)
- Mantenimiento productivo autónomo por operadores (limpieza, lubricación, etc.)
- Mantenimiento proactivo por Ingeniería (rediseño, Poka Yokes)

BENEFICIOS DEL TPM

- Mejoras en productividad
- Mejoras en calidad
- Mejoras en tiempos de entrega
- Mejoras en seguridad e higiene
- Mejoras en la moral de los empleados
- **Cuanto más automático sea el equipo, más importante es el TPM**

LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS POR EQUIPOS REDUCIDAS POR EL TPM

- **Fallas en el equipo:** causan tiempos muertos y reducen la productividad
- **Preparación y ajustes:** se deben mejorar los tiempos de preparación y ajuste
- **Ocio y paros menores:** sensores defectuosos, partes atoradas en transportadores, etc.

6 PÉRDIDAS POR EQUIPOS REDUCIDAS POR EL TPM

- **Velocidad reducida:** es la diferencia entre la velocidad de diseño y la velocidad real
- **Defectos de proceso:** por mal funcionamiento
- **Rendimiento reducido:** pérdidas por arranques y paros del equipo

CONTROL DE LAS FALLAS - TPM

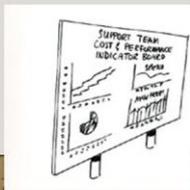
- Mantener en control las condiciones básicas (limpieza, lubricación, atornillado)
- Apego a procedimientos operativos
- Restablecer la deterioración
- Mejorar las debilidades de diseño
- Mejorar la operación y mantenimiento

METAS EN LAS 6 PÉRDIDAS

- Pérdidas por fallas o tiempos muertos 0 min.
- Pérdidas por preparación y ajustes <10min.
- Pérdidas de velocidad 0 min.
- Ocio y paros menores 0 min.
- Pérdidas por defectos de calidad 0 min.
- Pérdidas en el rendimiento minimizar

¿QUÉ ES EL OEE?

La eficacia global del equipo (OEE) es una medida total del rendimiento que relaciona la disponibilidad del proceso con la productividad y la calidad.



¿QUÉ SIGNIFICA ESO?

OEE es un indicador clave de rendimiento (KPI) que puede medir el impacto del cambio en un proceso causado por la eliminación del proceso o la pérdida de equipos.

¿POR QUÉ EL OEE ES IMPORTANTE?

- Si le informaron que su departamento se estaba agotando, podría asumir razonablemente que el equipo estaba funcionando de manera eficiente y efectiva.
- ¿Qué pasa si el equipo solo funcionó el 75% del tiempo?
- ¿Qué pasaría si al ejecutarse funcionara al 80% de su velocidad?
- ¿Qué pasa si solo el 90% de las partes que hizo son buenas?
- Individualmente, estas medidas de rendimiento parecen indicar un equipo OK, pero ¿es una imagen real?
- ¿Qué está impactando en estas cifras de rendimiento?

¿CÓMO SE MIDE EL OEE?

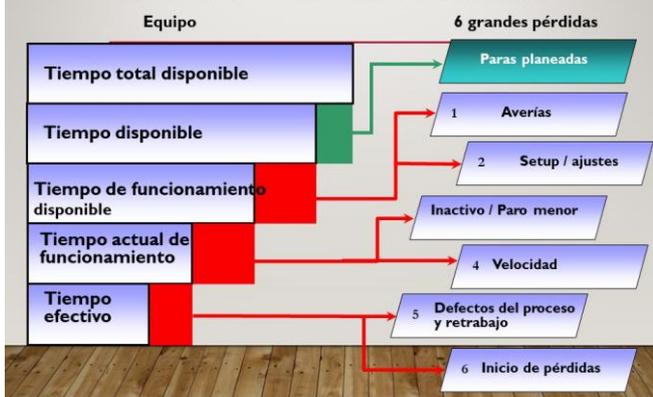
OEE =

DISPONIBILIDAD

x RENDIMIENTO

x CALIDAD

OEE Y LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS



DISPONIBILIDAD

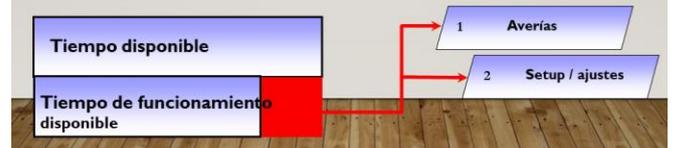
"El porcentaje de tiempo que el equipo está funcionando cuando lo necesitamos"

DISPONIBILIDAD=

$$\frac{\text{TIEMPO DISPONIBLE} - \text{PARAS NO PLANEADAS}}{\text{TIEMPO DISPONIBLE}} \times 100\%$$

Donde:-

$$\text{Tiempo disponible} = \text{Tiempo disponible total} - \text{Paros planeados}$$



PARAS PLANEADAS VS NO PLANEADAS

- **Planeada**
 - Exceso de capacidad.
 - Pausas planeadas.
 - Mantenimiento planificado.
 - Comunicaciones breves / reuniones de equipo.
- **No planeadas (pérdidas)**
 - Averías
 - Establecer ups y ajustes.
 - Entregas tardías (material).
 - Disponibilidad del operador.

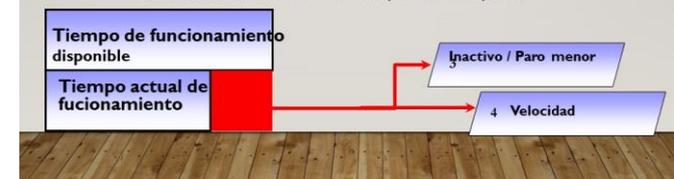
RENDIMIENTO

"La diferencia entre la salida potencial y la salida real, cuando el equipo estaba disponible"

RENDIMIENTO=

$$\frac{\text{TIEMPO IDEAL DEL CICLO} \times \text{SALIDA ACTUAL}^*}{\text{TIEMPO DE OPERACION DISPONIBLE}} \times 100\%$$

*Nota: - La salida real es la cantidad de partes buenas y malas



VELOCIDAD DE OPERACIÓN VS RENDIMIENTO

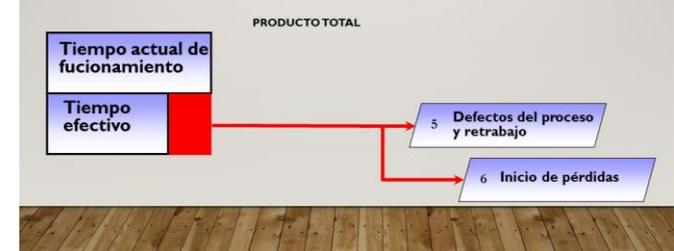
- **Tasa de velocidad de operación**
 - El % del tiempo de ciclo real contra el tiempo de ciclo ideal.
- **Rendimiento**
 - La tasa de velocidad de operación se factorizó con interrupciones en el procesamiento constante, es decir, ralenti y paros menores.

CALIDAD

"El total de partes buenas producidas expresadas como un% del total de partes producidas"

CALIDAD=

$$\frac{\text{PRODUCTO TOTAL} - \text{PRODUCTO CON DEFECTO}}{\text{PRODUCTO TOTAL}} \times 100\%$$



PROCESSED V DEFECT QUANTITY

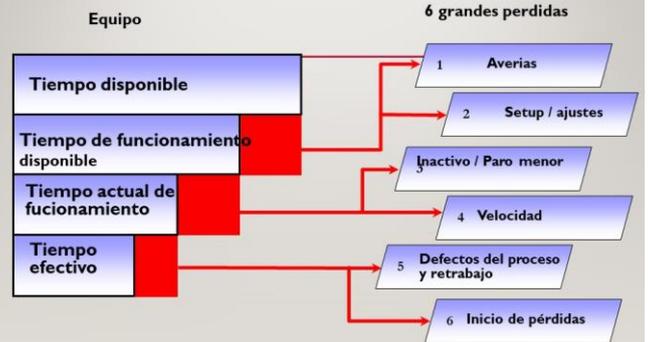
• Piezas hechas

- La cantidad total de piezas producidas en el tiempo disponible.

• Cantidad de defectos

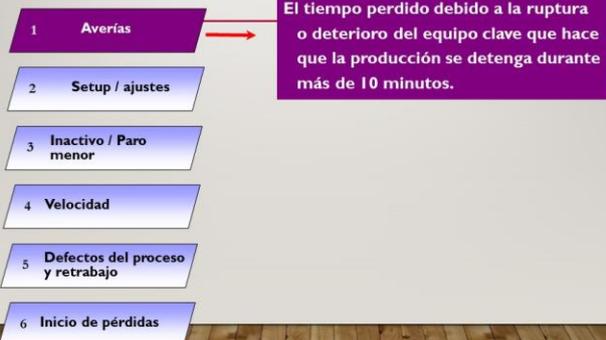
- La cantidad de piezas que no cumplieron con el estándar requerido (incluida la revisión) en el tiempo disponible.

OEE Y LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS



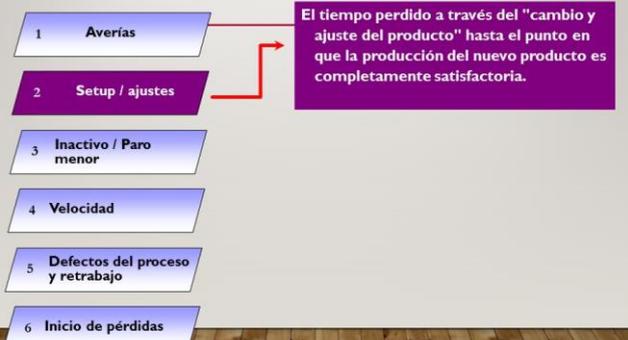
SEIS GRANDES PÉRDIDAS - ¿QUÉ SON?

6 grandes pérdidas



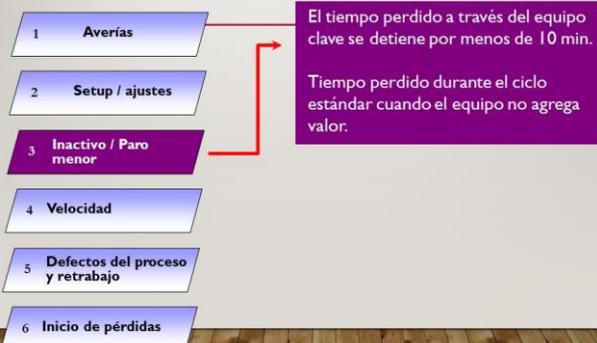
SEIS GRANDES PÉRDIDAS - ¿QUÉ SON?

6 grandes pérdidas



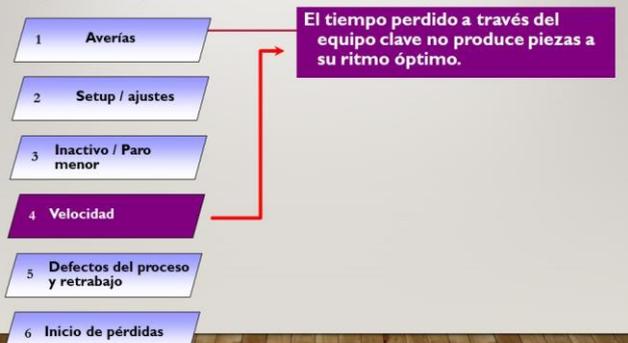
SEIS GRANDES PÉRDIDAS - ¿QUÉ SON?

6 grandes pérdidas



SEIS GRANDES PÉRDIDAS - ¿QUÉ SON?

6 grandes pérdidas



SEIS GRANDES PÉRDIDAS - ¿QUÉ SON?

6 grandes pérdidas

- 1 Averías
- 2 Setup / ajustes
- 3 Inactivo / Paro menor
- 4 Velocidad
- 5 Defectos del proceso y retrabajo
- 6 Inicio de pérdidas

El tiempo perdido a través de equipos clave que no producen piezas que cumplan con el estándar de calidad especificado.

El tiempo perdido a través del equipo clave que se utiliza para volver a trabajar las piezas de baja calidad.

SEIS GRANDES PÉRDIDAS - ¿QUÉ SON?

6 grandes pérdidas

- 1 Averías
- 2 Setup / ajustes
- 3 Inactivo / Paro menor
- 4 Velocidad
- 5 Defectos del proceso y retrabajo
- 6 Inicio de pérdidas

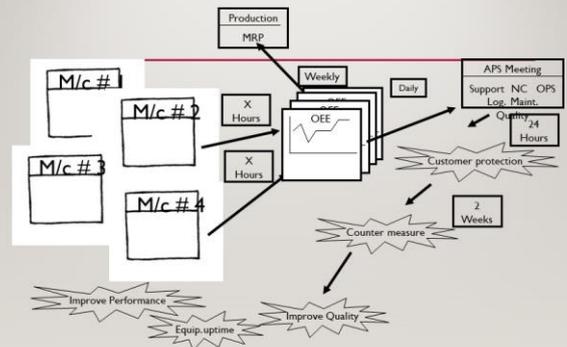
El tiempo perdido a través del equipo clave que no produce piezas según el estándar de calidad especificado, después del inicio y antes de que el equipo logre condiciones de producción controlables.

“Lo que no se mide no se puede mejorar”

Peter Drucker
William Thomson Kelvin (1824 - 1907)

Doppler Ray

SOLVING PROBLEMS



Equipment Loss/Effectiveness - Daily Record Sheet

Availability			
A. Gross Available Time:			480 min.
B. Planned Downtime			20 min.
C. Total Available Time:	(Gross Available Time - Planned Downtime) A - B		460 min.
D. Downtime Losses			
Taken from Downtime Log			
# Breakdowns	2	20 min.	
# Setups and Adjustments	1	20 min.	60 min.
# Minor Stoppages	20	20 min.	
E. Operating Time			
(Total Available Time - Downtime Losses) C - D			
			400 min.
F. Percent Equipment Availability:			
(Operating Time/Total/ Available Time x 100)			
			87 %

Performance Rate

G. Processed Amount / Total Parts Run:	400 parts
This includes both good and bad parts	
H. Ideal Cycle Time:	.5 min/part
I. Performance Rate:	
(Ideal Cycle Time x Processed Amount / Operating Time x 100)	
$[(H \times G) / E] \times 100$	50%
Quality Rate	
J. Defect Amount / Total Rejects	8 parts
K. Quality Rate:	
(Processed Amount - Defect Amount / Processed Amount x 100)	
$[(G - J) / G] \times 100$	98%
L. Overall Equipment (Machine) Effectiveness:	
(Percent Equipment Availability x Performance Rate x Quality Rate x 100)	
$[F\% \times 1\% \times K\%] \times 100$	42.6%

MÉTRICAS DE TPM

Los objetivos son:

- Disponibilidad > 90%
- Eficiencia de desempeño > 95%
- Tasa de calidad de producto > 99%

RESULTADOS ESPERADOS DEL TPM

- Eliminación de fugas de aceite
- Disminución dramática de tiempos muertos
- Incremento en la eficiencia de los equipos
- Reducción de paros no programados
- Reducción de rechazos en producto intermedio y producto final
- Disminución de consumo de energía
- Reducción de horas hombre mantenimiento correctivo
- Reducción costo por contratistas
- Reducción de costo por partes de repuesto
- Menor polvo ambiental
- Menor ruido
- Menos conflictos producción / mantenimiento



APÉNDICE C

En el siguiente apartado se presentan las diferencias entre el formato de registro de paradas manejado inicialmente por la compañía versus el implementado como propuesta de mejora. En la figura 1 de este apartado, se aprecia el formato usado por la compañía inicialmente.

 EMPRESA S.A. PLANTA DE PRODUCCIÓN REGISTRO DIARIO DE PARAS PROCESO DE EXTRUSIÓN								
FECHA:								
ELABORADO POR:								
TURNO:								
TURNO	PRODUCTO	HORA DE INICIO	HORA DE FIN	TIEMPO TOTAL (MIN)	OBSERVACIONES	# SOLICITUD DE REPARACIÓN	RESPONSABLE	FIRMA

Figura 1. Formato inicial usado por la compañía

En este formato se pudo determinar que los operarios en el campo de observación registraban una causa que se derivaba a una historia muy larga que no necesariamente era la causa de la parada. Esto complicaba el trabajo del asistente de producción al momento de la tabulación de la información y consecuentemente al reportar las horas de paradas programadas y no programadas que se tuvieron en las líneas por turno.

En la figura 2 de este apartado, se muestra el formato propuesto para el registro de las paradas.

 EMPRESA S.A. PLANTA DE PRODUCCIÓN REGISTRO DIARIO DE PARADAS - PROCESO DE EXTRUSIÓN																																											
FECHA:			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>PARADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>DAÑO MECÁNICO</td></tr> <tr><td>2</td><td>DAÑO ELÉCTRICO</td></tr> <tr><td>3</td><td>BAJA PRESIÓN DE VAPOR</td></tr> <tr><td>4</td><td>CORTE DE ENERGÍA</td></tr> <tr><td>5</td><td>FALTA DE MEZCLA PARA EXTRUSIÓN</td></tr> <tr><td>6</td><td>TAPONAMIENTO DE DADO</td></tr> <tr><td>7</td><td>CAMBIO/AJUSTE CUCHILLAS</td></tr> </tbody> </table>		ID	PARADA	1	DAÑO MECÁNICO	2	DAÑO ELÉCTRICO	3	BAJA PRESIÓN DE VAPOR	4	CORTE DE ENERGÍA	5	FALTA DE MEZCLA PARA EXTRUSIÓN	6	TAPONAMIENTO DE DADO	7	CAMBIO/AJUSTE CUCHILLAS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>PARADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8</td><td>FALLA EN SECADOR</td></tr> <tr><td>9</td><td>FALLA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO</td></tr> <tr><td>10</td><td>TAPONAMIENTO DE BOQUILLA DE COLORANTES</td></tr> <tr><td>11</td><td>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</td></tr> <tr><td>12</td><td>CAMBIO DE MATRIZ</td></tr> <tr><td>13</td><td>CALIBRACIÓN DE MÁQUINA</td></tr> <tr><td>14</td><td>OTROS</td></tr> </tbody> </table>		ID	PARADA	8	FALLA EN SECADOR	9	FALLA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO	10	TAPONAMIENTO DE BOQUILLA DE COLORANTES	11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	12	CAMBIO DE MATRIZ	13	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA	14	OTROS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TIPO DE PARADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NP NO PLANEADO</td> </tr> <tr> <td>P PLANEADO</td> </tr> </tbody> </table>		TIPO DE PARADA	NP NO PLANEADO	P PLANEADO
ID	PARADA																																										
1	DAÑO MECÁNICO																																										
2	DAÑO ELÉCTRICO																																										
3	BAJA PRESIÓN DE VAPOR																																										
4	CORTE DE ENERGÍA																																										
5	FALTA DE MEZCLA PARA EXTRUSIÓN																																										
6	TAPONAMIENTO DE DADO																																										
7	CAMBIO/AJUSTE CUCHILLAS																																										
ID	PARADA																																										
8	FALLA EN SECADOR																																										
9	FALLA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO																																										
10	TAPONAMIENTO DE BOQUILLA DE COLORANTES																																										
11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																										
12	CAMBIO DE MATRIZ																																										
13	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA																																										
14	OTROS																																										
TIPO DE PARADA																																											
NP NO PLANEADO																																											
P PLANEADO																																											
ELABORADO POR:																																											
SUPERVISADO POR:																																											
TURNO:																																											
EXTRUSORA:																																											
PRODUCTO	HORA DE INICIO DE PARADA	HORA DE FIN DE PARADA	ID PARADA	TIPO DE PARADA	DESCRIPCIÓN DE LA PARADA	# SOLICITUD DE REPARACIÓN	RESPONSABLE	FIRMA RESPONSABLE																																			

Figura 2. Formato propuesto

En el lo primero que se hizo fue determinar las causas más frecuentes que generan paras en la línea y se la identificó de la siguiente manera

ID	PARADA
1	DAÑO MECÁNICO
2	DAÑO ELÉCTRICO
3	BAJA PRESIÓN DE VAPOR
4	CORTE DE ENERGÍA
5	FALTA DE MEZCLA PARA EXTRUSIÓN
6	TAPONAMIENTO DE DADO
7	CAMBIOS/AJUSTE CUCHILLAS
8	FALLA EN SECADOR
9	FALLA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO
10	TAPONAMIENTO DE BOQUILLA DE COLORANTES
11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
12	CAMBIO DE MATRIZ
13	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
14	OTROS

De esta forma se espera que el operario clasifique la parada que se presente en la línea de manera tal que el asistente de producción puede entender y procesar la información de manera adecuada y además se deja la puerta abierta para un futuro análisis de las causas de paradas más frecuentes y que posteriormente deriven en proyectos de mejora.

Adicionalmente se agregó la columna de Tipo de parada en donde el operario categoriza si fue una parada planeada o no planeada.

APÉNDICE D

En el presente apartado se detallan los pasos a seguir para llenar la información necesaria en el archivo propuesto para obtener la cantidad extruida de cada una de las extrusoras de la línea 4, que posteriormente será utilizado para la obtención del OEE.

El documento empieza con una hoja de tabulación de todas las referencias posibles de cada uno de los productos realizados en la línea de estudio, como se muestra en la figura 1 de este apartado, en la cual se detalla:

- La extrusora
- Código SAP del producto
- Peso unitario del producto
- Forma de la croqueta
- Velocidad teórica de ese producto en la extrusora

Extrusora	Código SAP	Descripción PT SAP	Peso unitario [Kg/PT]	Croqueta	Ratio (TON)	Extrusora	Código SAP	% en TOLVA	Extrusora	Código SAP	% en TOLVA
E-200	400510	GATOS EL ROSADO 450 GR	0.45	ESTRELLA NNJA	2.62	E-200	400510	73%	E-200	400510	73%
E-200	400511	GATOS EL ROSADO 1.5 KG	1.5	ESTRELLA NNJA	2.62	E-200	400511	73%	E-200	400511	73%
E-200	400533	ALIMENTO GATOS EL ROSADO CARNE 450 GR	0.45	ESTRELLA NNJA	2.62	E-200	400533	73%	E-200	400533	73%
E-200	400530	ALIMENTO GATOS EL ROSADO CARNE 1.5 KG	1.5	ESTRELLA NNJA	2.62	E-200	400530	73%	E-200	400530	73%
E-200	400531	ALIMENTO GATOS EL ROSADO PESCADO 450 GR	0.45	ESTRELLA NNJA	2.62	E-200	400531	73%	E-200	400531	73%
E-200	400532	ALIMENTO GATOS EL ROSADO PESCADO 1.5 KG	1.5	ESTRELLA NNJA	2.62	E-200	400532	73%	E-200	400532	73%
E-200	400137	TA RKO PERRO ADULTO POLLO 450 GR	0.45	0	2.581	E-200	400137	62%	E-200	400137	73%
E-200	400138	TA RKO PERRO ADULTO POLLO 2 KG	2	0	2.581	E-200	400138	62%	E-200	400138	73%
E-200	400139	TA RKO PERRO CACHORRO POLLO 450 GR	0.45	0	2.581	E-200	400139	62%	E-200	400139	73%
E-200	400140	TA RKO PERRO CACHORRO POLLO 2 KG	2	0	2.581	E-200	400140	62%	E-200	400140	73%
E-200	400141	TA RKO GATO POLLO 450 GR	0.45	0	1.904	E-200	400141	66%	E-200	400141	75%
E-200	400120	ALIMENTO PERRO STA MARIA 2KG	2	MUSLO	3.02	E-200	400120	66%	E-200	400120	75%
E-200	400121	ALIMENTO PERRO STA MARIA 4 KG	4	MUSLO	3.02	E-200	400121	66%	E-200	400121	75%
E-200	400122	ALIMENTO PERRO STA MARIA 8 KG	8	MUSLO	3.02	E-200	400122	66%	E-200	400122	75%
E-200	4MP001	WELLNESS ARM3 3KG	3	COSTILLA ARM3	0	E-200	4MP001	#DIV/0!	E-200	4MP001	0%
E-200	4MP002	WELLNESS ARM3 7.5KG	7.5	COSTILLA ARM3	0	E-200	4MP002	#DIV/0!	E-200	4MP002	0%
E-200	4MP003	WELLNESS ARM3 15KG	15	COSTILLA ARM3	0	E-200	4MP003	#DIV/0!	E-200	4MP003	0%
E-200	4MP004	WELLNESS CRM3 3KG	3	DISCO	0	E-200	4MP004	#DIV/0!	E-200	4MP004	0%
E-200	4MP005	WELLNESS CRM3 7.5KG	7.5	DISCO	0	E-200	4MP005	#DIV/0!	E-200	4MP005	0%
E-200	4MP006	WELLNESS CRM3 15KG	15	DISCO	0	E-200	4MP006	#DIV/0!	E-200	4MP006	0%
E-200	4MP007	WELLNESS ARPM 3KG	3	COSTILLA ARPM	0	E-200	4MP007	#DIV/0!	E-200	4MP007	0%
E-200	4MP008	WELLNESS CRPM 3KG	3	COSTILLA	0	E-200	4MP008	#DIV/0!	E-200	4MP008	0%
E-200	4MG001	WELLNESS KITTEN 2KG	2	ESTRELLA NNJA	0	E-200	4MG001	#DIV/0!	E-200	4MG001	0%
E-200	4MG002	WELLNESS GATOS 2KG	2	ESTRELLA NNJA	0	E-200	4MG002	#DIV/0!	E-200	4MG002	0%
E-200	4MG003	WELLNESS ESOS 2KG	2	ESTRELLA NNJA	0	E-200	4MG003	#DIV/0!	E-200	4MG003	0%
E-200	400139	NUTRAPRO GATOS GATITOS 500GR	0.5	LENTICIA	1.55	E-200	400139	64%	E-200	400139	74%
E-200	400160	NUTRAPRO GATOS GATITOS 2KG	2	MUSLITO	1.43	E-200	400160	64%	E-200	400160	73%
E-200	4001601	NUTRAPRO GATOS GATITOS 7.5KG	7.5	ESTRELLA CON ORIFICIO	1.43	E-200	4001601	64%	E-200	4001601	73%
E-200	4001602	NUTRAPRO GATOS ADULTO VITALITY 500GR	0.5	ROSETON	1.43	E-200	4001602	64%	E-200	4001602	73%

Figura 1. Referencias necesarias para la obtención de cantidad extruida

Para conocer la cantidad extruida por cada una de las extrusoras y así conocer la eficiencia real que aporta cada una de ellas en la obtención del OEE se realiza la tabulación de un formato ya establecido en la empresa en el cual se registra el inicio de las tolvas y el final de las tolvas diariamente, para así saber realmente cuanto produjo cada una de ellas. Como se puede observar en la figura 2 de este apartado, se obtiene el inventario inicial y el inventario final de producto extruido.

	Fecha	Turno	Extrusora	Codiglo	Producto	Tolva	Nivel Inicial	% Inicial	Densidad Inicial	Inventario Inicial	Nivel Final	% Final	Densidad Final	Inventario Final
2	10-ene.-19	1	E-200	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	1	0	0%	440	0,00	0	0%	440	0,00
3	10-ene.-19	1	E-200	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	2	4	50%	440	5980,77	2	25%	440	2990,38
4	10-ene.-19	1	E-200	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	3	6,2	78%	440	9270,19	2	25%	440	2990,38
5	10-ene.-19	1	E-200	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	4	0	0%	440	0,00	0	0%	0	0,00
6	10-ene.-19	2	E-200	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	1	0	0%	410	0,00	0	0%	410	0,00
7	10-ene.-19	2	E-200	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	2	0	0%	410	0,00	0	0%	410	0,00
8	10-ene.-19	2	E-200	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	3	0	0%	410	0,00	6,8	85%	410	9474,08
9	10-ene.-19	2	E-200	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	4	0	0%	410	0,00	6	75%	410	8359,48
10	10-ene.-19	1	E-131	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	1	0	0%	440	0,00	0	0%	440	0,00
11	10-ene.-19	1	E-131	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	2	4	50%	440	5980,77	2	25%	440	2990,38
12	10-ene.-19	1	E-131	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	3	6,2	78%	440	9270,19	2	25%	440	2990,38
13	10-ene.-19	1	E-131	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	4	0	0%	440	0,00	0	0%	0	0,00
14	10-ene.-19	2	E-131	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	1	0	0%	410	0,00	0	0%	410	0,00
15	10-ene.-19	2	E-131	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	2	0	0%	410	0,00	0	0%	410	0,00
16	10-ene.-19	2	E-131	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	3	0	0%	410	0,00	6,8	85%	410	9474,08
17	10-ene.-19	2	E-131	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	4	0	0%	410	0,00	6	75%	410	8359,48
18	11-ene.-19	1	E-200	4001502	NUTRAPRO CACHORRO RMG 4KG	1	0	0%	400	0,00	8	100%	400	10874,12
19	11-ene.-19	1	E-200	4001502	NUTRAPRO CACHORRO RMG 4KG	2	0	0%	400	0,00	0	0%	400	0,00
20	11-ene.-19	1	E-200	4001502	NUTRAPRO CACHORRO RMG 4KG	3	6,8	85%	400	9243,01	7	88%	400	9514,86
21	11-ene.-19	1	E-200	4001502	NUTRAPRO CACHORRO RMG 4KG	4	6	75%	400	8155,59	0	0%	400	0,00
22	11-ene.-19	2	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIE	1	0	0%	400	0,00	2	25%	400	2478,67

Figura 2. Nivel de cada tolva en cada uno de los turnos

Para finalizar y obtener la cantidad extruida, se necesita conocer si las maquinas están trabajando en paralelo para así saber el porcentaje de participación de cada una de las tolvas en el producto envasado en el día. Como se puede ver en la figura 3 de este apartado, se obtiene la cantidad extruida diariamente por extrusora.

	Fecha	Turno	Extrusora	Codiglo	Producto	Inventario Inicial	Inventario Final	Todas iguales	Trabajan en paralelo	Cantidad Envasada	Cantidad extruida	Cantidad producida (ton)
2	10-ene.-19	1	E-200	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG	15250,96	5980,76864	0	1	15000	5729,80861	3,47
3	10-ene.-19	2	E-200	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RI	0	17833,5647	0	1	6480	24313,5647	16,36
4	10-ene.-19	1	E-131	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG	15250,96	5980,76864	0	1	15000	5729,80861	2,26
5	10-ene.-19	2	E-131	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RI	0	17833,5647	0	1	6480	24313,5647	7,95
6	11-ene.-19	1	E-200	4001502	NUTRAPRO CACHORRO RI	17398,5997	20388,984	0	0	21236	24226,3843	24,23
7	11-ene.-19	2	E-200	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG	2786,49448	0	0	1	26080	23293,5055	14,11
8	11-ene.-19	2	E-131	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG	2786,49448	0	0	1	26080	23293,5055	9,18
9	11-ene.-19	1	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIE	0	0	0	0	2640	2640	2,64
10	11-ene.-19	2	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIE	0	4959,34105	0	0	4959,34105	4959,34105	4,96
11	12-ene.-19	1	E-200	4001503	NUTRAPRO CACHORRO RI	20898,7086	9752,73068	0	0	18460	7314,02208	7,31
12	12-ene.-19	2	E-200	4001503	NUTRAPRO CACHORRO RI	9752,73068	6966,2362	0	1	16931	14144,5055	8,91
13	12-ene.-19	2	E-131	4001503	NUTRAPRO CACHORRO RI	9752,73068	6966,2362	0	1	16931	14144,5055	5,24
14	12-ene.-19	2	E-200	4000085	MICHU 18KG	0	5437,0624	0	1	21600	27037,0624	20,01
15	12-ene.-19	2	E-131	4000085	MICHU 18KG	0	5437,0624	0	1	21600	27037,0624	7,03
16	12-ene.-19	1	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIE	4959,34105	8678,84684	0	0	1600	5319,50579	5,32
17	12-ene.-19	2	E-96	4001221	ALIMENTO PERRO STA.MJ	0	5083,32458	0	0	4752	9835,32458	9,84
18	12-ene.-19	2	E-96	4000972	FISHPAC 32% 20KLS.	0	0	0	0	0	0	0,00
19	13-ene.-19	1	E-200	4000085	MICHU 18KG	5572,98896	9056,10706	0	1	27900	31383,1181	23,22
20	13-ene.-19	1	E-131	4000085	MICHU 18KG	5572,98896	9056,10706	0	1	27900	31383,1181	8,16
21	13-ene.-19	2	E-200	4000030	BIENEFICIA CEM DOLY	0	18688,803	0	0	10405	38064,803	38,06

Figura 3. Cantidad extruida por extrusora diariamente

APÉNDICE E

En el presente apartado se detallan los pasos a seguir para llenar la información necesaria en el formato actualizado utilizado para la obtención del OEE de la línea 4.

El documento empieza con una hoja de tabulación de todas las referencias posibles de cada uno de los productos realizados en la línea de estudio, como se muestra en la figura 1 de este apartado, en la cual se detalla:

- La extrusora
- Código SAP del producto
- Peso unitario del producto
- Forma de la croqueta
- Velocidad teórica de ese producto en la extrusora

Extrusora	Código SAP	Descripción PT SAP	Peso unitario [kg/PT]	Croqueta	Ratio (TON)	Extrusora	Código SAP	% en TOLVA	ID	PARADA
E-200	400510	GATOS EL ROSADO 450 GR	0.45	ESTRELLA/NINJA	2.62	E-200	400510	73%	1	DAÑO MECÁNICO
E-200	400511	GATOS EL ROSADO 15 KG	1.5	ESTRELLA/NINJA	2.62	E-200	400511	73%	2	DAÑO ELÉCTRICO
E-200	400533	ALIMENTO GATOS EL ROSADO CARNE 450 GR	0.45	ESTRELLA/NINJA	2.62	E-200	400533	73%	3	BAJA PRESIÓN DE VAPOR
E-200	400530	ALIMENTO GATOS EL ROSADO CARNE 15 KG	1.5	ESTRELLA/NINJA	2.62	E-200	400530	73%	4	CORTE DE ENERGÍA
E-200	400591	ALIMENTO GATOS EL ROSADO PESCADO 450 GR	0.45	ESTRELLA/NINJA	2.62	E-200	400591	73%	5	FALTA DE MEZCLA PARA EXTRUSIÓN
E-200	400592	ALIMENTO GATOS EL ROSADO PESCADO 15 KG	1.5	ESTRELLA/NINJA	2.62	E-200	400592	73%	6	TAPONAMIENTO DE DADO
E-200	400137	TA RKO PERRO ADULTO POLLO 450 GR	0.45	0	2.581	E-200	400137	62%	7	CAMBIO/AJUSTE CUCHILLAS
E-200	400138	TA RKO PERRO ADULTO POLLO 2 KG	2	0	2.581	E-200	400138	62%	8	FALLA EN SECADOR
E-200	400133	TA RKO PERRO CACHORRO POLLO 450 GR	0.45	0	2.581	E-200	400133	62%	9	FALLA EN TRANSPORTE NEUMÁTICO
E-200	400140	TA RKO PERRO CACHORRO POLLO 2 KG	2	0	2.581	E-200	400140	62%	10	TAPONAMIENTO DE BOQUILLA DE COLORANTES
E-200	400194	TA RKO GATO POLLO 450 GR	0.45	0	1.904	E-200	400194	66%	11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
E-200	400120	ALIMENTO PERRO STA MARIA 2KG	2	MUSLO	3.02	E-200	400120	66%	12	CAMBIO DE MATRIZ
E-200	400221	ALIMENTO PERRO STA MARIA 4KG	4	MUSLO	3.02	E-200	400221	66%	13	CALIBRACIÓN DE MÁQUINA
E-200	400222	ALIMENTO PERRO STA MARIA 8KG	8	MUSLO	3.02	E-200	400222	66%	14	OTROS
E-200	4MP001	WELLNESS ARM3 3KG	3	COSTILLA ARM3	0	E-200	4MP001	#GRUPO		
E-200	4MP002	WELLNESS ARM3 7.5KG	7.5	COSTILLA ARM3	0	E-200	4MP002	#GRUPO		
E-200	4MP003	WELLNESS ARM3 15KG	15	COSTILLA ARM3	0	E-200	4MP003	#GRUPO		
E-200	4MP004	WELLNESS CRM3 3KG	3	DISCO	0	E-200	4MP004	#GRUPO		
E-200	4MP005	WELLNESS CRM3 7.5KG	7.5	DISCO	0	E-200	4MP005	#GRUPO		
E-200	4MP006	WELLNESS CRM3 15KG	15	DISCO	0	E-200	4MP006	#GRUPO		
E-200	4MP007	WELLNESS ARFM 3KG	3	COSTILLA ARFM	0	E-200	4MP007	#GRUPO		
E-200	4MP008	WELLNESS CRM 3KG	3	COSTILLA	0	E-200	4MP008	#GRUPO		
E-200	4MG001	WELLNESS KITTEN 2KG	2	ESTRELLA/NINJA	0	E-200	4MG001	#GRUPO		
E-200	4MG002	WELLNESS GATOS 2KG	2	ESTRELLA/NINJA	0	E-200	4MG002	#GRUPO		
E-200	4MG003	WELLNESS ESIC05 2KG	2	ESTRELLA/NINJA	0	E-200	4MG003	#GRUPO		
E-200	400599	NUTRAPRO GATOS GATITOS 500GR	0.5	LENTICIA	1.55	E-200	400599	64%		
E-200	400600	NUTRAPRO GATOS GATITOS 2KG	2	MUSLITO	1.43	E-200	400600	64%		
E-200	400601	NUTRAPRO GATOS GATITOS 7.5KG	7.5	ESTRELLA CON ORIFICIO	1.43	E-200	400601	64%		
E-200	400602	NUTRAPRO GATOS ADULTO VITALITY 500GR	0.5	ROSETON	1.43	E-200	400602	64%		

Figura 1. Referencias utilizadas para el cálculo del OEE

Dado que el encargado de realizar el OEE es el asistente de planeación, para obtención de este primero se requiere información del departamento de producción. Esta información el departamento lo obtiene con el archivo previamente mostrado en el apéndice D, del cual se enviará un reporte de los datos mostrados a continuación:

- Paras no programadas
- Cantidad extrudida

Estos datos se llenarán en la segunda hoja del documento y se colocan en función de la fecha y el código de producto extruido esa fecha.

FECHA	Extrusora	CODIGO	PRODUCTO	Paras no programadas (min)	Cantidad extruida (Tonelada)	Ratios
10-ene-19	E-131	4001209	NUTRAPRO CACHORRO RMG 2KG	550	7.95	0.87
11-ene-19	E-200	4001502	NUTRAPRO CACHORRO RMG 4KG	220	24.23	1.79
11-ene-19	E-200	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	240	14.11	1.43
11-ene-19	E-131	4001204	NUTRAPRO ADULTO RMG 7.5KG	285	9.18	0.93
11-ene-19	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIENTO 46% 20KG	350	2.64	0.93
11-ene-19	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIENTO 46% 20KG	465	4.96	0.93
13-ene-19	E-200	4000085	MICHU 18KG	435	23,2235074	2.96
13-ene-19	E-131	4000085	MICHU 18KG	300	8.15961071	1.04
13-ene-19	E-200	4000070	BUENCAN CRMG POLLO Y YOGURT 2KG	325	29,094902	2.96
14-ene-19	E-200	4001503	NUTRAPRO CACHORRO RPM 4KG	0	7.31	1.19
13-ene-19	E-96	4000972	FISHPAC 32% 20KLS.	390	3.2	0.64
12-ene-19	E-200	4001503	NUTRAPRO CACHORRO RPM 4KG	150	8,90579977	1.18
12-ene-19	E-131	4001503	NUTRAPRO CACHORRO RPM 4KG	60	5,23870575	0.7
12-ene-19	E-200	4000085	MICHU 18KG	0	20,0074262	2.96
12-ene-19	E-131	4000085	MICHU 18KG	120	7,02963622	1.04
20-ene-19	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIENTO 46% 20KG	0	5,31950579	0.93
21-ene-19	E-96	4001221	ALIMENTO FERRO STA MARIA 4 KG	330	9,83532458	1,566
22-ene-19	E-96	4000972	FISHPAC 32% 20KLS.	260	0	0,64
23-ene-19	E-96	4001410	ALCON TRUCHA CRECIMIENTO 46% 20KG	540	2.28	0.93
24-ene-19	E-200	4000070	BUENCAN CRMG POLLO Y YOGURT 2KG	460	11,2594114	2.96
25-ene-19	E-131	4000070	BUENCAN CRMG POLLO Y YOGURT 2KG	200	3,95600941	1.04
24-ene-19	E-96	4000070	BUENCAN CRMG POLLO Y YOGURT 2KG	210	11,6877983	1.04
27-ene-19	E-200	4000070	BUENCAN CRMG POLLO Y YOGURT 2KG	0	38,2025291	2.96
28-ene-19	E-131	4000070	BUENCAN CRMG POLLO Y YOGURT 2KG	180	13,4225102	1.04

Figura 2. Cantidad extruida y paras no programadas para obtención del OEE

Por último, en la pestaña de OEE, se requiere la siguiente información:

- Tiempo planificado para producción
- Rechazos de producción
- Rechazos de calidad

Las celdas en las que son necesarias información están de color verde. La información previamente descrita, también se debe llenar por fecha y extrusora determinada. Con información ingresada se muestra directamente en la última columna el OEE diario obtenido, como se muestra en la figura 3 de este apartado.

Como se puede observar también se puede ver el desglose de cada uno de los factores que inciden en el OEE:

- Disponibilidad
- Rendimiento
- Calidad

Adicional, se obtiene el OEE por medio de la participación que realiza cada una de las extrusoras en el OEE, el mismo se obtiene con la cantidad extruida en el día en cuestión para así obtener el OEE de la línea.

Fecha	Mes	Semana	Extrusora	Tiempo Planificado (h)	Tiempo Planificado (min)	Paras Programadas (h)	Rechazos (Produccion)	Rechazos (Calidad)	Produccion esperada	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	PARTICIPACION EN OEE	OEE DE LINEA
10-ene-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		19,535	51%	100%	98%	66%	39%
10-ene-19	ene	2	E-131	24	1440	0	0,42		4,050	19%	100%	96%	34%	39%
11-ene-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		26,297	68%	100%	99%	70%	61%
11-ene-19	ene	2	E-131	12	720	0	0,42		6,743	60%	100%	95%	17%	61%
11-ene-19	ene	2	E-96	24	1440	0	0,33		9,688	43%	78%	96%	14%	61%
12-ene-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		38,270	90%	95%	99%	57%	75%
12-ene-19	ene	2	E-131	12	720	0	0,42		7,830	75%	100%	97%	19%	75%
12-ene-19	ene	2	E-96	24	1440	0	0,33		14,809	59%	100%	98%	24%	75%
13-ene-19	ene	2	E-200	24	1440	0	0,48		33,547	47%	100%	99%	79%	46%
13-ene-19	ene	2	E-131	12	720	0	0,42		7,280	58%	100%	95%	12%	46%
13-ene-19	ene	2	E-96	24	1440	0	0,33		6,673	35%	82%	94%	8%	46%
14-ene-19	ene	3	E-200	12	720	0	0,48		12,377	96%	88%	96%	42%	47%
14-ene-19	ene	3	E-131	12	720	0	0,42		9,013	72%	44%	89%	15%	47%
14-ene-19	ene	3	E-96	12	720	0	0,33		8,840	71%	100%	97%	43%	47%
15-ene-19	ene	3	E-200	24	1440	0	0,48		57,720	81%	100%	99%	52%	81%
15-ene-19	ene	3	E-131	24	1440	0	0,42		17,680	71%	100%	98%	18%	81%
15-ene-19	ene	3	E-96	24	1440	0	0,33		22,013	88%	100%	99%	30%	81%

Figura 3. Obtención del OEE

En el mismo archivo, se agrego una pestaña mas llamada DASHBOARD con el fin de mostrar el OEE de una manera mas interactiva y que los resultados obtenidos se observen de una mejor manera. Para obtener las graficas de un dia solo se coloca el dia que se quiere saber y automatica se actualizan los graficos, como se puede ver en la figura 4 de este apartado.

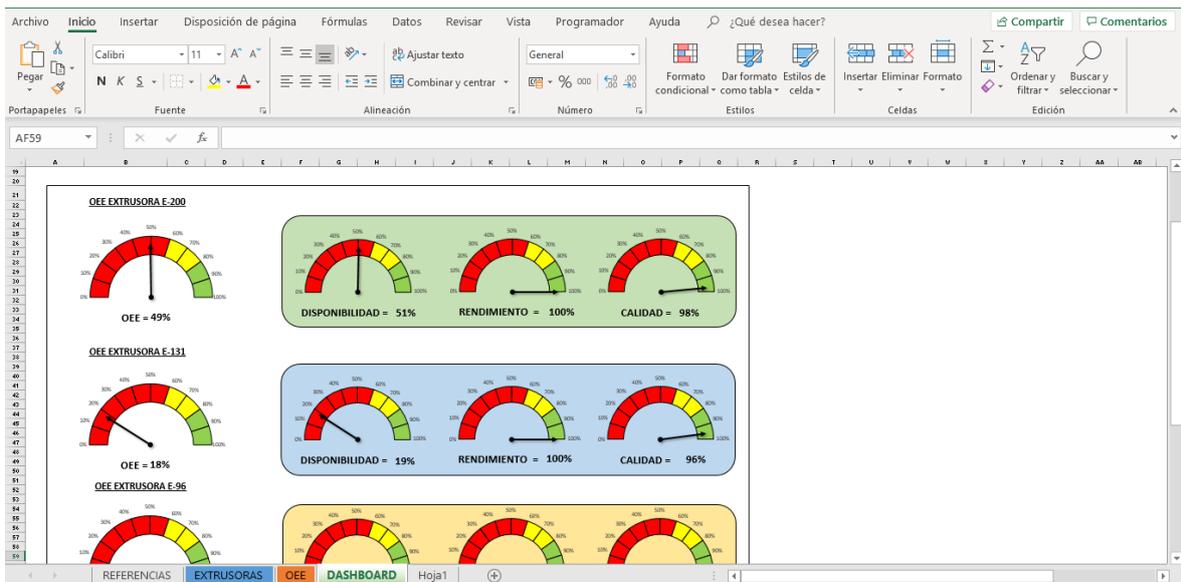


Figura 4. Dashboard diarios obtenidos