

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Diseño del proceso de cálculo del indicador OEE en la línea
de envasado de tabletas

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Eliana Doménica Albán Franco
Pamela Lissette Camacho Sellan

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

A mi padre, por ser mi más grande ejemplo de dedicación, esfuerzo y perseverancia. Me has enseñado lo grande que puedo llegar a ser, a luchar siempre por mis sueños y a entregar todo de mi en cada una de las cosas que realice. Gracias por creer en mí. Gracias por todo lo que haces por nosotras.

A mi madre, por su amor y entrega incondicional. Por siempre cuidarme, por sus consejos y por estar pendiente de mi en cada una de las etapas de mi vida. Sé que cuento con tu apoyo incondicional, la vida no me alcanzará para retribuirte lo que has hecho por mí.

A mi abuelo, porque estuvo presente en mi carrera dándome siempre su apoyo. A Valeria, porque mis días no serían los mismos sin ella.

Y a mi amiga, hermana y compañera Pamela Camacho por todo el apoyo y los momentos compartidos que siempre llevaré en mi corazón. ¡Lo logramos!

Doménica.

DEDICATORIA

A Dios quien nunca falla, el que es fiel a sus promesas y que siempre me ha recordado que debo ser fuerte y valiente porque estará conmigo a donde quiera que vaya (Josué 1:9)

A mis padres Sarita Sellan y Freddy Camacho por guiarme siempre hacia la excelencia, por enseñarme siempre a poner a Dios primero, a valorar la integridad y por sus sabios consejos brindados.

A mis hermanas Katherine Camacho y Miriam Izquierdo por alentarme siempre a no desmayar a pesar de las dificultades y por ser mi fuerza cuando más lo necesitaba

A mi Yeyita, María Tomín por su incondicional apoyo, amorosos cuidados y paciencia sobre todo en las noches de desvelo.

Y a mi amiga Doménica Albán, por su paciencia, su apoyo incondicional, por su linda y sincera amistad y por todas las risas y tristezas compartidas.

Pamela Camacho

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por permitirnos culminar con éxito este logro, por responder cada una de nuestras oraciones y permitirnos celebrarlo con nuestros seres amados.

A nuestros padres y hermanas por su infinito apoyo de inicio a fin de esta importante etapa de nuestras vidas

A nuestros profesores por su paciencia y entrega para formarnos a lo largo de la carrera universitaria

Finalmente, a nuestros amigos por hacer de esta etapa una experiencia inolvidable, pero de manera especial a Cesar Cedeño por su apoyo incondicional y su amistad sincera.

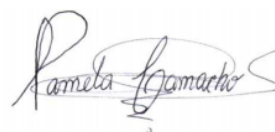
Doménica y Pamela

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Eliana Doménica Albán Franco* y *Pamela Lissette Camacho Sellan* 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"



Eliana Doménica
Albán Franco



Pamela Lissette
Camacho Sellán

EVALUADORES

.....
Sofía López I., M.Sc.

PROFESORA DE LA MATERIA

.....
María Fernanda López S., M.Sc.

PROFESORA TUTORA

RESUMEN

Este proyecto está enfocado en diseñar y desarrollar el proceso y las herramientas necesarias para implementar el sistema de medición y recolección de datos del indicador de Eficiencia General de Equipos, conocido por sus siglas en inglés como OEE, para un equipo de empaque termoformador semiautomático perteneciente a un laboratorio farmacéutico.

Durante el proyecto, se implementó varias técnicas de recolección de información con la finalidad de definir las necesidades y requerimientos del cliente. Esto llevó al desarrollo e implementación de formatos y hojas de cálculo adaptados a las distintas actividades realizadas en el área de blisteado. Dichas herramientas facilitaron el registro y recolección de los datos necesarios para calcular los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad que componen al OEE y así establecer el estado actual del proceso, lo que permitió identificar las pérdidas representativas para en un futuro proponer e implementar propuestas de mejora.

Con el diseño correctamente implementado se levantó datos de 5 turnos de producción de los que se obtuvo un OEE total del 64% para el equipo termo-formador estudiado. Además, se presentó un árbol de pérdidas, customizado a las paradas no programadas que se definieron en el área de blisteado donde se muestra porcentualmente las pérdidas que afectaron al OEE en cada turno recolectado.

Finalmente se concluye que el proceso y herramientas desarrolladas en el diseño para el cálculo del OEE del equipo estudiado, cumple con los requerimientos y especificaciones de diseño establecidos por el cliente; además de ser altamente adaptable para el resto de termoformadoras que posee la empresa.

Palabras Clave: Diseño, cálculo, datos, OEE, blíster, producción.

ABSTRACT

This project is focused on designing and developing of the process and the necessary tools to implement the measurement and data collection system of the Overall Equipment Efficiency indicator, known by its acronym in English as OEE, for a semi-automatic thermoforming packaging equipment from a pharmaceutical laboratory.

During the project, several data collection techniques were implemented in order to define the client's needs and requirements. This led to the development and implementation of formats and templates adapted to the different activities performed in the blistering area. These tools facilitated the recording and collection of the necessary data to calculate the availability, performance and quality indicators that make up the OEE and also to establish the current status of the process, which allowed the identification of representative losses in order to propose and implement improvement proposals in the future.

With the design correctly implemented, data was collected from 5 production shifts from which a total OEE of 64% was obtained for the thermoforming equipment studied. In addition, a loss tree was presented, customized to the unscheduled stops that were defined in the blister area where the losses that affected the OEE in each collected shift are shown in percentage terms.

Finally, it is concluded that the process and tools developed in the design for the calculation of the OEE of the equipment studied, meet the requirements and design specifications established by the client; besides being highly adaptable to the rest of the thermoforming machines that the company owns.

Keywords: Design, calculation, data, OEE, blister, production

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Alcance del proyecto.....	2
1.1.2 Restricciones	4
1.2 Justificación del problema	5
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Marco teórico	6
CAPÍTULO 2.....	10
2. Metodología.....	10
2.1 Definición	10
2.1.1 Equipo de trabajo.....	10
2.1.2 Voz del cliente	11
2.1.3 Despliegue de la función de calidad (Q.F.D).....	12
2.1.4 Declaración de la oportunidad.	13
2.1.5 Triple línea base	14

2.2	Recolección de datos	15
2.2.1	Plan de recolección de datos	15
2.2.2	Tamaño de muestra.....	20
2.2.3	Verificación de datos.....	21
2.3	Análisis.....	24
2.3.1	Opciones de diseño	24
2.3.2	Evaluación y selección de opciones de diseño	29
2.4	Diseño.....	32
2.4.1	Diagrama del proceso.....	32
2.4.2	Hoja de cálculo del OEE	33
2.4.3	Análisis de costos	35
2.5	Análisis de sensibilidad	36
2.6	Prototipo.....	38
2.6.1	Plan de prototipado.....	38
CAPÍTULO 3.....		40
3.	resultados y análisis.....	40
3.1	Resultados y análisis de la implementación	40
3.2	Medidas de control	47
CAPÍTULO 4.....		48
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	48
4.1	Conclusiones	48
4.2	Recomendaciones	49

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

OEE Overall equipment effectiveness

SMED Single minute Exchange of dies

SIPOC Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customers

QFD Quality function deployment

PNP Para no programada

SIMBOLOGÍA

Kg Kilogramos

gr Gramos

mg Miligramos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Diagrama SIPOC.....	3
Tabla 1.2. Categorización del OEE.....	7
Tabla 1.3 Las 16 Grandes Pérdidas del OEE.....	9
Tabla 2.1 Plan de Recolección de Datos.....	16
Tabla 2.2 Clasificación de actividades y Codificación de Paradas.....	17
Tabla 2.3 Tamaño de muestra para variables de disponibilidad.....	21
Tabla 2.4 Análisis de costo de opciones de diseño.....	29
Tabla 2.5. Matriz de decisión.....	30
Tabla 2.6 Costos de implementación propuesta 3.....	35
Tabla 2.7 Análisis de sensibilidad.....	36
Tabla 2.8 Plan de prototipado.....	38
Tabla 3.1 Resultados de implementación.....	41
Tabla 3.2 Tiempos promedios encontrados.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Equipo de trabajo	10
Figura 2.2 Prueba de hipótesis medias Mann Whitney	22
Figura 2.3. Formato manual opción 1.	25
Figura 2.4. Base de datos de las referencias.	26
Figura 2.5. Cálculo final OEE opción 1.	26
Figura 2.6 Formato Excel opción 2.	27
Figura 2.7 Formato Excel opción 3.	28
Figura 2.8 Formato Excel opción 4.	29
Figura 2.9 Diagrama OTIDA del proceso del cálculo del OEE	32
Figura 2.10 Sección 1 del diseño de la hoja de cálculo del OEE	33
Figura 2.11 Sección 2 del diseño de la hoja de cálculo del OEE	34
Figura 2.12 Sección 3 del diseño de la hoja de cálculo del OEE	35
Figura 3.1 Árbol de pérdidas del OEE.....	43

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las empresas o plantas de producción es necesario poder cuantificar cuan eficientes o productivos son cada uno de los procesos que se realizan, sobre todo aquellos que son de producción ya que esto es lo que le permitirá a la empresa identificar las oportunidades de mejora; una de las formas de lograr esto, es a través de la implementación de indicadores que son unidades de medición para evaluar alguna característica en específico. El OEE (Eficiencia General de Equipos) es un indicador de la eficacia de los equipos o máquinas usados en una planta y que se encuentra compuesto por tres factores: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad que multiplicados, dan el porcentaje del OEE.

El presente proyecto se desarrollará en una empresa farmacéutica en la que se elaboran diferentes tipos de productos como jarabes, ampollas, comprimidos, cápsulas, suspensiones entre otros; los cuales son envasados en la misma planta. Actualmente en esta planta no se ha calculado antes dicho indicador en ninguno de sus equipos, por lo que el enfoque del proyecto es diseñar el proceso completo del cálculo de la eficacia (OEE) de uno de los equipos usados en esta planta. El equipo seleccionado para el estudio e implementación del OEE, según lo solicitado por la alta gerencia de la empresa, es una maquina blisteadora que encapsula los diferentes comprimidos a cierta velocidad específica, usando como materia prima rollos de PVC y rollos de aluminio con la información del medicamento previamente impresa en el mismo y que finalmente corta los blísteres en las medidas requeridas. Debido a que no se había calculado antes dicho indicador, fue necesario la recolección de la información y datos importantes para llevar a cabo el respectivo cálculo del porcentaje de OEE, a través de la creación de formatos que recopilen dicha información, los cuales deben ser llenados por los operarios que trabajan en dicha máquina.

1.1 Descripción del problema

Toda empresa necesita mantener el registro y control sobre los distintos procesos que se efectúan dentro de toda la cadena de suministro y el lugar donde se realiza el presente caso de estudio no es la excepción. El laboratorio cuenta con registros de producción básicos por lo que no se puede visualizar en su totalidad cada una las actividades llevadas a cabo en cada proceso y su respectivo tiempo de duración.

El proceso que más genera incertidumbre dentro del proceso de producción de medicamentos sólidos es el blistado, mejor conocido como el proceso de empaque de cápsulas donde, debido a medidas de bioseguridad, precauciones tomadas por la emergencia sanitaria y buenas prácticas de manufactura implementadas, sólo las operadoras pueden estar presentes al momento del blistado de medicinas de manera que, el administrativo sólo posee noción general de qué actividades conforman el proceso de empaque mas no la duración estándar o aproximada de cada una de ellas.

Por lo tanto, la empresa tiene la necesidad de implementar alguna medida o reporte que controle la producción y que, además, genere indicadores que puedan medir, cuantificar la productividad y el estado de la operación con de forma que las pérdidas identificadas con el indicador puedan ser mitigadas o eliminadas mediante herramientas de mejora continua como 5S, SMED, TPM, entre otras.

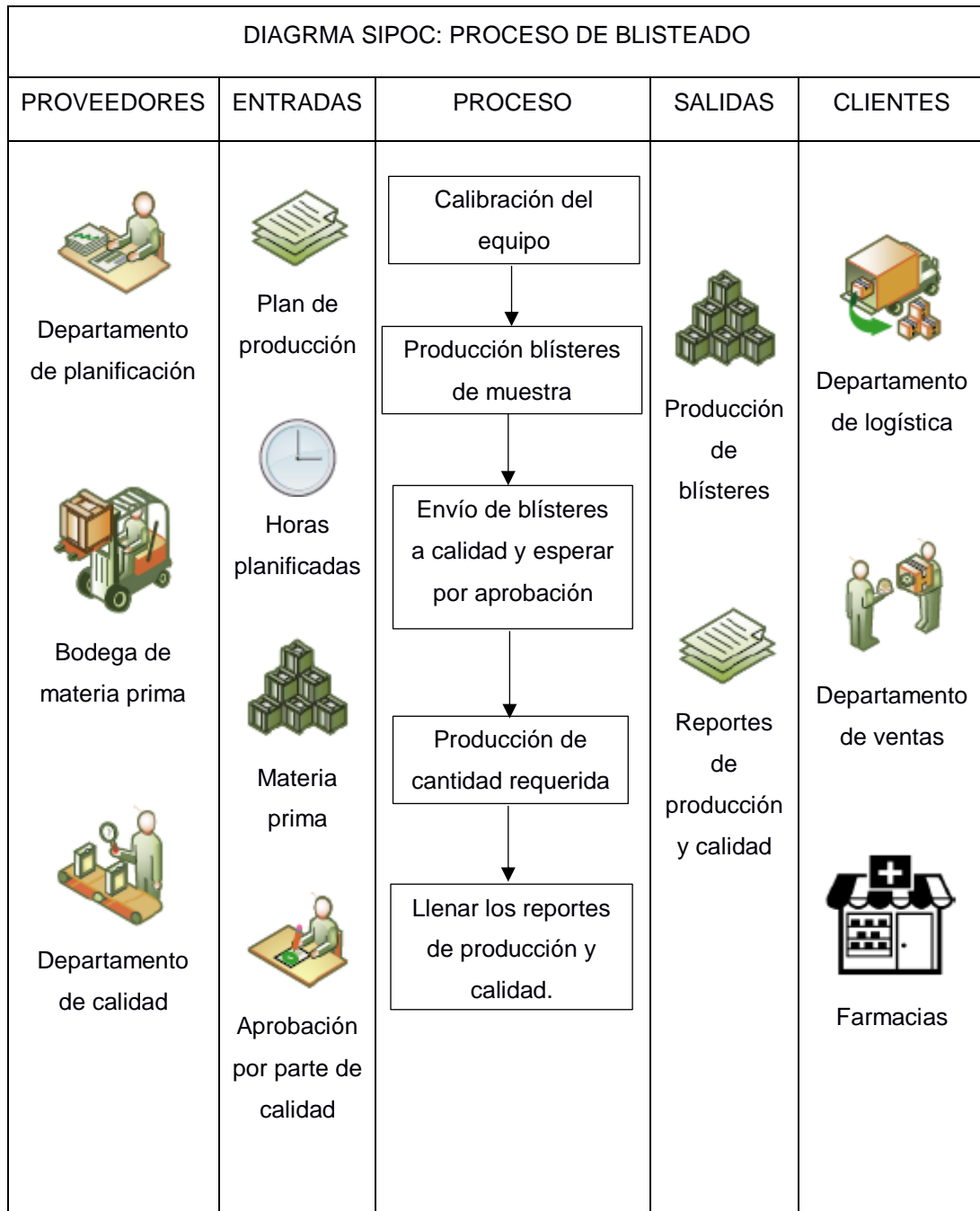
1.1.1 Alcance del proyecto

Este proyecto abarcará todo el proceso de blistado realizado por la termoformadora dos, con el fin de establecer el indicador de producción previamente mencionado. Cabe recalcar que el equipo de estudio trabaja bajo una estrategia de producción “make to order” y la demanda de los productos que se procesan son relativamente bajas, ya que trabaja de las 40 horas semanales alrededor de 16 horas. Esta situación perjudicó la recolección de datos y en este tipo de estudios, mejora la precisión de los resultados cuando se tiene mayor cantidad de datos, por lo que se recomienda crear una data histórica de al menos un año.

Para una correcta visualización del alcance de este proyecto y de los departamentos implicados, se presenta el siguiente diagrama SIPOC plasmado en la Tabla 1.1

Tabla 1.1 Diagrama SIPOC

[Fuente: Albán Camacho]



1.1.2 Restricciones

El estudio fue previamente indicado que se realizaría en la termoformadora 4, equipo mayoritariamente usado dentro del laboratorio farmacéutico para el empaque de la mayoría de los comprimidos por lo tanto era un equipo de empaque de producto de alta demanda. Un incendio dentro del área de manufactura perteneciente al área de horno y cocción de comprimidos inhabilitó el uso de este equipo e hizo inutilizable los datos recolectados hasta ese momento.

Mediante consenso del equipo de trabajo y para continuar con el proyecto, se decidió seguir con el desarrollo y diseño del proceso para calcular la Eficiencia General de Equipos, pero destinado a otra termoformadora con similares características técnicas, pero de empaque de producto de baja demanda por lo tanto las restricciones serán:

- No existe data histórica del registro de las diferentes actividades y tiempos que conforman el proceso de empaque de comprimidos.
- La empresa labora de lunes a viernes con un solo turno de 8 horas.
- El equipo está en funcionamiento de una a dos veces por semana.
- Debido al cambio de equipo realizado y a que procesa productos de baja demanda, no existirá gran cantidad de turnos recolectados.
- El equipo está sujeto al tiempo de llegada y la liberación de la aduana para ciertos comprimidos debido a que por incendio son subcontratados.
- La velocidad estándar de producción es 30 golpes por minuto.
- El equipo tiene una capacidad de 120 blísteres por minuto lo que representa 7.200 blísteres por hora.

1.2 Justificación del problema

Mediante las conversaciones con el cliente y observando la situación actual de la empresa en el área de empaque de pastillas, se determinó que no existe registro alguno que mida y controle las distintas pérdidas durante la corrida productiva, es por esto que, buscando establecer la condición base del equipo termoformador 2, el tiempo promedio de calibraciones, set up y posibles mejoras, se decidió implementar el indicador de la Eficiencia General de Equipos que reúne y cuantifica todos estos requerimientos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar el proceso del cálculo de la Eficiencia General de Equipos usando formatos sencillos, didácticos y prácticos para mejorar el control del proceso del equipo Blíster 2.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar y proponer las herramientas requeridas para la recolección de información necesaria para el sistema de medición del OEE.
2. Implementar capacitaciones sobre el correcto llenado y manejo de las herramientas tanto para las operadoras como para el jefe de producción.
3. Encontrar las principales pérdidas del proceso de empaque realizado por la máquina blíster dos.

1.4 Marco teórico

El OEE es un indicador altamente conocido debido a que permite cuantificar de una forma completa 3 factores de gran importancia de la maquinaria industrial que son la disponibilidad, la calidad y la eficiencia, siendo estos, factores fundamentales en la producción industrial y cada uno de ellos se los calcula con las siguientes ecuaciones:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ operativo}{Tiempo\ disponible} \times 100\% \quad (1.1)$$

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica} \times 100\% \quad (1.2)$$

$$Calidad = \frac{Producción\ conforme}{Producción\ total} \times 100\% \quad (1.3)$$

Con estos porcentajes se calcula el OEE multiplicando todos ellos

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad \quad (1.4)$$

Además, el OEE es también fundamental para facilitar la identificación de pérdidas durante los procesos, como por ejemplo la cantidad de productos no conformes, los tiempos perdidos, las bajas de rendimiento de las máquinas, entre otros.

En un artículo en el que se presenta la implementación del OEE en una línea de producción se propone la siguiente metodología:

Se empieza con la identificación del o los procesos a través de un mapeo de este, tomando en cuenta el número de operarios requeridos para llevar a cabo el funcionamiento de la línea. Luego se establece las variables de estudio requeridas para el cálculo de los indicadores de disponibilidad, eficiencia y calidad para posteriormente iniciar la recolección de los datos; para esto será necesario calcular el tamaño de la muestra n dependiendo del tipo de datos que se manejarán.

Finalmente se procede a realizar el cálculo del OEE con todos los datos ya recolectados y analizar los resultados. (Gonzales Torres, Ramirez Castañeda, Poblano Ojinaga, & Mendoza Montero, 2016)

Para saber categorizar los porcentajes del OEE se presenta a continuación la clasificación estándar. Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Categorización del OEE

[Fuente: Ucelo 2008]

VALOR DE OEE	CALIFICATIVO	SIGNIFICADO
OEE < 65%	INCONFORME	Grandes pérdidas económicas. Baja competitividad
65% < OEE < 75%	REGULAR	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si está en proceso de mejora
75% < OEE < 85%	ACEPTABLE	Ligeras pérdidas económicas. Oportunidad de mejora
85% < OEE < 95%	BUENA	"OEE de clase mundial". Liderazgo en el mercado
OEE > 95%	EXCELENTE	Competitividad excelente

En una investigación llevada a cabo en México para lograr aumentar la productividad de una máquina del área de corte de una planta, fue utilizada la herramienta del OEE para poder identificar las posibles causas de la baja productividad analizando los datos obtenidos de los reportes de producción. De esta forma se logró identificar las fallas del sistema que impedían alcanzar los objetivos o metas de la compañía. (Ibarra Barrientos, 2009).

En otro estudio titulado “Implementación del OEE para incrementar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en la minería Volcán Shungar S.A., según sus conclusiones presentadas, lograron incrementar su productividad de 50,05% tomada en el año 2015 a 75,88% tomada en el año 2016, tras haber implementado el OEE e identificado las oportunidades de mejora. (Torres Díaz, 2017)

Árbol de pérdidas

Una de las formas principales para hacer de un proceso óptimo, es reduciendo o eliminando las pérdidas y para ello es importante primero saber identificarlas. Según el modelo “Toyota Production Systems” estas son clasificadas en 16 grandes pérdidas, las cuales dependen de lo que se genere en el proceso y de su naturaleza; es de aquí que nace el reconocido árbol de pérdidas. (Weigel, 2000)
En la Tabla 1.3 se detallan cada una de estas pérdidas.

Tabla 1.3 Las 16 Grandes Pérdidas del OEE

[Fuente: Academia Lean Management]

N°	Pérdida	Aplica al caso	Descripción
1	Apagado	Sí	Cuando el equipo se encuentra inactivo por vacaciones, fines de semanas, feriados, mantenimientos, entre otros.
2	Breakdown	Sí	Paradas superiores a 10 minutos por fallas del equipo.
3	Change over	Sí	Sucede cuando hay cambio de formato o producto.
4	Cambio de piezas	Sí	Cuando se reemplaza alguna pieza del equipo. En el caso de la blíster 2, incluye los cambios de rollos PVC y de aluminio.
5	Start up	No	Inicio y finalización de la línea de producción.
6	Gerenciamiento	Sí	Esperas por falta de suministros o repuestos.
7	Movimientos operacionales	Sí	Paradas que se presentan cuando los operarios necesitan ejecutar alguna otra acción.
8	Chokotei	Sí	Paradas menores a 10 minutos por falla del equipo.
9	Velocidad	Sí	Cuando no se trabaja a la velocidad estándar del equipo.
10	Organización de línea	Sí	Paradas por alimentación o por existir falta de personal.
11	Logística	Sí	Cuando se detiene la producción por falta de material o retraso de llegada del mismo.
12	Unidades defectuosas	Sí	Sucede cuando existen fallas de calidad.
13	Mediciones y ajustes	Sí	Involucra todo tipo de limpieza, desinfecciones y ajustes del equipo.
14	Fuente de energía	No	Cortes de energía, entre otros. No afecta al OEE.
15	Mantenimiento/ repuestos	No	Inactividad en equipo por reparaciones o mantenimiento preventivo. No afecta al OEE.
16	Rendimiento	No	No afecta al OEE.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta ideología Six Sigma como principio para la realización de proyectos de mejora y de diseño, se enfocó este trabajo a una de sus ramas de técnicas “Desing for Six Sigma” mejor conocida por sus siglas DFSS, ofrece los lineamientos y principios necesarios para un correcto desarrollo de diseño y rediseño de productos, procesos o servicios asegurando la calidad de estos (Mader, 2002). El sistema elegido, considerando lineamientos previamente descritos para DFSS, fue la metodología DMADV, que considera los requerimientos de diseño, los costos implicados y las especificaciones del cliente. (K Selvi, 2014).

2.1 Definición

2.1.1 Equipo de trabajo

El equipo definido para este proyecto estará conformado por el gerente general, el jefe de producción, los estudiantes líderes de proyecto junto a la colaboración de la tutora designada por la universidad quien supervisará y guiará cada uno de los pasos del desarrollo de este proyecto. Figura 2.1.



Figura 2.1 Equipo de trabajo

[Fuente: Albán Camacho]

2.1.2 Voz del cliente

Se llevó a cabo una reunión con el equipo de trabajo descrito en el punto anterior. El jefe de producción y el gerente general compartieron sus ideas, inquietudes y comentarios sobre el proceso de blisteado. A continuación, se enlistan cada una de las opiniones recolectadas:

- El tiempo disponible de producción no se usa completamente.
- No se evidencia la situación de la blisteadora dos, se requiere un parámetro o indicador que refleje la situación actual del equipo.
- No existen reportes que evidencien el número de cambios de material de empaque o los tiempos de calibración.
- No sabemos cuánto tiempo las operadoras se tardan en calibrar el material de empaque en el equipo.
- Queremos medir la productividad de la blisteadora dos.
- Muchas veces las operadoras tardan en realizar productos más de lo esperado por lo que no sabemos qué tan eficiente es el equipo.
- En caso de crear un formato, estos deben ser simples y entendibles para cualquier operadora.
- Las operadoras no llevan un control de registro de tiempos de producción.
- No sabemos cuántas veces en una corrida de producción la máquina es recalibrada.
- Solicitamos conocer las pérdidas importantes de la blisteadora dos.
- Necesitamos un formato que pueda ser fácilmente digitalizado.
- Calidad tiene el registro de producto conforme y no conforme; es algo que producción debería incluir para registrar y monitorear el proceso continuamente.
- Las operadoras deben saber cómo recolectar los datos y la información.
- No sabemos el tiempo en que la máquina ha sido usada.

2.1.3 Despliegue de la función de calidad (Q.F.D).

Para lograr traducir las voces del cliente en especificaciones de diseño, se usará un QFD conocido en español como el despliegue de la función de calidad. Esta metodología tiene como objetivo principal el incluir el control de calidad en proyectos de diseño. Para un correcto desarrollo debe ser implementada en las primeras etapas y sus resultados ser marcados como objetivos a lograr en la construcción del proceso, producto o servicio (Muños, 2007).

Por lo tanto, recolecta las necesidades del cliente mediante la voz del consumidor para posteriormente convertirlas en características medibles en términos de calidad haciendo que el producto final cumpla con las expectativas de nuestro cliente (Olaya Escobar, 2005).

La herramienta usada en el presente caso de estudio es la casa de la calidad (APENDICE A), usada para definir correctamente especificaciones de diseño mediante la transformación de la voz del cliente a requerimientos y finalmente las características de calidad esperadas. Al cuantificar y ponderar las relaciones mediante la ayuda y colaboración del equipo de trabajo, se obtuvieron las siguientes especificaciones de diseño ordenadas de mayor a menor importancia:

- Elaborar formatos simples y entendibles.
- Implementar un indicador de disponibilidad.
- Realizar capacitaciones sobre como recolectar la información del formato.
- Elaborar reportes donde se evidencie el tiempo de cambios y de calibración.
- Generar un formato que muestre los diferentes tipos de paradas.
- Implementar un indicador que mida y evalúe la eficiencia del equipo.
- Adjuntar el indicador de calidad en los reportes de producción.

Al revisar una a una las diferentes especificaciones de diseño a ser implementadas, se constató que cada una de estas puede ser satisfecha mediante la implementación del proceso completo para calcular el indicador de producción OEE debido a que ayuda con la visualización de cada una de las actividades del proceso, sus respectivos tiempos, el estado de la operación y las diferentes pérdidas de disponibilidad, rendimiento y calidad del proceso.

2.1.4 Declaración de la oportunidad.

La declaración de la oportunidad expresa detalladamente la situación actual y deseable de la empresa. Una buena declaración ayudará ante la exposición clara y concisa de la necesidad general y a su vez, es considerada una herramienta clave para la resolución de problemas.

Estado Actual

El proceso de empaque de pastillas no posee reportes o indicadores de producción que evidencien el estado la productividad.

Impacto

Al no existir métricas más detalladas, no se puede evaluar, analizar y controlar cada una de las actividades del de forma cuantificable. Los indicadores son variables que ayudan a entender el estado y las variaciones del proceso; mientras que los reportes ayudan con el flujo de información para presentar los resultados obtenidos.

Estado deseado

Implementar el proceso del cálculo del indicador de producción OEE con el fin de registrar las distintas actividades con su respectiva duración, el funcionamiento del equipo en el tiempo establecido de trabajo, su rendimiento y constatar la calidad del producto con el fin de identificar pérdidas y posibles mejoras al proceso. Con lo cual, la declaración de la oportunidad se expresa a continuación:

“Se requiere implementar el proceso para el cálculo de la Eficiencia General de Equipos con el objetivo de medir la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de la termo formadora dos debido a que es necesario cuantificar la situación actual con el fin de identificar tiempos, pérdidas y posibles mejoras”

2.1.5 Triple línea base

A continuación, se establecen los tres indicadores esenciales para la evaluación del impacto en el aspecto económico, social y ambiental.

Impacto económico

Al medir el OEE se puede identificar las posibilidades de mejora, para elevar su porcentaje, de manera que si este aumenta será posible reducir los costos de manufactura (\$/hora) ya que se reducirán los tiempos en que el equipo se encuentra inactivo y por ende disminuirán los costos de producción.

Impacto social

Con el incremento del OEE será posible disminuir el tiempo que el operador está trabajando en la máquina blíster 2 lo que representa también una reducción de la carga de trabajo (h/operador), incluso permitirá que el operador tenga mayor tiempo disponible para colaborar en otras actividades de la planta, haciendo a la empresa mucho más competitiva.

Impacto ambiental

Uno de los indicadores del OEE es la calidad, que toma en cuenta la cantidad de producto no conforme, que en este caso son los blísteres desechados y las píldoras que caen al suelo que no pueden ser reprocesadas y son desechadas; por lo que, al aumentar el porcentaje de calidad se podrá reducir dicho desperdicio.

2.2 Recolección de datos

Etapa donde se estableció el plan de recolección de datos considerando las necesidades del cliente, las restricciones y las especificaciones técnicas de diseño previamente definidas en el capítulo anterior. Además, para finalizar este capítulo, se aplicó las herramientas necesarias para estudiar y verificar la confiabilidad de la data recolectada.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Se elaboró el plan de recolección de datos, Tabla 2.1, con todas las variables necesarias y especificadas en los requerimientos del cliente. Esta información permitió recopilar la información necesaria para realizar el diseño del cálculo del OEE. El plan respondió a las siguientes preguntas: ¿Qué variable, unidad y tipo de dato se debe recoger?, ¿Quién o quiénes lo recogieron?, ¿Dónde y Cuándo fueron recolectados los datos?, ¿Cómo? Referente al método de recolección utilizado y finalmente el ¿Por qué? Demostrando la importancia y el uso futuro de cada variable.

Tabla 2.1 Plan de Recolección de Datos

[Fuente: Albán - Camacho]

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
QUIÉN	QUÉ			DÓNDE	CUÁNDO	CÓMO		POR QUÉ	
Personas a cargo	N.º	Significado Operacional	Unidad	Tipo de dato	¿Dónde recolectarlo?	¿Cuándo recolectarlo?	Método de observación	Método de recolección	Uso futuro
Pamela, Eliana y operadoras	X1	Tiempo disponible	Minutos	Cuantitativa-Continua	Plan de producción	21 Junio - 23 Julio, 2021	Entrevistas	Reportes	Calcular el tiempo planificado de producción.
Pamela y Eliana	X2	Tiempo planificado de producción	Minutos	Cuantitativa-Continua	Gemba	21 Junio - 23 Julio, 2021	Observación directa	Prototipo de formato	Importante para calcular el tiempo de producción
Pamela y Eliana	X3	Paradas no programadas	Minutos	Cuantitativa-Continua	Gemba	21 Junio - 23 Julio, 2021	Observación directa	Prototipo de formato	Permitirá calcular el indicador de disponibilidad
Pamela y Eliana	X4	Velocidad actual del equipo	Golpes/minuto	Cuantitativa-Discreta	Gemba	21 Junio - 23 Julio, 2021	Observación directa	Prototipo de formato	Se sabrá las pérdidas de velocidad
Pamela y Eliana	X5	Velocidad teórica del equipo	Golpes/minuto	Cuantitativa-Discreta	Plan de producción	21 Junio - 23 Julio, 2021	Observación directa	Datos históricos	Necesario para calcular el indicador de eficiencia
Pamela y Eliana	X6	Total de producto conforme	Blisteres	Cuantitativa-Continua	Reporte de calidad	21 Junio - 23 Julio, 2021	Observación directa	Datos históricos	Corroborar la velocidad actual y calcular el indicador de calidad
Pamela y Eliana	X7	Total de producto no conforme	Blisteres	Cuantitativa-Continua	Reporte de calidad	21 Junio - 23 Julio, 2021	Observación directa	Datos históricos	Relevante al calcular el indicador de calidad

El método de recolección más importante en este proyecto fue el uso del formato de control de producción realizado para el equipo en estudio perteneciente al área de empaque. El formato mencionado, fue realizado considerando los requerimientos del cliente detallados en el capítulo uno, logrando así recopilar la información necesaria para el cálculo del OEE y a su vez, satisfacer las necesidades de nuestro cliente. Anexo A.

Se procedió a identificar las paradas programadas y no programadas con la finalidad de recolectar la información perteneciente al indicador de disponibilidad. Posteriormente, una vez identificadas, se procedió a codificarlas. Socializando con las operarias, se llegó al consenso de no usar códigos numéricos; en cambio, se decidió usar abreviaciones para cada una de las paradas como se muestra en la Tabla 2.2, debido a que les facilitaría el llenado del formato al convertirse en intuitivo para ellas.

Tabla 2.2 Clasificación de actividades y Codificación de Paradas

[Fuente: Albán - Camacho]

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	INDICADOR AL QUE PERTENECE
P	Producción	Blisteadado	Rendimiento
L	Limpieza	Parada programada	-
A	Alimentación	Parada programada	-
PA	Pausa activa	Parada programada	-
CAP	Capacitación	Parada programada	-
C	Calibración	Parada no programada	Disponibilidad
D	Despeje de línea	Parada no programada	Disponibilidad
CPVC	Cambio rollo PVC	Parada no programada	Disponibilidad
CAL	Cambio rollo ALUMINIO	Parada no programada	Disponibilidad
PC	Defectos de calidad	Parada no programada	Calidad
PD	Parada por daños en el equipo	Parada no programada	Disponibilidad
PB	Pausa para ir al baño	Parada no programada	Disponibilidad
PNP	Parada no programada	Parada no programada	Disponibilidad

Producción: Tiempo en que la máquina se encuentra activa procesando material, este dato es usado para calcular la producción teórica según la velocidad del equipo y considerando que por cada golpe se obtienen 4 blísteres:

Producción teórica

*= velocidad del equipo (golpes/min) * 4 blísteres/golpe*

** Tiempo de producción (min)*

Limpieza: Tiempo que se dedica a desinfectar el equipo luego de haber trabajado con un producto determinado de tal forma que se encuentre listo para trabajar con un producto diferente.

Alimentación: Tiempo destinado para el almuerzo, con una duración de 30 minutos. Por teoría este es considerado parada programada. Debido a la baja demanda de productos que fabrica la blíster 2, no se realizan relevos para el almuerzo.

Pausa activa: Son breves descansos en el que los operarios realizan sesiones cortas de ejercicios, debido a que ejecutan actividades repetitivas que pueden producir estrés o cansancio.

Capacitación: Sesiones planificadas de preparación o entrenamiento a operarios.

Calibración: Tiempo que le toma a los operarios preparar y configurar el equipo según el tipo de producto a procesar.

Despeje de línea: Actividad realizada para asegurar la calidad e inocuidad del proceso de blisteado.

Cambios de rollo: Se trabajan con rollos de PVC y de aluminio, los cuales al terminarse o al cambiar de producto deben ser cambiados o reemplazados.

Defectos de calidad: Tiempo inactivo en donde el equipo es detenido por fallo en el empaque en medio de la producción.

Parada por daños en el equipo: Pausa forzosa debido a fallos del equipo.

Pausa para ir al baño: Cuando las corridas productivas son muy largas, se realiza una parada donde todas las operarias de la línea van al baño.

Parada no programada: Actividad que provoque tiempo de inactividad y que no esté codificado. La causa deberá ser registrada en observaciones del formato manual.

Cabe destacar que, si bien las categorías de limpieza y calibración pertenecen a una misma pérdida denominada "*Mediciones y ajustes*" en la categorización de las 16 grandes pérdidas del OEE, la empresa ajusta su planificación para que la limpieza del equipo sea tiempo previamente programado debido a las buenas prácticas de manufactura que deben ser manejadas en la producción, manipulación y empaque de cápsulas.

Por fines prácticos, pedido del cliente y de visualización, en esta categorización fueron consideradas actividades separadas para llevar un mayor control en la durante la producción; sin embargo, debido a que ambas afectan al OEE, serán consideradas en el árbol de pérdidas posteriormente realizado en la categoría de mediciones y ajustes.

Una vez establecidos los códigos, se elaboró un formato de llenado manual sencillo con el cual las operadoras puedan trabajar. Este reporte de control de producción consta con campos a ser llenados como la fecha, el nombre de la operaria delegada en el turno para llenar el formato, el número de lote que va a ser empacado, el código de la actividad que se está realizando, la hora de inicio y fin de cada una de las actividades del proceso descritas y el campo de observación donde describirán alguna anomalía o problema en la actividad.

Finalmente, este reporte debe ser entregado a la operadora que cierra el lote de producción donde se pide recopilar la velocidad de golpes por segundo en el que se trabajó, la producción total real de cajas realizadas, el peso del total de blísteres dañados y de pastillas contaminadas y para concluir, el peso de un blíster dañado y de una pastilla contaminada. Una vez completado el reporte, este deberá ser entregado al gerente de producción. Anexo A

2.2.2 Tamaño de muestra

Una vez definido el plan descrito en el punto anterior y el formato que se utilizó para la recolección de los datos, se estableció el tamaño de muestra para obtener la mayor cantidad de datos representativos y confiables; iniciando así, la recolección de cada una de las siete variables previamente descritas.

Empezando por la recolección de las tres primeras variables que forman parte del indicador de disponibilidad: tiempo disponible, tiempo planificado de producción y para no programadas, recolectadas del formato manual propuesto, Anexo B.

Se usaron los 3 turnos alcanzados a recolectar hasta ese momento y se procedió calcular el tamaño de muestra requerido utilizando el parámetro de media con tamaño poblacional desconocido; obteniendo finalmente que para cumplir con este muestreo se necesitaría recolectar 69 registros de tiempos de cada una de las x , Tabla 2.3.

Analizando la situación actual de la empresa y considerando que el equipo es usado para empaquetar productos de baja demanda, no será posible recolectar los 69 registros de tiempos de cada una de las variables de disponibilidad por lo cual se realizará un muestreo exhaustivo recolectando la mayor cantidad de datos posibles en los días y turnos que opere el equipo.

Tabla 2.3 Tamaño de muestra para variables de disponibilidad

[Fuente: Albán - Camacho]

	MINUTOS		
	X1	X2	X3
Junio 17	480	451	29
Junio 21	369	310	59
Junio 29	480	471	9
s^2	2738,00	5133,56	422,22
\bar{x}	443,00	410,67	32,33
Z^2	3,84	3,84	3,84
e	0,05	0,05	0,15
n	22	47	69

En cuanto a la recolección del siguiente indicador, para el desempeño teórico se decidió revisar los datos de las velocidades calibradas y anotadas en antiguas producciones, obteniendo que, la velocidad estándar de las corridas es de 30 golpes por minuto; para el desempeño actual, se utilizará el formato de producción OEE donde constan las unidades finales realizadas para luego realizar un contraste entre unidades esperadas y realizadas por el equipo.

Finalmente, para el indicador de calidad, los datos serán tomados de los registros de calidad que lleva la empresa, donde se referencia la cantidad de producto terminado, conforme, no conforme y desperdicios.

2.2.3 Verificación de datos

La verificación de datos es sumamente necesaria para constatar la confiabilidad de la información recolectada; con esto, confirmamos que el procedimiento de recolección está siendo realizado de manera correcta. A, continuación, se muestra la validación de datos que se efectuó para cada una de las variables del plan de recolección de datos.

Tiempo disponible, planificado y paradas no programadas.

Debido a que estas tres variables son recolectadas del formato que se les entregó a las operadoras a cargo del equipo en estudio para su llenado, se aplicó la metodología Gemba Walk donde simultáneamente y desde otra ubicación, se anotó las actividades que se realizó, siguiendo los códigos preestablecidos; además, dado que las dos anotaciones fueron realizadas sobre los mismos lotes y simultáneamente, se aplicó una prueba estadística de medias donde se constató si los datos recolectados por las operadoras eran efectivamente o no correctos.

Para iniciar el análisis estadístico se necesitó comprobar la normalidad de los datos. Se comparó los minutos de cada una de las actividades recolectadas por las operadoras y los tomados mediante la metodología Gemba Walk, Anexo C. Al realizar este análisis se comprobó, mediante el valor p, que los datos no siguen una distribución normal por lo que se usó la prueba Mann Whitney para datos no normales, Figura 2.2. Siendo la hipótesis nula que las medias de los dos estudios son iguales, la hipótesis alterna que las medias son diferentes y con un valor p mayor a 0.05, se comprobó que no existe diferencia significativa entre las medias.

Método		Prueba	
η_1 : mediana de OPERATOR		Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$	
η_2 : mediana de GEMBA		Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$	
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$			
Método	Valor W	Valor p	
No ajustado para empates	406,50	0,935	
Ajustado para empates	406,50	0,935	

Figura 2.2 Prueba de hipótesis medias Mann Whitney

[Fuente: Albán - Camacho]

Corroborando estadísticamente que la data recolectada por las operarias es lo suficientemente confiable para continuar con el presente estudio.

Velocidad actual del equipo.

Se aplicó nuevamente la metodología Gemba Walk para corroborar si la velocidad programada por las operarias es la misma velocidad a la que produce el quipo. Mediante la ayuda de un cronómetro, se contó el número golpes por minuto al inicio, durante y final de la corrida de producción. Al hacerlo con el número de turnos recolectados, se constató que en un minuto la blisteadora realiza 30 golpes produciendo 4 blísteres en cada uno.

Velocidad teórica del equipo.

Al momento de investigar sobre las especificaciones del equipo, las operadoras y el gerente de producción nos comentaron que la Blisteadora dos trabaja a una velocidad de diseño de 30 golpes por minuto. Además, se nos confió el manual de la termoformadora para constatar sus características técnicas. El rango de velocidad al que puede ir el equipo es de 10 a 50 golpes por minuto, considerando que los blísteres que se realizan tienen 20 mm de profundidad, se verificó que, efectivamente, el equipo trabaja a una velocidad de 30 golpes por minuto.

Total de productos conformes y no conformes.

Se recolectaron los reportes de calidad donde se evidencia la cantidad total de producto conforme, no conforme, cuál fue la cantidad esperada y la cantidad de producto que fue sometido a muestreo. Las muestras de blísteres son revisadas según los parámetros predefinidos como: legibilidad en el número de lote, fecha correcta y entendible, burbujas en mediciones exactas. Además, en vista de que los materiales del reporte de calidad son pesados, se revisó que la balanza se encuentre calibrada para corroborar que las cantidades anotadas sean las correctas. Anexo D

Este reporte de calidad mencionado contiene las cantidades teóricas y reales de distintos campos como por ejemplo las cajas llenadas con blísteres del lote de producción realizado. Este dato junto al peso del producto dañado será contrastado con los llenados en el formato manual debido a que son cantidades que deberán coincidir para validar el proceso y continuar con el cálculo de la eficiencia general de equipos del turno.

2.3 Análisis

Una vez analizados los requerimientos y realizado las validaciones pertinentes con el fin de ofrecer un producto y servicio de calidad, se procedió con la investigación necesaria para realizar diferentes propuestas de diseño con fin de satisfacer completamente las necesidades y expectativas del cliente.

El laboratorio donde se realizó el siguiente estudio necesitaba que el diseño cumpla con los objetivos previamente establecidos en el capítulo unos. El requerimiento principal que necesitó ser suplido es la implementación de varios indicadores para medir la productividad del equipo blíster dos. Mediante este requerimiento, se propuso implementar el indicador de producción OEE con la finalidad de cuantificar en términos porcentuales el estado de la blisteadora y los distintos tiempos y actividades respectivas en el proceso de empaque.

Se investigó distintas formas de implementación indicador teniendo en cuenta la situación actual que atraviesa la empresa. Por lo tanto, en este proyecto, no se consideró la opción de instalación de medidores ni sensores en la termoformadora. A continuación, los distintos diseños propuestos.

2.3.1 Opciones de diseño

Para llevar a cabo el cálculo del OEE de la Blíster 2 se procedió a presentar 4 diferentes opciones de diseño con diferentes formatos y características de tal manera que el cliente pudo escoger entre ellas la que le resultaba más conveniente acorde a sus requerimientos. A continuación, se presentan estas opciones, siendo las dos primeras plantillas descargables en línea y las otras 2 fueron diseñadas desde cero conforme a lo estudiado de la máquina.

Opción 1.

Esta es una plantilla descargable de “Sistemas OEE technology to improve” que tiene un costo de \$46,08 y cuenta con las siguientes características:

- Permite calcular las tendencias tanto diarias como mensuales del OEE.
- Calcula la producción en unidades de producto conforme y no conforme.
- Genera un gráfico de pastel de las ineficiencias.
- Filtros tanto para operarios, turnos, referencias y actividades.
- Monitorización con un límite de 150 SKUs y 5 máquinas.
- Plantilla para registro manual de información para uso del operario.

Esta se la puede obtener cancelando mediante tarjeta de crédito el valor especificado y se tendrá acceso a todos sus beneficios, además en su página cuenta con un corto video explicativo de 2:39 minutos.

A continuación, se presentará a detalle cada uno de los elementos del formato.

El formato manual propuesto por Sistemas OEE, posee campos básicos como operario, máquina, fecha, turno, junto con campos a ser llenados, necesarios para su posterior cálculo. Figura 2.3. Este, alimenta a la base de datos por referencia de la Figura 2.4.

The image shows a manual production record form. At the top left is the logo 'Bono de producción oee' with the website 'www.sistemasoe.com'. To the right are input fields for 'OPERARIO', 'MÁQUINA', 'FECHA', and 'TURNO'. Below these is a large table with the following columns: 'Orden de Fabricación', 'Referencia', 'Hora inicio OF', 'Hora fin OF', 'Piezas OK', 'Piezas NOK', 'Tiempo descanso (min)', 'Tiempo de paro (min)', and 'Motivo del Paro'. The table has 15 rows for data entry.

Figura 2.3. Formato manual opción 1.

[Fuente: *Sistemas OEE technology to improve*]

Máquina		Referencias											
Nombre de Máquina		Arburg 100		Arburg 200		Arburg 300		Demag 100		CNC 300			
		TC(L)	TC(L)	TC(L)	TC(L)	TC(L)	TC(L)	TC(L)	TC(L)	TC(L)	TC(L)		TC(L)
Arburg 100	Referencia 1	13		Referencia 31	13	Referencia 61	13	Referencia 91	13	Referencia 121	13		
Arburg 200	Referencia 2	27		Referencia 32	27	Referencia 62	27	Referencia 92	27	Referencia 122	27		
Arburg 300	Referencia 3	32		Referencia 33	32	Referencia 63	32	Referencia 93	32	Referencia 123	32		
Demag 100	Referencia 4	8		Referencia 34	8	Referencia 64	11	Referencia 94	8	Referencia 124	8		
CNC 300	Referencia 5	122		Referencia 35	122	Referencia 65	122	Referencia 95	122	Referencia 125	122		
	Referencia 6	80		Referencia 36	80	Referencia 66	80	Referencia 96	80	Referencia 126	80		
	Referencia 7	97		Referencia 37	97	Referencia 67	97	Referencia 97	97	Referencia 127	97		
	Referencia 8	12		Referencia 38	12	Referencia 68	12	Referencia 98	12	Referencia 128	12		
	Referencia 9	34		Referencia 39	34	Referencia 69	34	Referencia 99	34	Referencia 129	34		
	Referencia 10	13		Referencia 40	13	Referencia 70	13	Referencia 100	13	Referencia 130	13		
	Referencia 11	27		Referencia 41	27	Referencia 71	27	Referencia 101	27	Referencia 131	27		
	Referencia 12	32		Referencia 42	32	Referencia 72	32	Referencia 102	32	Referencia 132	32		
	Referencia 13	8		Referencia 43	8	Referencia 73	11	Referencia 103	8	Referencia 133	8		
	Referencia 14	122		Referencia 44	122	Referencia 74	122	Referencia 104	122	Referencia 134	122		
	Referencia 15	80		Referencia 45	80	Referencia 75	80	Referencia 105	80	Referencia 135	80		
	Referencia 16	97		Referencia 46	97	Referencia 76	97	Referencia 106	97	Referencia 136	97		
	Referencia 17	12		Referencia 47	12	Referencia 77	12	Referencia 107	12	Referencia 137	12		
	Referencia 18	34		Referencia 48	34	Referencia 78	34	Referencia 108	34	Referencia 138	34		
	Referencia 19	13		Referencia 49	13	Referencia 79	13	Referencia 109	13	Referencia 139	13		
	Referencia 20	27		Referencia 50	27	Referencia 80	27	Referencia 110	27	Referencia 140	27		
	Referencia 21	32		Referencia 51	32	Referencia 81	32	Referencia 111	32	Referencia 141	32		
	Referencia 22	8		Referencia 52	8	Referencia 82	11	Referencia 112	8	Referencia 142	8		
	Referencia 23	122		Referencia 53	122	Referencia 83	122	Referencia 113	122	Referencia 143	122		
	Referencia 24	80		Referencia 54	80	Referencia 84	80	Referencia 114	80	Referencia 144	80		
	Referencia 25	97		Referencia 55	97	Referencia 85	97	Referencia 115	97	Referencia 145	97		
	Referencia 26	12		Referencia 56	12	Referencia 86	12	Referencia 116	12	Referencia 146	12		
	Referencia 27	34		Referencia 57	34	Referencia 87	34	Referencia 117	34	Referencia 147	34		
	Referencia 28	53		Referencia 58	53	Referencia 88	53	Referencia 118	53	Referencia 148	53		
	Referencia 29	54		Referencia 59	54	Referencia 89	54	Referencia 119	54	Referencia 149	54		
	Referencia 30	55		Referencia 60	55	Referencia 90	55	Referencia 120	55	Referencia 150	55		

Figura 2.4. Base de datos de las referencias.

[Fuente: Sistemas OEE technology to improve]

Finalmente, con todos los datos recolectados, este diseño presenta el cálculo del OEE como se muestra en la Figura 2.5.

Tiempo planificado (m)	Tiempo disponible (m)	Tc Objetivo	Piezas esperadas	Disponibilidad	Redimiento	Calidad	OEE
300	285	13	1315	95,00%	99,97%	76,05%	72,22%
130	120	27	267	92,31%	21,75%	96,55%	19,38%
110	90	13	415	81,82%	82,09%	93,84%	63,03%
160	130	27	289	81,25%	86,54%	96,00%	67,50%

Figura 2.5. Cálculo final OEE opción 1.

[Fuente: Sistemas OEE technology to improve]

Opción 2

Esta opción es de igual forma una plantilla descargable en línea, pero es gratuita, obtenida de “AC_MP LEAN” y cuenta con las siguientes características:

- Registros de datos de producción por hora.
- Cálculos del OEE por turno, días y meses.
- Registros de las diferentes paradas de los equipos.
- Monitorización de un máximo de 5 SKUs por línea.
- Gráfico de pastel y Pareto de las ineficiencias.

Esta plantilla no cuenta con video instructivo ni formato de registro manual para operarios por lo que será necesario que el mismo operario haga el ingreso de los datos de forma directa. Figura 2.6.

SEGUIMIENTO PRODUCCIÓN => EFICIENCIA GLOBAL => CAUSAS DESPILFARROS															
Powers by AC_MP www.acmplean.com		DATOS A RELLENAR										1. SEGURIDAD		TURNO/PERSONAS	
Producto		INFORMACIÓN A RELLENAR SI HAY ALGUNA OBSERVACIÓN										Accidentes	Comentarios		
Objetivo												Incidentes			
4. EFICIENCIA		Tiempo de desplazamiento	Producción	Producción en OK	Piezas NO OK	Atrancos línea	Tiempo de cambio de producto	Averías	Controles	Otros	EO D3	OEE TURNO	OBSERVACIONES => CAUSAS DE PARADA		
min	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Min	Min	Min	Min	Min					
0		0	0	0	0										
0		0	0	0	0										
0		0	0	0	0										
0		0	0	0	0										
0		0	0	0	0										
0		0	0	0	0										
0		0	0	0	0										
0		0	0	0	0										

Figura 2.6 Formato Excel opción 2.

[Fuente: AC_MP LEAN]

Opción 3

Se presentó un formato elaborado según las características, actividades y tipo de proceso que realiza la máquina blíster 2, Figura 2.7, por lo cual se puede decir que es más personalizado, dentro de las características de su diseño están:

- Formato de registro de datos manual para operarios.
- Instrucciones en la hoja de Excel.
- Comentarios instructivos en celdas que se deben llenar.
- Desarrollado específicamente para la máquina blíster 2.
- Capacitación gratuita para usuarios.
- Cálculo de OEE por turno.
- Actividades codificadas.
- Cálculo directo del tiempo total por actividad.

Debido a que este es un formato propuesto para el presente estudio, no tiene costo alguno, sin embargo, se incurre en costos de capacitación por un valor de \$4,50/h para operarios y \$17,15/h para el jefe de producción.

REPORTE DE CONTROL DE PRODUCCIÓN BLISTER 2

Fecha	
Operario	
Velocidad	30

Lote	Código	Hora inicio	Hora fin	Diferencia	Minutos
	L	12:00	12:40	0:40	40
	D	1:00	1:15	0:15	15
	PA	2:00	4:00	2:00	120
	PB	2:30	5:40	3:10	190
	CPVC	9:00	9:35	0:35	35
	C	10:00	10:16	0:16	16
	A	10:16	10:24	0:08	7
	CAL	10:24	11:24	1:00	60
	P	11:24	11:29	0:05	4
	CAP	11:29	11:40	0:11	11
	PC	11:40	11:55	0:15	14
	PD	11:55	12:45	0:50	50
	D	12:45	12:50	0:05	4
	PB	12:50	12:53	0:03	2
	CPVC	12:50	12:53	0:03	2
	L	12:50	12:53	0:03	2

Total	Código	Descripción
42	L	Limpeza
16	C	Calibración
19	D	Despeje
120	PA	Pausa activa
192	PB	Pausa para ir al baño
7	A	Almuerzo
37	CPVC	Cambio rollo PVC
60	CAL	Cambio rollo aluminio
0	PNP	Para no programada
14	PC	Paro por mala calidad
50	PD	Paro por daños
4	P	Producción
11	CAP	Capacitación

INSTRUCCIONES

- Completar sólo las celdas resaltadas en amarillo
1. Completar los campos fecha, operario y velocidad de la máquina usada durante el turno sin unidades.
 2. Seleccionar del listado la actividad de producción.
 3. Completar el campo de hora inicio y hora fin de cada actividad en formato hora (HH:MM)

Figura 2.7 Formato Excel opción 3.

[Fuente: Albán - Camacho]

Opción 4

De igual forma este formato fue elaborada de forma personalizada a la máquina blíster 2 sin embargo, tiene un diseño ligeramente diferente y ciertas características extra, a continuación, se detalla las características del diseño presentado en la Figura 2.8:

- Formato de registro de datos manual para operarios.
- Instrucciones en la hoja de Excel.
- Comentarios instructivos en celdas que se deben llenar.
- Desarrollado específicamente para la máquina blíster 2.
- Capacitación gratuita para usuarios.
- Cálculo de OEE por turno.
- Actividades codificadas.
- Porcentaje total de OEE identificado automáticamente por color.
- Cuantifica las pérdidas de velocidad en unidades blíster.
- Resultados gráficos.

				Caja de plumas de 24 unidades	\$5,90	Caja de plumas de 24 unidades	\$5,90
Total:		Total:		Total:		Total:	
\$46,08		\$70		\$15,15		\$15,15	

Como se puede observar la opción 2 es la que requiere mayor inversión ya que es necesario implementar una Tablet en el área de la Blíster 2 para que los operarios puedan hacer el registro directo de los datos en el formato ya que no cuenta con un formato imprimible para el llenado manual.

Luego se llevó a cabo una reunión a través de la plataforma Zoom con el jefe de producción en la cual fueron presentadas y explicadas cada una de las opciones con sus respectivas características y costos.

Al final de la reunión se presentó una matriz de decisión, Tabla 2.5, y se explicó la forma de llenarla para que de esta forma se pudiera calificar cada una de las opciones y según los puntajes obtenidos, escoger la mejor según los requerimientos del cliente. Todo este material, tanto las opciones como la matriz de decisión fueron enviadas por correo al terminar la reunión Anexo E y en respuesta a dicho correo se obtuvo la siguiente matriz de decisión:

Tabla 2.5. Matriz de decisión.

[Fuente: Albán - Camacho]

	PESO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4
FORMATO SENCILLO DE ENTENDER Y FÁCIL DE LLENAR	9	5	5	5	5
INCLUYE CAPACITACIÓN	5	3	3	5	5

TIENE FORMATO DE REGISTRO DE PARADAS MANUAL	5	3	3	9	9
DISEÑADO EN EXCEL	3	9	9	9	9
ADAPTABLE A LA MÁQUINA BLÍSTER 2	5	5	5	9	9
COSTO	5	3	3	5	5
		\$116,08	\$70,00	\$15,15	\$15,15
CALIFICACIÓN		142	142	212	212

De las calificaciones obtenidas, la opción 3 y 4 fueron las que obtuvieron mayor puntuación, sin embargo, acorde a los comentarios recibidos del equipo de proyecto establecido en capítulos anteriores (jefe de producción, gerente general y operadoras del área de blisteadado), la opción seleccionada es la número 3 con ciertos cambios y adaptaciones sugeridas por ellos:

- Modificar la codificación y agrupar las actividades
- Editar el menú desplegable
- Agregar gráficos
- Registrar el nombre de todos los operadores que están en la línea.

2.4 Diseño

2.4.1 Diagrama del proceso

Se desarrolló un diagrama OTIDA que detalla los pasos a seguir para llevar a cabo el proceso completo del cálculo del OEE de la Blíster 2 por turno de 8h:

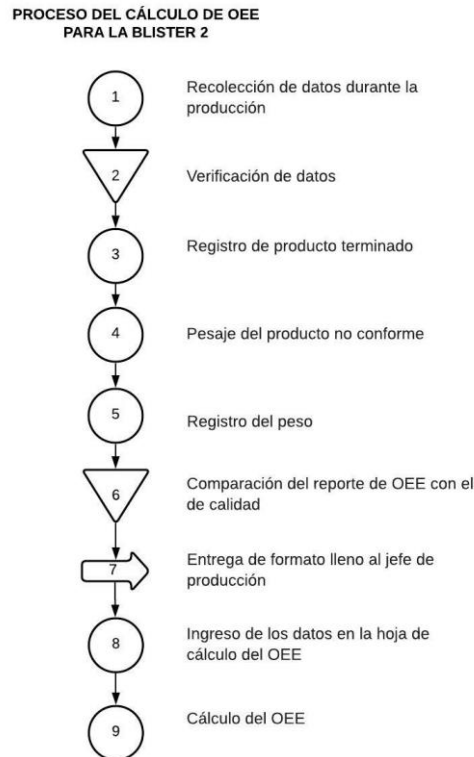


Figura 2.9 Diagrama OTIDA del proceso del cálculo del OEE

[Fuente: Albán - Camacho]

El proceso inicia con la recolección de datos durante la producción que consiste en anotar las horas de inicio y fin de cada una de las actividades que se realizan como por ejemplo los cambios de rollo de PVC y rollo de aluminio, tiempo de almuerzo, calibración, pausas para ir al baño, entre otras. Una de las operadoras del área es la persona designada como responsable de registrar esta información en el formato manual presentado en el Anexo B.

Mientras se lleva a cabo este registro, el jefe producción deberá realizar verificaciones aleatorias en las que revise si la operadora está completando correctamente el formato.

Al terminar el turno se deberá registrar los datos de producto terminado que consiste en la cantidad total de cajas producidas y pesar el material no conforme

de dicho turno. Además, se deberá verificar que dichas cantidades coincidan con las que se detallan en los reportes de calidad. Anexo D.

Una vez completado el formato, este deberá ser entregado al jefe producción quien será la persona encargada de ingresar los datos en la hoja de cálculo y obtener, analizar y guardar los resultados del OEE del turno.

2.4.2 Hoja de cálculo del OEE

A continuación, se presenta la plantilla elaborada para calcular el OEE explicada en 3 secciones:

Registro de actividades

Esta sección está compuesta por el ingreso de los tiempos por actividad, un cuadro con la descripción de cada una de las actividades, el cálculo directo de los tiempos totales por actividad y las instrucciones sobre manejo de la hoja de cálculo.

REPORTE DE CONTROL DE PRODUCCIÓN BLISTER 2

Fecha	21/7/2021
Velocidad	28
Operario	

Lote	Código	Hora inicio	Hora fin	Diferencia	Minutos
210710	Para no programada	8:40	9:15	0:35	35
	Producción	9:15	10:53	1:38	98
	Pausa para ir al baño	10:53	11:00	0:07	6
	Cambio rollo PVC	11:00	11:10	0:10	9
	Producción	11:10	12:00	0:50	50
	Almuerzo	12:00	12:30	0:30	30
	Producción	12:30	13:00	0:30	29
	Cambio rollo aluminio	13:00	13:29	0:29	29
	Producción	13:29	14:00	0:31	31
	Limpieza	14:00	14:20	0:20	19
				0:00	0
				0:00	0
				0:00	0
				0:00	0
				0:00	0

INSTRUCCIONES

Completar sólo las celdas resaltadas en amarillo

- Completar los campos en amarillo y los campos fecha, operario y velocidad de la máquina usada durante el turno sin unidades.
- Seleccionar del listado la actividad de producción.
- Completar el campo de hora inicio y hora fin de cada actividad en formato hora (HH:MM)

Total (min)	Código	Descripción
19	LPZ	Limpieza
0	CAL	Calibración
0	DSP	Despeje
0	PTV	Pausa activa
6	PBN	Pausa para ir al baño
30	A	Almuerzo
35	PNP	Para no programada
0	PC	Paro por calidad
0	PD	Paro por daños
29	CAL	Cambio rollo aluminio
9	CPVC	Cambio rollo PVC
208	P	Producción
0	CAP	Capacitación

Figura 2.10 Sección 1 del diseño de la hoja de cálculo del OEE

[Fuente: Albán - Camacho]

Como se puede observar en la figura 2.10, existe una clasificación de actividades por colores, dicha agrupación fue solicitada por el cliente con el fin de identificar las actividades dentro de cada una de las etapas de proceso blisteado, es decir, la forma cronológica en que se dan cada una de ellas; empezando por las actividades en celeste que corresponden a preparación, las de color naranja, que son las diferentes actividades que se pueden dar durante la producción, las de

morado son los cambios de rollo que se dan y las verdes están representadas por el tiempo total de producción y las capacitaciones que si bien son planificadas, no son tan frecuentes.

Cálculos

Como su nombre lo indica, esta es la sección donde se ingresan los datos para realizar los cálculos necesarios. Las celdas coloreadas de amarillo serán las que se deberán de completar para que de forma automática se generen el resto de los valores y así obtener los porcentajes para disponibilidad, rendimiento, calidad y finalmente el OEE.

Turno	480
Tiempo planificado	431
Paras no programadas	79
Producción real de cajas	3170
# Blisters por caja	5
Producción real de blisters	15850
Blisters dañados (g)	33
Peso de 1 Blister dañado (mg)	1420
# de blisters dañados	24
Tabletas dañadas (g)	33
Peso de 1 Tableta dañada (mg)	600
# de tabletas dañadas	55
DISPONIBILIDAD	82%
RENDIMIENTO	68%
CALIDAD	100%
OEE	55%
PARAS PROGRAMADAS	10%
PARAS NO PROGRAMADAS	16%
CALIBRACION	8%
TIEMPO NETO PRODUCIENDO	43%

Figura 2.11 Sección 2 del diseño de la hoja de cálculo del OEE

[Fuente: Albán - Camacho]

Gráficos

Por último, está la sección de gráficos dónde se presentan los porcentajes de forma más didáctica y un diagrama de pastel con los porcentajes para paradas programadas y no programadas, calibración y tiempo de producción. Cabe recalcar que calibración pertenece al grupo de paradas no programadas, sin embargo, con el fin de lograr una mejor visualización por requerimiento del cliente, se mostró este porcentaje en específico dentro del gráfico del resumen de turno.



Figura 2.12 Sección 3 del diseño de la hoja de cálculo del OEE

[Fuente: Albán - Camacho]

2.4.3 Análisis de costos

Como se indica en el título, se analizaron los costos propuestos por la implementación previamente seleccionada. Debido a que fue un diseño hecho exclusivamente para la empresa, no posee altos costos de implementación. Se consideran los costos básicos de utensilios y herramientas necesarias para la recolección de datos, Tabla 2,6.

Tabla 2.6 Costos de implementación propuesta 3

[Fuente: Albán - Camacho]

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	
Resma de papel	\$3,25
Tablero	\$6
Caja de plumas	\$5,9
Capacitación de operarios	\$4,5/h
Capacitación de jefe de producción	\$17,15/h

El costo de implementación del prototipo fue de \$36,80 tomando en cuenta los costos de capacitación del jefe de producción y de una sola operaria. Para este proyecto, se capacitó 5 operarias por lo que el costo de implementación total fue de \$54,8 dólares.

2.5 Análisis de sensibilidad

Se realizó el análisis de sensibilidad para evaluar la flexibilidad del diseño elaborado en cada una de sus etapas ante diferentes factores:

Tabla 2.7 Análisis de sensibilidad

[Fuente: Albán - Camacho]

FACTORES	RECOLECCIÓN DE DATOS	REGISTRO PRODUCTO TERMINADO	INGRESO DE DATOS EN HOJA DE CÁLCULO	CÁLCULO DEL OEE	ANÁLISIS RESULTADOS
Número reducido de operadores	-Se debe seleccionar un operador externo para recopilar datos. Nuevo operador podría necesitar entrenamiento rápido.	No afecta	No afecta	Datos inexactos por falta de formación.	Análisis con baja precisión.
Si se trabajan horas extras	El formato es adaptable ya que pide ingresar el número de minutos por día del turno	No afecta	Solo cambia la cantidad de minutos trabajados.	A medida que aumenta la producción, también lo hará el número de cambios y tiempos.	No afecta

Si la demanda aumenta o se agrega otro turno.	Se debe completar otro formato para otro turno como indica la especificación del cliente.	-Se incrementará el número de registros por día. -Más material para pesar, más tiempo en registrar.	-Tomará más de un turno. -Tomará más tiempo de registro.	No afecta	Más datos, mayor precisión a la hora de interpretar y proponer mejoras.
Adaptable a otros equipos.	Permite recolectar datos para cualquier otro equipo blíster de la planta.	No afecta: Totalmente adaptable	No afecta: Totalmente adaptable	No afecta: Totalmente adaptable	No afecta: Totalmente adaptable
Si el gerente de producción falta un día.	No habrá alguien que verifique la recolección de datos.	No afecta	El proceso tardará en registrarse hasta que el jefe de producción esté disponible	Data no verificada puede afectar la precisión del cálculo del OEE	Resultados no son precisos
Productos con especificación o velocidad diferente.	No afecta	No afecta	El formato permite cambios de velocidad usada	No afecta	No afecta
Renovación del equipo blíster.	-No afecta para equipos semimanuales. -No aplica para equipos automáticos.	No afecta	-No afecta para equipos semimanuales. -No aplica para equipos automáticos. Actividades y tipo de paradas diferentes.	-No afecta para equipos semimanuales -No aplica para equipos automáticos.	-No afecta en equipos semimanuales. -No aplica para equipos automáticos.
Precisión del equipo de medición.	Tomar tiempos con diferentes relojes o cronómetros afecta a la precisión de los datos.	Balanza no encerada afecta directamente al indicador de calidad.	No afecta	Datos e indicadores no precisos debido a errores de medición.	No es posible tener un análisis preciso sobre los datos.

2.6 Prototipo

2.6.1 Plan de prototipado

A continuación, se presenta el plan de prototipado que se desarrolló con el fin de definir y programar las actividades.

Tabla 2.8 Plan de prototipado

[Fuente: Albán - Camacho]

¿QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	HERRAMIENTAS establecidas en el diseño	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?	¿QUIÉN?	VALIDACIÓN	¿QUIÉN VALIDA?	COSTO
Calcular OEE de datos recolectados en el mes de Julio	Porque permitirá conocer la situación actual del equipo	Ingresando datos recolectados durante el proyecto	Hoja de cálculo propuesta	Planta	16/08/2021	Líderes del proyecto	Reunión presencial en la planta	Jefe de producción	\$0,00 2h de estudiante
Presentación del prototipo a jefe de producción	Porque servirá para revisar los ajustes finales deseados por el cliente	Exposición	Power Point	Planta	17/08/2021	Líderes de proyecto	Reunión presencial en la planta	Jefe de producción	\$0,00 1 h de estudiantes

Realizar correcciones finales	Necesario para perfeccionar el diseño	Cambiando el proceso según la retroalimentación dada	Excel	Equipo blíster	18/08/2021	Líderes del proyecto	Ultima presentación previa del prototipo final	Jefe de producción	\$0,00 2h estudiante
Entrega del prototipo final	Para finalizar el proyecto de diseño	Presentándolo presencialmente al jefe de producción	Formatos realizados	Planta	19/08/2021	Líderes de proyecto y jefe de producción	Cumplimiento especificaciones de diseño y requerimientos del cliente	Jefe de producción	\$0,00
Implementar capacitación al jefe de producción	Permitirá un correcto desarrollo del proceso diseñado	Mediante explicación práctica del proceso completo	Formatos realizados	Planta	20/08/2021	Líderes de proyecto y jefe de producción	Correo de validación	Jefe de producción	\$17,25/h
Prueba piloto del prototipo	Mostrará el estado del equipo actual y la correcta ejecución del proceso y del diseño	Siguiendo el proceso de recolección establecido	Herramientas establecidas en el diseño	Planta	21/08/21 - 27/08/21	Líderes de proyecto y jefe de producción	Seguimiento constante durante el proceso	Líderes de proyecto	\$0,00

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados y análisis de la implementación

Al iniciar con la implementación del diseño, luego de la reunión con el gerente general, se procedió con la presentación formal de las líderes del proyecto a las operarias del área de termoformado. En un comienzo, existió incertidumbre por parte de las operarias debido a que creían que serían evaluadas por su labor manual en el equipo, lo que dificultó la comunicación y colaboración en el proyecto.

Luego de aplicar constantemente la metodología gemba walk y explicar la finalidad y el alcance, se logró conectar con las operarias facilitando el desarrollo del proyecto. Como fue mencionado anteriormente, con la ayuda de las operarias del área de blisteado 2, se codificaron las distintas actividades claves para realizar el cálculo del OEE y su proceso de recolección de datos.

Un punto clave de este diseño fue la elaboración del formato manual para la recolección de datos debido a que se estableció que una de las operarias sería la encargada de capturar los tiempos correspondientes durante la corrida productiva. En un principio resultó un poco complicado para las operarias el manejo de un nuevo formato con requerimientos diferentes tales como los tiempos de las distintas actividades. En primera instancia, se propuso codificar cada una de ellas por números, pero al realizar pruebas piloto en la recolección, se constató que las actividades fueron llenadas varias veces de forma incorrecta. Al pedirles retroalimentación sobre cómo mejorar su experiencia, pidieron que las actividades sean codificadas por abreviación de palabras ya que resultaría intuitivo incluso para quienes no han manejado antes ese formato.

Una vez elaborado el diseño del proceso, este fue probado durante 8 turnos trabajándolo de la mano tanto de las operarias como el jefe de producción. De los 8 turnos, 3 fueron descartados ya que, si bien el registro de los pesos de blísteres

dañados y cápsulas contaminadas en el proceso eran correctos, se tenía que realizar el pesaje en una balanza con una precisión más alta a la establecida y dicho material ya había sido desechado. Por lo tanto, solo 5 turnos fueron llevados a cabo de forma correcta y son los que se analizarán a continuación:

Tabla 3.1 Resultados de implementación

[Fuente: Albán - Camacho]

	1	2	3	4	5	Total
Tiempo planificado (min)	409	431	450	435	418	2143
Paradas no programadas (min)	105	79	144	122	144	594
Producción real (Blísters)	32190	15850	22620	22500	32935	126095
Producción teórica (Blísters)	34720	23296	22912	24528	35840	141296
# de Blister dañados	67	24	36	6	7	140
# Tabletas contaminadas en proceso	112	55	110	48	7	332
Disponibilidad	74%	82%	68%	72%	66%	72%
Rendimiento	93%	68%	99%	92%	92%	89%
Calidad	99,8%	99,9%	99,8%	99,9%	99,9%	99.9%
OEE	68%	55%	67%	66%	60%	64%

El tiempo planificado presentado, es el resultado de la resta de los 480 minutos del turno, menos las paradas programadas que corresponden a limpieza, pausa activa, almuerzo y capacitación. Cabe recalcar, que al hablar con el jefe de producción se determinó que el tiempo de limpieza es programado. Como se sabe la clasificación de pérdidas varía según la empresa, su actividad y sus requerimientos.

Como se puede apreciar, el tiempo planificado para producir se encuentra en un rango de entre 409 a 450 minutos. El valor mínimo que pertenece al turno 1, contiene paradas programadas por limpieza y por alimentación; mientras que el valor máximo que pertenece al turno 3 solo contiene parada por almuerzo, la

limpieza de ese turno se la realizó en días previos cuando la máquina no fue usada por falta de demanda.

Siendo el total de tiempo planificado para producción 2143 minutos lo que corresponde a 35,71 horas, las paradas no programadas representan 9,9 horas del tiempo total a producir mencionado.

En cuanto al indicador de rendimiento, el más bajo que se obtuvo fue de 68%. En el resto de los turnos se puede observar que entre la producción real y la teórica no existe un gran desfase, es por esto por lo que el porcentaje de rendimiento es mayor en estos turnos.

El indicador de calidad está próximo al 100%. Sus valores oscilan entre 99.8% y 99.9%. Si se contrasta la cantidad producida conforme versus el número de blíster dañados, la diferencia de cantidades es casi despreciable.

Como se puede observar en la Tabla 3.1, de entre los datos recolectados, se obtuvo como valor mínimo un OEE del 55% y un máximo del 68%. Para calcular el total recolectado de todos los turnos no se debe calcular un promedio de los resultados; más bien, se deberá usar el total acumulado de cada una de las variables que conforman dicho indicador.

Realizando los cálculos respectivos, plasmados en la tabla anteriormente mencionada, se obtuvo un OEE del 64,01% como resultado de los 5 turnos implementados. Como se puede observar, el indicador de disponibilidad es el más bajo y, por ende, es el que contiene más pérdidas que afectan al porcentaje total del OEE.

Para una mejor comprensión de cada una de las pérdidas en los turnos recolectados durante la implementación, se elaboró un árbol de pérdidas, considerando las 16 pérdidas anteriormente descritas en el marco teórico correspondiente al capítulo 1. Figura 3,1.

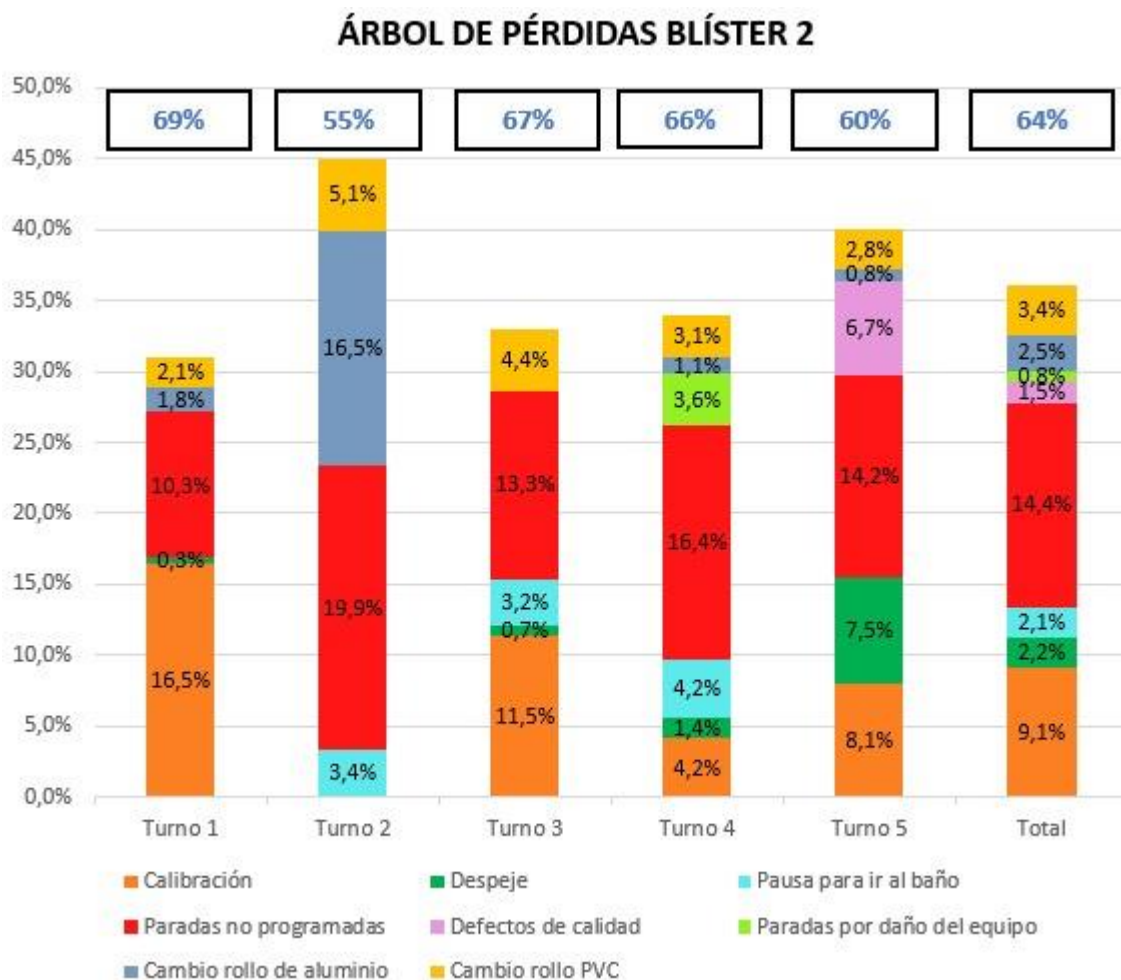


Figura 3.1 Árbol de pérdidas del OEE

[Fuente: Albán - Camacho]

Como se puede visualizar, el árbol de pérdidas contiene gráficamente la pérdida porcentual complementaria del indicador de eficiencia general de equipos de cada turno recolectado.

Una de las pérdidas más grandes de la mayoría de los turnos recolectados es la correspondiente a “Paradas no programadas”. En el formato manual se adjuntó un campo llamado observaciones, donde al realizarse una parada no programada, se adjunta el motivo de la parada, por lo tanto, se detallarán los hallazgos recolectados:

- Turno 1: Falta de personal y armado de cajas para el posterior empaque de los blísteres realizados.

- Turno 2: Falta de personal, asistencia a los operadores del área de empaque de líquidos.
- Turno 3: A falta de cajas armadas para el empaque del producto, las operadoras detuvieron la producción; además, existió falta de personal por unos minutos.
- Turno 4 y 5: Parada de producción por armado de cajas para posterior empaque de producto finalizado.

En el turno 1, la mayor pérdida corresponde a la calibración de la termoformadora lo cual representa un 16,5% de pérdida para este turno ya que en ese caso tomó más tiempo de lo usual.

Se puede observar también, que en el turno 2 se da una pérdida del 16,5% que corresponde a cambio de rollo de aluminio, el cual fue un porcentaje relativamente alto comparado con los otros turnos ya que en esa ocasión no se tenía la materia prima, dentro del área por lo cual se debía esperar hasta que el material esté disponible.

La pérdida por daños en equipo se presentó únicamente en el turno 4 con un porcentaje de 3,6% Esto se debe a que, durante dicho turno, uno de los blísteres se quemó, emanando un olor fuerte que paralizó por completo la producción hasta que el equipo se encontrará en las condiciones adecuadas para seguir trabajando.

Finalmente, así como se realizó la contabilización total del OEE, se adjuntó en el árbol de pérdidas la contabilización y especificaciones de los porcentajes de pérdidas totales recolectados. Como se puede apreciar en la última columna de la Figura 3.1, la pérdida más representativa dentro de los turnos recolectados es la correspondiente a “Paradas no programadas” con una contabilización porcentual del 14,4%. Estas pérdidas fueron descritas previamente.

La segunda pérdida más representativa corresponde a calibración con un 9,1%. Aún sin haber realizado el diseño e implementación del OEE, se sabía por inspección del proceso que esta sería una de las pérdidas más relevantes debido a la cantidad de tiempo empleado en ello.

Como tercera pérdida se evidencia que el “Cambio de rollo PVC” representa un 3,4% del total de pérdidas recolectado. Dentro del estudio del proceso se evidenció que si bien los cambios tienen una duración menor a 10 minutos, el cambio de rollo PVC toma más tiempo que el cambio de rollo de Aluminio; por esto, como dato adicional se menciona que la pérdida que le sigue a la denominada como tercera es el cambio de rollo de Aluminio con un 2,5%, el resto de pérdidas se encuentran debajo del 2,3%.

Debido a la voz y requerimiento del cliente que fue recolectado en el capítulo 2, mediante los datos de los turnos recolectados, se estable los tiempos promedios correspondientes a las paradas no programadas de calibración, cambios de rollo PVC y cambios de rollos de aluminio. Tabla 3.2

Tabla 3.2 Tiempos promedios encontrados

[Fuente: Albán - Camacho]

PÉRDIDAS	TIEMPO PROMEDIO (MIN)
Calibración	32 min 3 s
Cambios de PVC	7 min 3 s
Cambios de aluminio	5 min

Al observar la Tabla 3.2 podemos notar que los cambios son menores a 10 minutos, sin embargo, la calibración no lo es. Se sugiere implementar 5S y SMED para reducir estos tiempos y por ende disminuir el porcentaje de pérdidas que estos agregan indicador de disponibilidad, logrando aumentar el OEE.

Finalmente, considerando que en el punto 2.1.7 se establecieron los indicadores para el impacto económico, social y ambiental; después de la implementación se obtuvo los siguientes resultados:

Impacto económico

Analizando los tiempos de paradas no programadas, los cuales son considerados tiempos inactivos que no agregan valor al proceso y con un costo de manufactura promedio de \$128/h en el área de blisteadado, se puede determinar que con un porcentaje de disponibilidad de 82% en el turno 2 y con 79 minutos de paradas no programadas, el costo/ pérdida por inactividad es de \$168,53 mientras que con un porcentaje de disponibilidad de 66% en el turno 5 y con 144 min de paradas no programadas, el costo/ pérdida es de \$307,20; demostrando así que efectivamente al aumentar la disponibilidad, parámetro que afecta directamente al OEE, se reducen los costos de manufactura.

Impacto social

Se observó que la suma de los tiempos promedio de calibración y cambios de rollo da un total de 44 min, siendo esto una oportunidad de mejora. Usando herramientas de manufactura esbelta, como SMED o 5S podría llegarse a reducir la suma de los tiempos, permitiendo que la producción finalice en menor tiempo y que las operarias puedan estar disponibles para dar soporte a otras áreas.

Impacto ambiental

Como se puede observar los valores de blísteres dañados en proceso se fue reduciendo paulatinamente, esto se debe a que al existir un mayor control con la implementación del OEE, los operarios eran más cuidadosos al realizar las calibraciones y manejando el material. El porcentaje de reducción para los 5 turnos recolectados fue de un 89,5%.

Se realizó también un análisis en cuanto a las tabletas contaminadas durante el proceso de blisteadado, debido a que algunas caían al suelo. En la tabla 3,1 se puede observar cómo paulatinamente, al igual que en las cantidades de blísteres, se fueron reduciendo a excepción del turno 3. Al analizar lo recolectado y observado, se pudo concluir que ese valor, si bien está dentro del rango de datos,

es un valor alto cercano al máximo. Esto sucedió debido a que, en ese turno, por vacunación del personal contra la COVID 19, un operario masculino del área de empaque de líquidos dio soporte al área de blisteadado; al momento de esparcir las tabletas sobre la blisteadora muchas cayeron al suelo dentro de ese turno. En condiciones normales, las operarias son las únicas que operan la termoformadora y son mucho más cuidadosas al colocar las tabletas en el equipo. El porcentaje de reducción considerando los turnos recolectados fue del 93,75%.

3.2 Medidas de control

Teniendo en cuenta que esta blisteadora empaqueta medicamentos de baja demanda, se deberá realizar:

- Resúmenes semanales del OEE para verificar las pérdidas que ha tenido del equipo durante la producción a lo largo de la semana y así asegurar también que los cálculos se hayan efectuado adecuadamente.
- Verificación de cantidades registradas en reporte de calidad. Esta es una actividad frecuente realizada por los operarios, debido a que se manejan medicamentos de consumo humano por lo tanto las cantidades producidas deben ser rigurosamente controladas. Hacer esto va a garantizar que la robustez en la recolección de datos, para calidad y rendimiento, sea la adecuada.
- Realizar una auditoría mensual con el checklist del Anexo F para asegurar que el proceso se esté llevando de la forma correcta.
- Programar capacitaciones a operarios nuevos que ingresen en el área.
- Instructivo con explicación paso a paso del desarrollo del proceso del cálculo del OEE y manejo de herramientas propuestas, que se encuentre disponible para el personal de la empresa en caso de presentarse alguna inquietud o confusión acerca del mismo. Anexo G

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se desarrolló el proceso del cálculo del OEE tomando en cuenta la situación actual por la que atraviesa la empresa, sus restricciones y los requerimientos que fueron establecidos en un inicio por el cliente tales como que sea sencillo, didáctico y fácil de usar. Este diseño fue aprobado por el jefe de producción, persona a cargo de dar seguimiento al proyecto en la empresa.
- Para el cálculo del OEE se diseñó un formato manual para la recolección de datos por parte de los operarios y una hoja de cálculo para ingresar y almacenar los datos y obtener los respectivos cálculos, siendo todas estas herramientas altamente adaptables a otras máquinas blíster semiautomáticas.
- Se llevaron a cabo capacitaciones tanto a los operarios como al jefe de producción con una duración aproximada de una hora para cada involucrado, en las que se explicó paso a paso, cómo realizar el proceso completo del cálculo del OEE y el manejo de cada una de las herramientas desarrolladas. Además, se realizó seguimiento a lo largo del proyecto con el fin de asegurar una correcta implementación.
- Se identificó las actividades relacionadas con los tiempos de paradas no programadas que generan pérdidas para la empresa siendo algunas de ellas, calibraciones, ajustes, fallos, entre otras y estas fueron categorizadas en un árbol de pérdidas.

4.2 Recomendaciones

A continuación, se detallará las recomendaciones y propuestas presentadas al jefe de producción sobre los trabajos próximos que deberían realizarse dentro de la empresa:

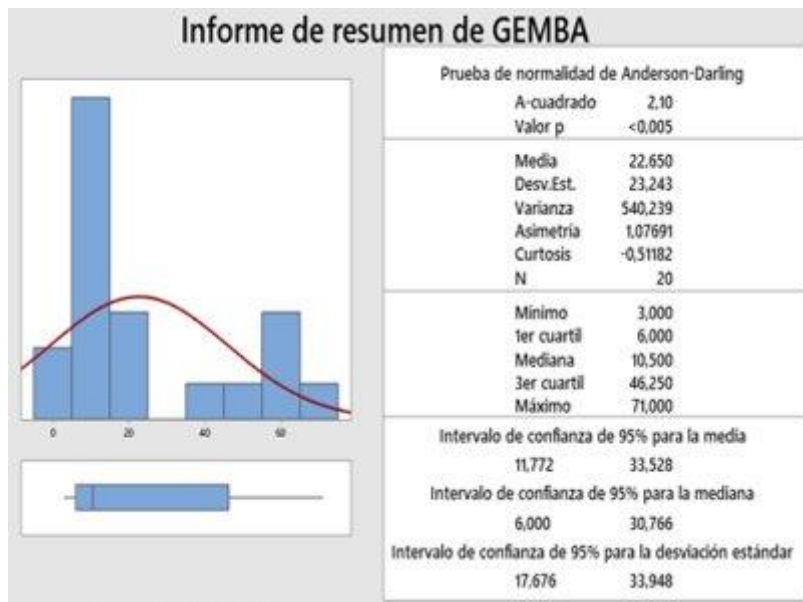
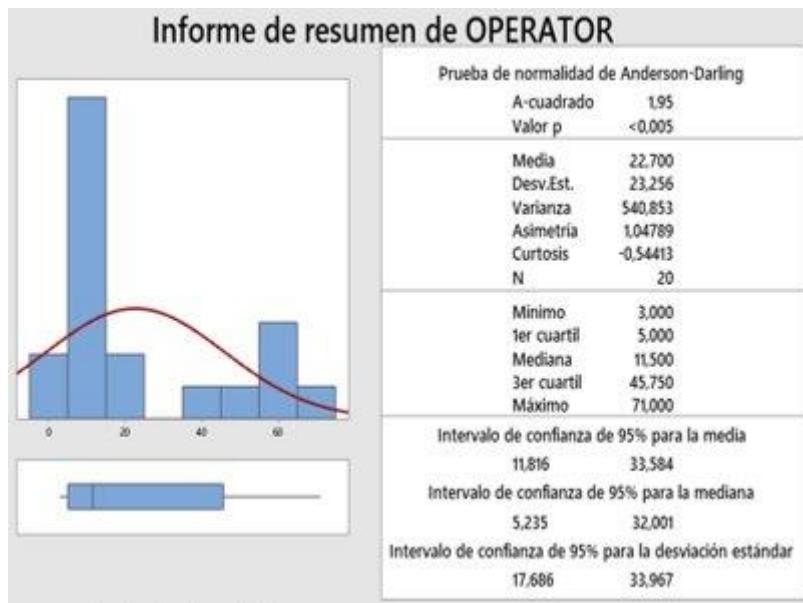
- Robustecer la planificación de la producción de tal forma que la capacidad total de los equipos blíster sean utilizados.
- Analizar la venta o alquiler de uno de los equipos blíster para generar ingresos.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos de las actividades manuales con el fin de estandarizar los tiempos de empaque manual realizados por las operadoras.
- Mejorar el cálculo del stock de seguridad de bodega con la finalidad de que se asegure la disponibilidad de materia prima cuando se la requiera.

BIBLIOGRAFÍA

- Gonzales Torres, A., Ramirez Castañeda, A., Poblano Ojinaga, E., & Mendoza Montero, F. (2016). Implementación del OEE como herramienta de mejora continua aplicada a una línea de producción. *Revista de Docencia e Investigación Educativa*.
- Ibarra Barrientos, A. P. (2009). *Aumento en la productividad de la máquina Crimpadora Automática Komax Gamma 333PC en el área de corte*. Guaymas.
- K Selvi, R. M. (2014). Six Sigma - Overview of DMAIC and DMADV. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME)*, 2-3.
- Mader, D. P. (2002). Design for Six Sigma. *Fronters of Quality*, 1-2.
- Muños, R. M. (11 de 2007). Universidad autónoma del Estado de Hidalgo. *Implementación del despliegue de la función de calidad Q.F.D.* Hidalgo.
- Olaya Escobar, C. R. (2005). Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis miolétrica de mano. *Ingeniería e investigación*, 30-38.
- Torres Díaz, V. C. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DE OEE PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES KOMATSU 730E EN LA MINERA VOLCÁN SHUNGAR S.A.* Trujillo-Perú.

ANEXO C

Prueba de normalidad para validación de datos



ANEXO D
Registro de calidad

MATERIALES	(CANTIDAD REAL) X 100			
	CANTIDAD TEÓRICA/UTILIZADA	CANTIDAD REAL	DAÑADO EN PROCESO	NÚMERO DE MUESTRA
PRODUCTO (L/Kg)	127.45	126.58	6.314	0.38
PRODUCTO EN UNIDADES	100,001	98,430	1021	294
UROBACTRIANEL FORTE COMPRIMIDOS 174 MM DE ANCHO	5.15	4.06	1.09	0000247
ROLLOS DE PVC 250 MC X 182 MM CAFÉ	26.97	21.31	5.66	0.001289
CAJAS UROBACTRIANEL FORTE C X 30 COMPRIMIDOS	3298	3281	14	3
CAJAS KRONOS GRANDES	11	11	—	—
ETIQUETA ADHESIVA P1 95X260 (1 FILA) (IDENTIFICACIÓN DE CORRUGADO)	12	11	—	1
CINTA NOVO 3"X100 YD CLEAR (CINTA DE EMBALAJE)	1	1	—	—

ANEXO E

Reunión Zoom para elección de diseño

RE: Presentación de opciones



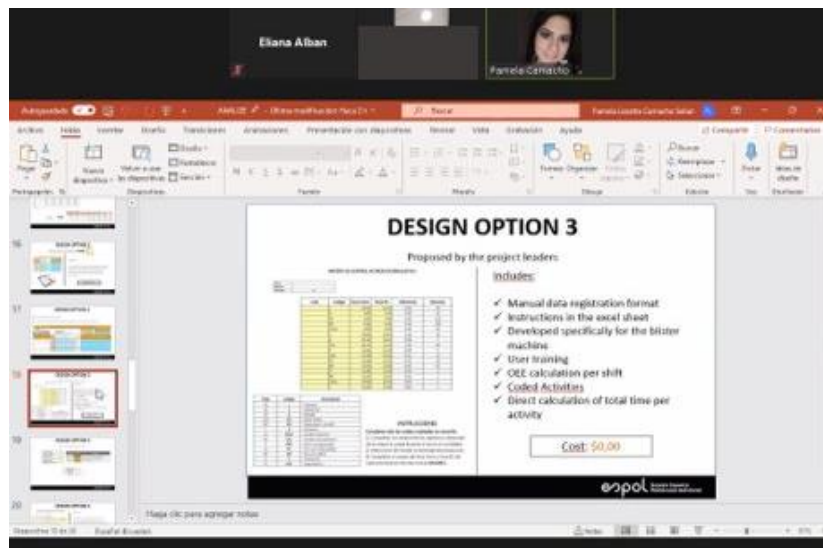
Para: Pamela Lisette Camacho Sellan Cc: Eliana Doménica Alban Franco

Guardar todos los datos adjuntos



Buenos días Pamela y Eliana,

Envío la matriz de Excel compilada, y un documento de Word con mis comentarios. Quedo atento si desean alguna aclaración a lo escrito.



ANEXO F
Checklist para auditoría

EVALUACION DEL PROCESO DEL CÁLCULO DEL OEE

Conforme (C) No conforme (NC)

	C	NC	Observación
Existen formatos manuales impresos y disponibles en el área de blisteado			
Un operario del área se encuentra registrando los datos y existe otro de soporte en caso de presentarse inconvenientes que requieran reemplazarlo			
Se han registrado los nombres de todos los operarios del área en el formato manual			
Se ha entregado reporte completamente lleno			
El registro del peso coincide con las unidades indicadas en el formato manual.			
El formato ha llegado a manos del jefe de producción luego de ser completado y verificado.			
Los datos ingresados en la hoja de cálculo coinciden con los del formato manual.			
Las hojas de cálculo han sido nombradas con formato DD/MM/AA			
Se ha llevado a cabo el último reporte semanal del OEE.			

ANEXO G
Instructivo
INSTRUCTIVO DEL PROCESO DEL CÁLCULO DEL OEE

1. OBJETIVO

Definir y explicar la metodología a seguir para el cálculo del OEE en el área de blisteado 2, incluyendo el manejo de las herramientas usadas para la recolección de información y los respectivos cálculos.

2. ALCANCE

Abarca todas las actividades que se realizan dentro del área de blisteado desde la limpieza del equipo hasta la obtención de los blísteres y pesaje del producto terminado. Involucra a los operarios que trabajan en el área y al jefe de producción, quien es el encargado del procesamiento y análisis de los datos al final del proceso.

3. DEFINICIONES

3.1 OEE: “Eficiencia General de equipos”. Indicador que mide la eficiencia de los equipos en base a la disponibilidad, rendimiento y calidad.

3.2 Disponibilidad: Tiempo en que el equipo se encuentra libre y disponible para producir.

3.3 Rendimiento: Análisis del desempeño del equipo mediante la comparación de la producción real con la teórica.

3.4 Calidad: Análisis de producto conforme y no conforme.

3.5 Blíster: Envase para cápsulas, tabletas o píldoras formado a base de aluminio y PVC.

3.6 Termoformadora: Equipo conocido como Blíster que realice el empaque de medicamentos en cápsulas mediante la consolidación del blíster.

4. RESPONSABILIDADES

4.1 Auxiliares de empaquetado: Personal del área de empaque encargadas de la anotación de la información necesaria para el control y despacho de unidades. Aseguran el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura, aseguramiento de la calidad, salud y seguridad ocupacional.

4.2 Personal operativo de empaque: Operan los equipos termoformadores: realizan la recepción del material de empaque, realizan la calibración, empaquetado semimanual y colaboran en su posterior almacenamiento. Cumplen de manera rigurosa con las normas de higiene y seguridad industrial.

4.3 Jefe del área de empaque: Encargado de la planificación y control del personal y de la producción durante el proceso. Asegura que todo su personal a cargo y el mismo cumplan con las normas de seguridad, higiene y buenas prácticas de manufactura.

5. INSTRUCTIVO

Para poder calcular el OEE es necesario primero levantar datos para los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad; para esto se utilizará un formato manual el cual será completado por uno de los operarios del área de blisteado. Toda esta información es la que va a permitir cuantificar la eficiencia del equipo.

Pausa activa: Son breves descansos en el que los operarios realizan sesiones cortas de ejercicios, debido a que ejecutan actividades repetitivas que pueden producir estrés o cansancio.

Capacitación: Sesiones planificadas de preparación o entrenamiento a operarios.

Calibración: Tiempo que le toma a los operarios preparar y configurar el equipo según el tipo de producto a procesar.

Despeje de línea: Actividad realizada para asegurar la calidad e inocuidad del proceso de blistado.

Cambios de rollo: Se trabajan con rollos de PVC y de aluminio, los cuales al terminarse o al cambiar de producto deben ser cambiados o reemplazados.

Parada por calidad: Tiempo inactivo en donde el equipo es detenido por fallo en el empaque en medio de la producción.

Parada por daños: Pausa forzosa debido a fallos del equipo.

Pausa para ir al baño: Cuando las corridas productivas son muy largas, se realiza una parada donde todas las operarias de la línea van al baño.

Parada no programada: Actividad que provoque tiempo de inactividad y que no esté codificado. La causa deberá ser registrada en observaciones del formato manual.

A continuación, se explicará la forma en que deben ser llenadas cada una de las secciones:

Sección 1

La sección número 1, es la que se debe completar durante todo el turno, en esta se detallará una sola vez el lote que se estará produciendo durante el turno; en caso de que se trabajen dos lotes en un solo turno, se deberá anotar el número de lote en el recuadro de la actividad que corresponda al inicio del lote, ya sea que se inicie con calibración, despeje o directamente con producción.

Se colocará el código de la actividad que se está realizando, la hora en que inició y la hora en que terminó para que de tal forma se describan todas las acciones llevadas a cabo a lo largo del turno. En la imagen a continuación se presentará un ejemplo.

LOTE	CODIGO	HORA INICIO	HORA FIN	OBSERVACION
210721	LPZ	8:45	9:00	
	CAL	9:00	9:15	
	PNP	9:15	10:15	
	DSP	10:15	10:20	
	P	10:20	10:50	
	PBÑ	10:50	11:05	
	CPVC	11:05	11:10	
	P	11:10	12:00	
	A	12:00	12:30	
	P	12:30	13:09	
	CPVC	13:09	13:14	
	PNP	13:14	13:27	
	P	13:27	13:52	
	CAL	13:52	13:57	
	P	13:57	14:53	
	CPVC	14:53	14:57	
	P	14:57	15:17	

Los cuadros de observaciones son destinados para anotar alguna situación específica que pueda suceder o que retarde alguna actividad. En el caso de que suceda una parada programada, es de forma obligatoria anotar el motivo de esta.

Sección 2

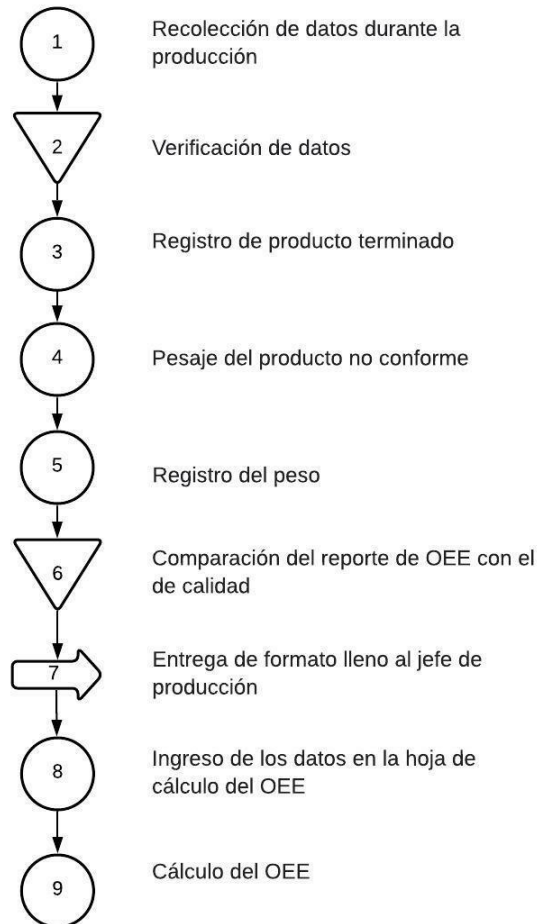
Esta sección deberá ser completada al final del turno de tal manera que se registre la información de los lotes producidos. Detallar la velocidad a la que trabajo el equipo en golpes por minuto, la producción final de cajas producidas y la cantidad de blíster que lleva la caja. Finalmente anotar el peso de producto no conforme tanto para blíster como para cápsulas o tabletas y el peso de un solo blíster y una sola capsula o tableta.

Sección 3

Se deberá anotar el nombre de cada uno de los operarios que estuvieron presentes en el área y las diferentes actividades que realizaron, sobre todo resaltar quien o quienes fueron los responsables de completar el formato.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

PROCESO DEL CÁLCULO DE OEE PARA LA BLISTER 2



El proceso inicia con la recolección de datos durante la producción haciendo uso del formato manual. Para asegurar que la recolección sea la adecuada, el jefe de producción deberá revisar en horarios aleatorios que los operarios estén registrando la información de forma adecuada.

Al finalizar la producción se deberá registrar en el mismo formato la información en cuanto al producto terminado y se deberá verificar que la información coincida con la registrada en el reporte de calidad que maneja la empresa.

Luego este formato deberá ser entregado al jefe de producción quién será el encargado de ingresar los datos en la plantilla Excel y guardar la información nombrando la hoja con la fecha que corresponde a dicho turno. (DD/MM/AA)

Finalmente se deberá analizar y comunicar los resultados en caso de que sea requerido por el gerente general.

5.3 MANEJO DE LA PLANTILLA EXCEL

Lote	Código	Hora inicio	Hora fin	Diferencia	Minutos
210721	Limpieza	8:45	9:00	0:15	15
	Calibración	9:00	9:15	0:15	15
	Para no programada	9:15	10:15	1:00	59
	Despeje	10:15	10:20	0:05	5
	Producción	10:20	10:50	0:30	30
	Pausa para ir al baño	10:50	11:05	0:15	15
	Cambio rollo PVC	11:05	11:10	0:05	4
	Producción	11:10	12:00	0:50	50
	Almuerzo	12:00	12:30	0:30	30
	Producción	12:30	13:09	0:39	39
	Cambio rollo PVC	13:09	13:14	0:05	4
	Para no programada	13:14	13:27	0:13	13
	Producción	13:27	13:52	0:25	25
	Cambio rollo aluminio	13:52	13:57	0:05	4
	Producción	13:57	14:53	0:56	56
	Cambio rollo PVC	14:53	14:57	0:04	3
Producción	14:57	15:17	0:20	19	

Total (min)	Código	Descripción
15	LPZ	Limpieza
15	CAL	Calibración
5	DSP	Despeje
0	PTV	Pausa activa
15	PBN	Pausa para ir al baño
30	A	Almuerzo
72	PNP	Para no programada
0	PC	Paro por calidad
0	PD	Paro por daños
4	CAL	Cambio rollo aluminio
11	CPVC	Cambio rollo PVC
219	P	Producción
0	CAP	Capacitación

Primero se deberá ingresar la información con respecto a las actividades tal cual como fue registrado en el formato manual, para facilitar el uso, cada celda de la columna de código tendrá una lista desplegable para seleccionar la cantidad y de forma directa se calculará la diferencia y el tiempo total por actividad en el lado izquierdo del recuadro que contiene las descripciones de las actividades.

Turno	480
Tiempo planificado	435
Paras no programadas	122
Producción real de cajas	2250
# Blisters por caja	10
Producción real de blisters	22500
Blisters dañados (g)	8,8
Peso de 1 Blister dañado (mg)	1512
# de blisters dañados	6
Tabletas dañadas (g)	21,35
Peso de 1 Tableta dañada (mg)	450
# de tabletas dañadas	48

DISPONIBILIDAD	72%
RENDIMIENTO	92%
CALIDAD	99,97%
OEE	66%

Luego se deberá ingresar los datos de las celdas en color amarillo, que fueron los recolectados en el formato manual. Se debe tomar en cuenta que, para los cálculos, el turno corresponde a un total de 8 horas (480min) sin embargo este puede ser cambiado dependiendo de decisiones de manejo de turnos por parte de la gerencia de la empresa. Luego de completarse todas las celdas, se calculará de forma inmediata la disponibilidad, rendimiento, calidad y finalmente el OEE, además de que también se generarán los diferentes gráficos de la plantilla.