

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

Reducción del tiempo promedio de generación del reporte de eficiencia  
general de los equipos

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

John Edison Campaña Martínez

Ricardo Fernando Medina Abarca

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2020

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mis padres porque me han motivado y apoyado incondicionalmente a cumplir todas las metas que me he propuesto. Son mi principal ejemplo de que con perseverancia y esfuerzo se logran grandes cosas.

John Campaña M.

## DEDICATORIA

Dedico este logro de manera especial a mi madre, por ser el motor de mi vida y brindarme siempre su apoyo incondicional en las metas que me he propuesto.

A mi tía María Luisa por guiarme, apoyarme, aconsejarme y motivarme durante este proceso educativo. Ambas mujeres a quienes admiro, respeto y amor, puesto que gracias a ellas me he convertido en un hombre de bien ante esta sociedad.

A mi tío Robert por ser un padre para mí, su compañía y apoyo constante ha sido infaltable en todo momento.

A mi enamorada Karla por creer en mí, por su paciencia, confianza y optimismo. Por enseñarme que para alcanzar las metas se debe tener perseverancia.

Todo esfuerzo tiene su recompensa, sé que el camino no fue fácil, pero valió la pena. Gracias a cada uno de ustedes por ser parte de mi vida.

Ricardo Medina A.

# AGRADECIMIENTOS

El punto de partida de todo logro, es desearlo.

Agradecemos a la ESPOL por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de pertenecer a esta prestigiosa Universidad, ya que graduarnos como politécnicos ha sido uno de nuestros mayores sueños.

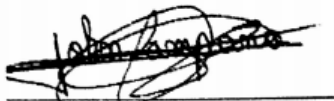
A nuestros profesores por sus enseñanzas y entrega en cada una de sus clases, inculcándonos aprendizajes significativos tanto para la vida profesional como laboral, haciéndonos ver cada día que estábamos en la carrera indicado.

También a nuestros seres queridos por ser parte de este proceso y brindarnos apoyo absoluto.

A cada uno de ustedes. ¡Muchas gracias!

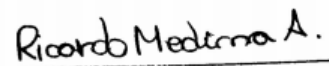
## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *John Edison Campaña Martínez* y *Ricardo Fernando Medina Abarco* 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”



**John Campaña M.**

**Autor 1**



**Ricardo Medina A.**

**Autor 2**

# EVALUADORES



JORGE -  
FERNANDO - ABAD -  
MORAN

---

**Jorge Abad M, Ph.D.**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**Kleber Barcia V, Ph.D.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto se llevó a cabo en una planta ubicada en Quevedo que procesa madera de balsa para obtener 3 productos que son bloques, paneles rígidos, paneles flexibles. Esta planta elabora un reporte del Overall Equipment Efficiency OEE, cuyo tiempo de generación en la actualidad es bastante elevado, esto ocasiona que exista un retraso en el análisis de las fallas o daños temporales o permanentes de un equipo.

Para disminuir este tiempo se aplicó la metodología DMAIC, que permite encontrar aquellas causas raíz que afectan directamente a la variable de respuesta. Se recolectó la información mediante reuniones con el personal de la empresa y se aplicó la técnica de lluvia de ideas en conjunto con los involucrados.

Una vez que se obtuvo el problema enfocado en la fase de medición, se procedió a realizar el análisis de las causas del problema. Primero se utilizó la “lluvia de ideas” con el Projec Head y el Coordinator Lean Manufacturing, para encontrar las posibles causas que afectan o impactan el tiempo de generación del reporte OEE.

Finalmente quedaron 3 causas, a las cuales se le aplicó la técnica del 5 ¿por qué? para obtener las causas raíces del problema, de donde se obtuvieron 4 soluciones que se colocaron en una matriz impacto-esfuerzo para evaluar la factibilidad de sus implementaciones. De las 4 soluciones propuestas 3 estuvieron dentro del rango que tienen un bajo esfuerzo y generan un gran impacto.

Las 3 soluciones fueron: 1) Creación de indicadores semiautomáticos en Excel; 2) Creación de una plantilla de reporte del OEE; 3) Desarrollo de instructivos de procedimientos. Al implementarlas dio como resultado una disminución en un 39.16% del tiempo de generación del reporte.

## **ABSTRACT**

*This project was carried out in a plant located in Quevedo that processes balsa wood to obtain 3 products that are blocks, rigid panels, flexible panels. This plant prepares an Overall Equipment Efficiency OEE report, whose generation time is currently quite high, this causes a delay in the analysis of temporary or permanent failures or damages of equipment.*

*In order to reduce this time, DMAIC methodology was applied, which allows finding those root causes that directly affect the response variable. The information was collected through meetings with workers of the company, and the brainstorming technique was applied in conjunction with those involved.*

*Once the problem in the measurement phase was obtained, the analysis of the causes of the problem was carried out. First, the “brainstorming” was used with the Project Head and the Lean Manufacturing Coordinator to find the possible causes that affect or impact the generation time of the OEE report.*

*Finally, there were 3 causes from which the '5 Why?' technique was applied to obtain the root causes of the problem, from which 4 obtained solutions were placed in an impact-effort matrix to evaluate the feasibility of their implementations. Of the 4 proposed solutions, 3 were within the range that has a low effort and generates a great impact.*

*The 3 solutions were: 1) Creation of semi-automatic indicators in Excel; 2) Creation of an OEE report template; 3) Development of procedural instructions. In their implementation, it resulted in a 39.16% decrease in the report generation time.*



# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción .....	1
1.1. Descripción del problema.....	2
1.1.1. Equipo de trabajo.....	4
1.1.2. Variables de interés .....	4
1.1.3. Alcance .....	5
1.1.4. Restricciones del proyecto.....	6
1.2. Justificación del problema .....	6
1.2.1. Triple línea base .....	7
1.2.2. Económico .....	7
1.2.3. Social.....	7
1.2.4. Ambiental.....	7
1.3. Objetivos .....	7
1.3.1. Objetivo general .....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. Marco teórico .....	7
1.4.1. Six sigma .....	7
1.4.2. Metodología DMAIC .....	8

1.4.3.	Define .....	8
1.4.4.	Medición .....	8
1.4.5.	La voz del cliente .....	8
1.4.6.	Estratificación .....	8
1.4.7.	Diagrama de Pareto.....	9
1.4.8.	Diagrama Causa-Efecto .....	9
1.4.9.	Mapa de flujo de valor .....	9
1.4.10.	Overall Equipment Efficiency .....	9
1.4.11.	ANOVA .....	9
1.4.12.	Revisión literaria .....	9
CAPÍTULO 2.....		11
2.	Metodología .....	11
2.1.	Definición .....	11
2.1.1.	Definición de variable de interés.....	11
2.1.2.	Medición .....	11
2.1.3.	Estratificación .....	11
2.1.4.	Problema enfocado .....	12
2.1.5.	Value Stream Mapping .....	12
2.1.6.	Plan de recolección de datos.....	13
2.1.7.	Verificación de datos .....	14
2.2.	Análisis.....	18
2.2.1	Análisis de causas.....	18
2.2.2	Plan de verificación de causas .....	22
2.2.3	Verificación de Causas.....	23
2.3.	Mejora .....	29
2.3.1.	Plan de implementación .....	31
2.3.2.	Descripción de las soluciones propuestas.....	32

2.3.3. Implementación .....	33
2.4. Control.....	40
CAPÍTULO 3.....	42
3. Resultados y análisis .....	42
CAPÍTULO 4.....	43
4. Conclusiones y recomendaciones .....	43
4.1. Conclusiones.....	43
4.2. Recomendaciones .....	43
BIBLIOGRAFÍA	

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
DMAIC	Definición, medición, análisis, Implementación y control
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output y Customer
CTQ	Critical to Quality
VSM	Value Stream Mapping
AV	Agrega Valor
NAV	No Agrega Valor
VOC	Voz del cliente
OEE	Overall Equipment Efficiency

# SIMBOLOGÍA

H.....Hora

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Gráfica del tiempo promedio de generación del reporte .....	3
Figura 1.2. Problema enfocado .....	3
Figura 1.3 Voz del cliente (VOC) .....	4
Figura 1.4 Árbol de variables críticas (CTQ).....	5
Figura 1.5 Diagrama SIPOC .....	6
Figura 2.1 Estratificación por actividades .....	12
Figura 2.2 Mapa de cadena de valor .....	13
Figura 2.3 Análisis estadístico entre los tiempos de recolección .....	15
Figura 2.4 Análisis estadístico entre los tiempos de traspasar información.....	16
Figura 2.5 Análisis estadístico entre los tiempos de analizar información .....	16
Figura 2.6 Envío de formatos .....	17
Figura 2.7 Confirmación para recolección de información.....	17
Figura 2.8 Reunión realizada con el Focus Group .....	18
Figura 2.9 Diagrama Ishikawa del problema enfocado.....	19
Figura 2.10 Diagrama de Pareto de las causas.....	21
Figura 2.11 Matriz Impacto-Control para definir posibles causas potenciales .....	21
Figura 2.12 Proceso de Análisis de información mejorado.....	24
Figura 2.13 Interval Plot de OTROS y Lean MANUFACTURING COORDINATOR .....	26
Figura 2.14 Análisis estadístico del tiempo de generación del reporte entre LEAN MANUFACTURING COORDINATOR y otras personas.....	26
Figura 2.15 Proceso de análisis de información actual vs mejorado .....	27
Figura 2.16 Proceso de análisis de información sin actividades repetitivas .....	28
Figura 2.17 Matriz Impacto-Esfuerzo de las causas priorizadas .....	30
Figura 2.18 Archivo base para análisis de información previo al reporte OEE .....	33
Figura 2.19 Gráfico de árbol de pérdidas generado a través de filtros .....	34
Figura 2.20 Shutdown generado a través de filtros .....	34

Figura 2.21 base de datos de comentarios.....	35
Figura 2.22 plantilla semiautomatizada con comentarios .....	35
Figura 2.23 Pasos 1 y 2 para ejecución del reporte semanal .....	36
Figura 2.24 Pasos 3, 4 y 5 para ejecución del reporte semanal .....	37
Figura 2.25 Paso 6 para ejecución del reporte semanal.....	38
Figura 2.26 Pasos 7,8,9 y 10 para ejecución del reporte semanal .....	39
Figura 2.27 Plan de reacción para levantamiento del proceso .....	41
Figura 3.1 Análisis estadístico entre datos obtenidos mediante la implemetación, y los datos obtenidos al inicio del proyecto .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	13
Tabla 2.2 Formato de recolección de datos.....	14
Tabla 2.3 Ponderación de las causas según los niveles de relación.....	19
Tabla 2.4 Clasificación de las causas por peso de impacto.....	20
Tabla 2.5 Plan de Verificación de las causas.....	22
Tabla 2.6 Tiempo de las actividades de procesos de análisis de información actual y mejorado.....	23
Tabla 2.7 Tiempo de generación del reporte OEE.....	25
Tabla 2.8 Análisis del 5 ¿Por qué?, con sus respectivas causas raíz.....	29
Tabla 2.9 Estimación de costos iniciales.....	30
Tabla 2.10 Análisis final de costos.....	31
Tabla 2.11 Plan de implementación de las soluciones propuestas.....	31
Tabla 2.12 Plan de control para levantamiento del proceso.....	40



# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La balsa es enviada desde las plantaciones como trozas y listones de madera liviana. Sin embargo, realizan compras a terceros de listones más pesados, conocidos como madera verde y madera seca, ya que permite compensar las densidades al procesar un bloque en el área de taller y encolaje, el cual es exportado ya sea vía aérea o marítima a China.

Aquellos bloques que no han sido exportados, son procesados en el área de D100 para transformarse en paneles rígidos. Posterior a eso, pasan al área de CK en donde ingresan estos paneles para convertirse en paneles flexibles, los cuales son empacados y embalados según el diseño de carga en el área de embarque, para su exportación a Estados Unidos, Suiza, Francia, China, entre otros clientes.

La empresa tiene tres productos finales que son: bloques de balsa, paneles rígidos y paneles flexibles, como se mencionó anteriormente. El producto con mayor frecuencia es panel flexible, con menor frecuencia y no menos importante está el panel rígido y, por último, los bloques.

Tanto el área de D100 como CK, tienen dos líneas de producción, en una línea procesan espesores gruesos y en la otra línea, espesores finos. También, son las líneas que más agregan valor al producto final, por lo que es importante medir los resultados de cada máquina, de cada persona y del producto como tal. Cabe recalcar, en bloques se procesan diferentes calidades, así mismo, los paneles tienen distintos espesores. Lo que conlleva a realizar mayores paradas programadas y no programadas, y al ser un proceso manual, genera problemas al realizar el reporte de OEE, por su tiempo y por calidad de información, ya que varias personas intervienen en la recolección de información y en la obtención del informe.

El propósito de este proyecto es disminuir el tiempo de generación del reporte OEE. Además de mejorar el tiempo de toma de decisiones preventivas en la línea D100, con

el fin de mejorar la producción diaria, mejorar el proceso de recolección de datos y el análisis de la información.

### **1.1. Descripción del problema**

La empresa Good Lumber, nombre ficticio asignado para proteger la confidencialidad de la información obtenida, tiene a varios colaboradores levantando la información, generando el reporte y el informe para presentar indicadores de OEE semanales. Dado esto, los reportes presentados por cada persona son diferentes en contenido abarcado, calidad de información y tiempo invertido.

Al desarrollar el presente proyecto, se observa que el tiempo al realizar la medición y la generación del reporte OEE es alto, debido a la forma en como se elabora. Actualmente este tiempo no está registrado, pero basado en el juicio de expertos, este tiempo se ve afectado por la cantidad de veces que lo hace una persona.

Si es una persona que lo realiza por primera vez, normalmente puede tardar un día de jornada laboral, o incluso hasta más, dependiendo de las habilidades de la persona. En cambio, si es una persona que lleva realizándolo varios meses, le puede tomar entre 3 a 4 horas.

Como no existe datos históricos del problema mencionado en párrafos anteriores, se tomó datos cada semana desde mayo, y de esta manera, se obtuvo un tiempo promedio semanal de 6.66 horas como se logra apreciar en la figura 1.1. Cabe recalcar, que en el mejor de los escenarios el tiempo invertido es de 5 horas, y en el peor escenario es de 7.65 horas.

Tiempo empleado por semana para la generación del reporte OEE

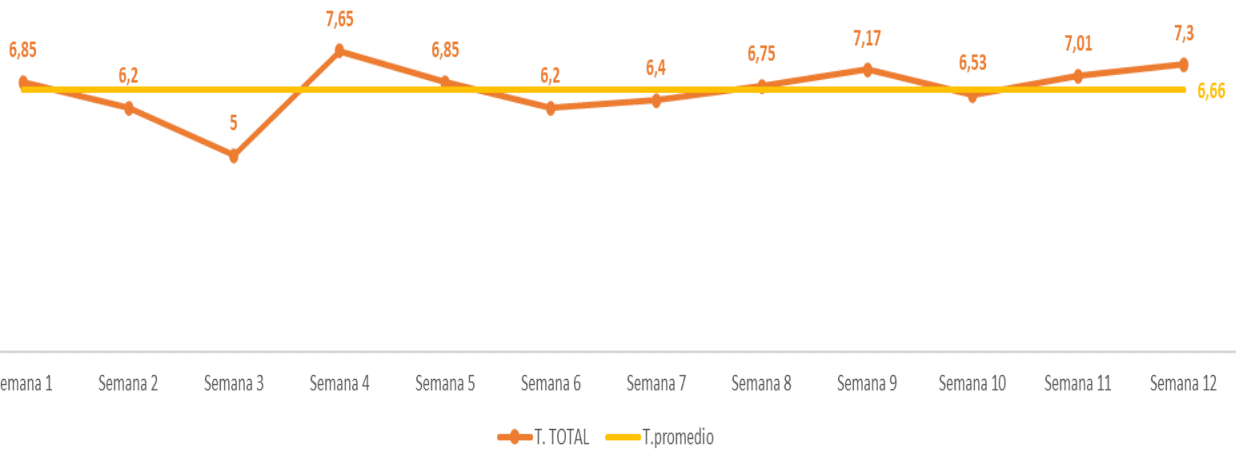


Figura 1.1 Gráfica del tiempo promedio de generación del reporte

[Fuente: Autores del Proyecto]

Con los datos mostrados en la figura 1.1 y con la herramienta 3W+2H implementada en la figura 1.2 se plantea el problema enfocado definido de la siguiente manera:

Según los datos proporcionados desde mayo de 2020, se genera un informe OEE semanalmente en la planta de Quevedo, que demora 6.66 horas en promedio, mientras que la compañía espera obtener 5 horas en las peor de los casos.

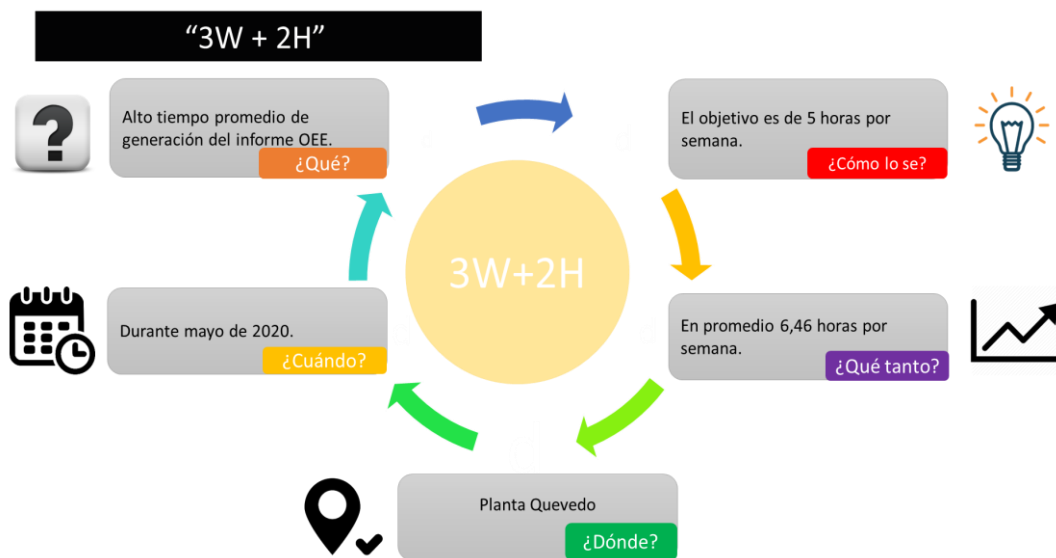


Figura 1.2. Problema enfocado

[Fuente: Autores del Proyecto]

### 1.1.1. Equipo de trabajo

Para lograr el éxito del proyecto es importante que se defina el equipo de trabajo de analistas, usuarios y clientes por parte de la empresa que son el coordinador manufactura esbelta y jefe de proyectos.

### 1.1.2. Variables de interés

Se utilizó la herramienta VOC debido a que permite identificar los hallazgos del problema planteado como se muestra en la figura 1.3. Se llevó a cabo reuniones con los encargados de la recolección de datos y con los analistas, para ampliar la visión del problema.

Los hallazgos encontrados son los siguientes:

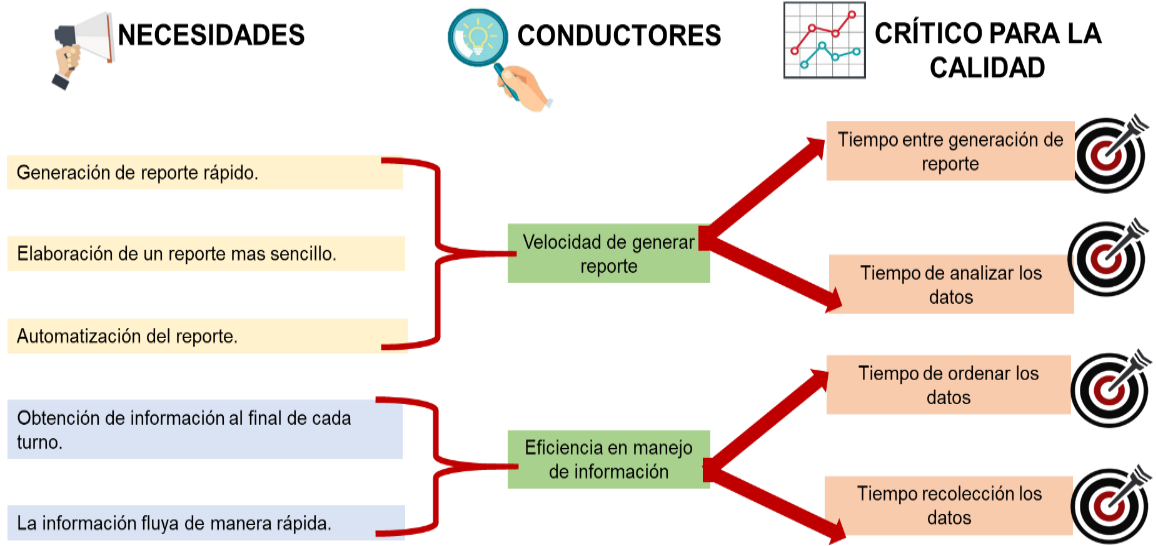
- Se espera que el reporte sea semanal para tomar medidas preventivas.
- Alto tiempo para generar el reporte.
- Complejidad del reporte.
- Envío de diferentes reportes con la misma información.
- Solo una persona conoce como hacer el reporte.
- Solo una persona tiene destreza para realizar el reporte.
- Acumulación de información diaria para generar el reporte semanal.



**Figura 1.3 Voz del cliente (VOC)**

[Fuente: Autores del Proyecto]

Por medio del árbol de variables críticas para la calidad o CTQ se transformó los hallazgos encontrados en necesidades, luego en conductores, para finalmente en variables medibles del problema, como se evidencia en la figura 1.4.



**Figura 1.4** Árbol de variables críticas (CTQ)

[Fuente: Autores del Proyecto]

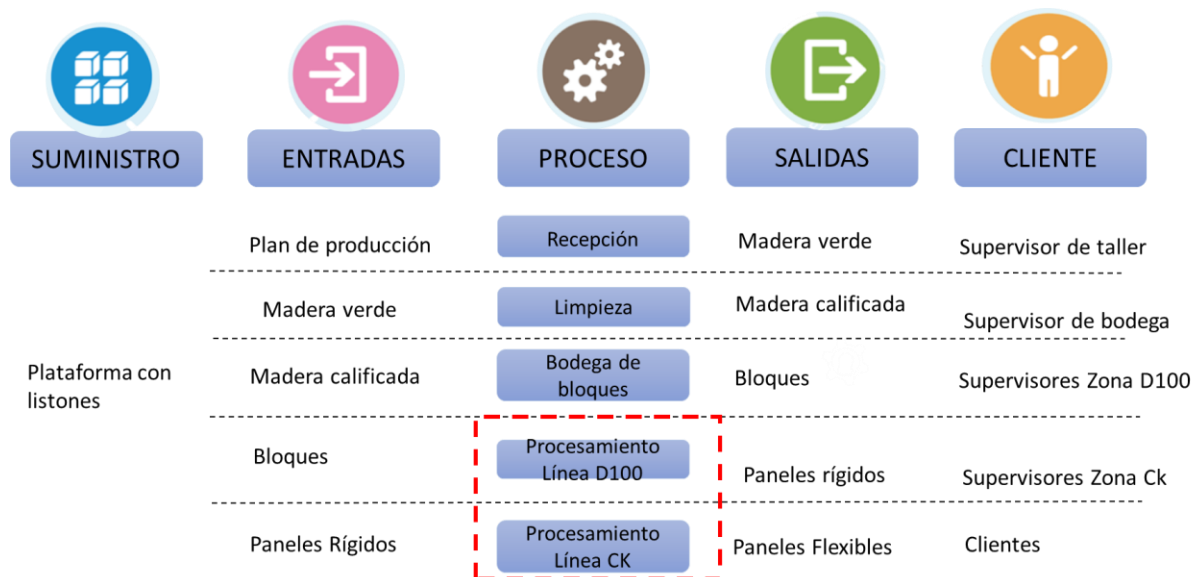
**1.1.3. Alcance**

Con el propósito de tener una visión macro del proceso y delimitando desde las entradas y las salidas se emplea la herramienta SIPOC, conocida con las siglas correspondientes a Supplier Inputs, Process, Outputs y Customer; la cual sirve para caracterizar un proceso.

En la figura 1.5 se visualiza que el SIPOC establece un entorno detallado del proceso. El cual inicia con la llegada de las plataformas o camiones con listones provenientes de las plantaciones. Luego se verifica el plan de producción para saber la cantidad de listones que debe receptor el supervisor del taller, para proceder a limpiarla, secarla y almacenarla para su posterior proceso en el área de taller, en donde el supervisor debe monitorear el corte y lijado en el espesor y largo del listón, para pasar al área de encolaje, en donde se compacta el bloque con una goma. Los bloques pasan a una bodega para enfriarse y posterior a eso, según la planificación el supervisor indica procesar los bloques por calidades en el área de D100, el cual pasa por diferentes máquinas de corte y lijado hasta obtener paneles rígidos. Estos paneles rígidos pasan a unos racks de almacenamiento por espesores. Por consiguiente, en el área de CK se coloca una goma,

fibra de vidrio y al realizar cortes verticales y horizontales en las diferentes máquinas se transforma en paneles flexibles.

La finalidad de este proyecto es enfocarse en las líneas de producción D100 y CK, como se mencionó anteriormente, es lo que más agrega valor al producto, en donde se realiza un reporte de OEE más detallado y son varias personas las que intervienen en esta medición.



**Figura 1.5 Diagrama SIPOC**

[Fuente: Autores del Proyecto]

#### 1.1.4. Restricciones del proyecto

Las restricciones del proyecto son las siguientes:

- La implementación de un sistema automatizado para el registro no está permitida, la empresa no está dispuesta a gastar en un software para la elaboración del reporte, ya que consideran que con una menor inversión se puede solucionar este problema.
- Recursos limitados en tiempo del personal para elaborar el reporte del OEE diario.

#### 1.2. Justificación del problema

Actualmente, la fábrica consume mucho tiempo en la generación del reporte OEE, y no logra tomar acciones preventivas a su debido tiempo porque solo una persona puede

analizar el reporte y explicarlo, y en consecuencia se presentan costos por pérdida de producción y tiempo operativo perdido.

Es indispensable tener esta información a tiempo para tomar decisiones, acciones con el fin de mejorar la eficiencia y la productividad de las líneas.

### **1.2.1. Triple línea base**

Se toma en cuenta la triple línea base, debido a que permite medir los indicadores de sostenibilidad que se relacionan directamente con el proyecto. Los cuales se detallan a continuación:

#### **1.2.2. Económico**

- Reducir el tiempo de entrega en el reporte de OEE.

#### **1.2.3. Social**

- Trabajo más ergonómico.

#### **1.2.4. Ambiental**

- Disminución del desperdicio.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Reducir el tiempo promedio de generación del informe OEE en un 24.92%, tomando en cuenta la brecha entre el tiempo promedio de 6.66 horas y el mejor de los casos de 5 horas, en el mediano plazo.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Reducir el tiempo de tomar acciones preventivas.
- Mejorar el proceso de recopilación y análisis de información.

## **1.4. Marco teórico**

### **1.4.1. Six sigma**

Es una metodología que impulsa a comprender cada uno de los procesos que componen a una empresa, sea de manufactura o servicios, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos de los clientes internos y externos; permitiendo satisfacer aquellas

necesidades realizando mejoras sistemáticas y continuas, con la colaboración de todas las personas involucradas en el proceso (Miranda L. N., 2006; Allen, 2006).

#### **1.4.2. Metodología DMAIC**

Es una metodología de mejoramiento continuo, aplicada en empresas diversificadas que consta de cinco fases que son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. La cual permite que el proceso este control, reduciendo la variabilidad, las fallas de una máquina, los desperdicios y actividades que no agregan valor en un proceso y la frecuencia con la que se producen los defectos (Shankar, 2009; Sokovi, Pavletic, & Kern Pipan, 2010; Quick, 2019).

#### **1.4.3. Define**

En esta fase es clave identificar los procesos y los clientes, y cuales son sus requerimientos acerca del producto o servicio. Definir los objetivos y alcance del proyecto y de esta manera conocer en que se centrará el equipo durante la ejecución del proyecto (Carroll, 2013).

#### **1.4.4. Medición**

Permite conocer donde ocurren los problemas y que personas están involucradas. Además, se realiza un análisis detallado de la recolección de datos por medio de un formato implementado para su posterior verificación (Coleman, 2013).

#### **1.4.5. La voz del cliente**

Es una herramienta que permite conocer lo que quiere, necesita, demanda, requiere, desea, espera, el cliente con relación al producto o servicio que ofrece una empresa (Membrado, 2013; Grotz, 2016).

#### **1.4.6. Estratificación**

En la estratificación se separa el proceso por categorías para reducir la variación de los datos y enfocarse en los factores que se creen que influyen en las fallas de procesos (Kumar, 2006).



#### **1.4.7. Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es la primera herramienta que podría tomarse en cuenta para realizar mejoras, debido a que ayuda a priorizar los defectos más significativos por medio de la regla 80/20, permitiendo analizar y concentrarse en lo más importante (Galgano, 1995; Luceño & González, 2004; López, 2016).

#### **1.4.8. Diagrama Causa-Efecto**

El diagrama de causa-efecto o también conocido como diagrama de Ishikawa, es un instrumento de especial utilidad para la búsqueda de un método gráfico; por el cual se representa y analiza el nexo entre un problema que sería su efecto y sus posibles causas (Miranda, Chamorro, & Rubio, 2007; Guajardo, 2008; Pulido, 2010).

#### **1.4.9. Mapa de flujo de valor**

Es un mapa que considera todos los procesos de gestión y producción, desde la llegada de la materia prima hasta la entrega del producto final a los clientes. Es importante, debido a que permite visualizar y entender cada uno de estos procesos, e identificar las actividades que agregan y no agregan valor (Hines, Rich, & Essain, 1999; Smith, 2017).

#### **1.4.10. Overall Equipment Efficiency**

Es una medida importante que indica el tiempo productivo de una máquina, la cantidad de productos en buen estado y cuanto es el rendimiento de una persona al procesar los productos en un intervalo de tiempo. Estas mediciones permiten buscar las fallas para mejorar la efectividad de los equipos (Productivity Press Development Team, 1999).

#### **1.4.11. ANOVA**

Es un análisis que sirve para mostrar si existe diferencia entre las medias de dos muestras diferentes, mediante el valor p del resultado (Minitab, 2019).

#### **1.4.12. Revisión literaria**

La revisión literaria se la realizó de artículos científicos relacionados con toma de tiempos de OEE.

Puvanasvaran, Mei, & Alagendran (2013), en su artículo "Overall Equipment Efficiency Improvement Using Time Study in an Aerospace Industry" trata del estudio de tiempos,

principalmente con cronómetros y la técnica MOST, para identificar actividades que agregan y no agregan valor. El fin de la medición es obtener datos confiables para la medición del OEE e identificar las posibles causas de pérdidas.

Las mejoras se centraron en la parte de configuración, con la implementación de SMED, Balanceo de línea, y análisis de desperdicio de movimientos que se identificó con la técnica de MOST, y se desarrolla un análisis PERT para identificar la ruta crítica y equilibrar la secuencia de actividades.

Heng, Aiping, Liyun, & Moroni (2019), en su artículo “Automatic Estimate of OEE Considering Uncertainty”, estudia la dificultad y los factores críticos al momento de medir automáticamente el OEE, mediante los métodos de aritmética difusa e intervalos, enfocándose principalmente en la incertidumbre de la duración de las paradas. Estos métodos permiten mejorar la medición del tiempo que se realiza de forma manual de tal manera que exista menos errores en la medición del OEE.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para resolver el problema planteado en el capítulo anterior, se recurre a la metodología DMAIC, la cual está formada por cinco pasos que son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, la cual se define en la sección 1.4.2.

### 2.1. Definición

En la etapa de definición se buscó cuales eran aquellas necesidades que tienen los clientes y usuarios para tomar decisiones estratégicas a tiempo por medio de la lista de hallazgos que ellos brindaron. Lo cual permitió definir objetivos, alcances y restricciones que pudiera afectar los resultados a lo largo del proyecto.

#### 2.1.1. Definición de variable de interés

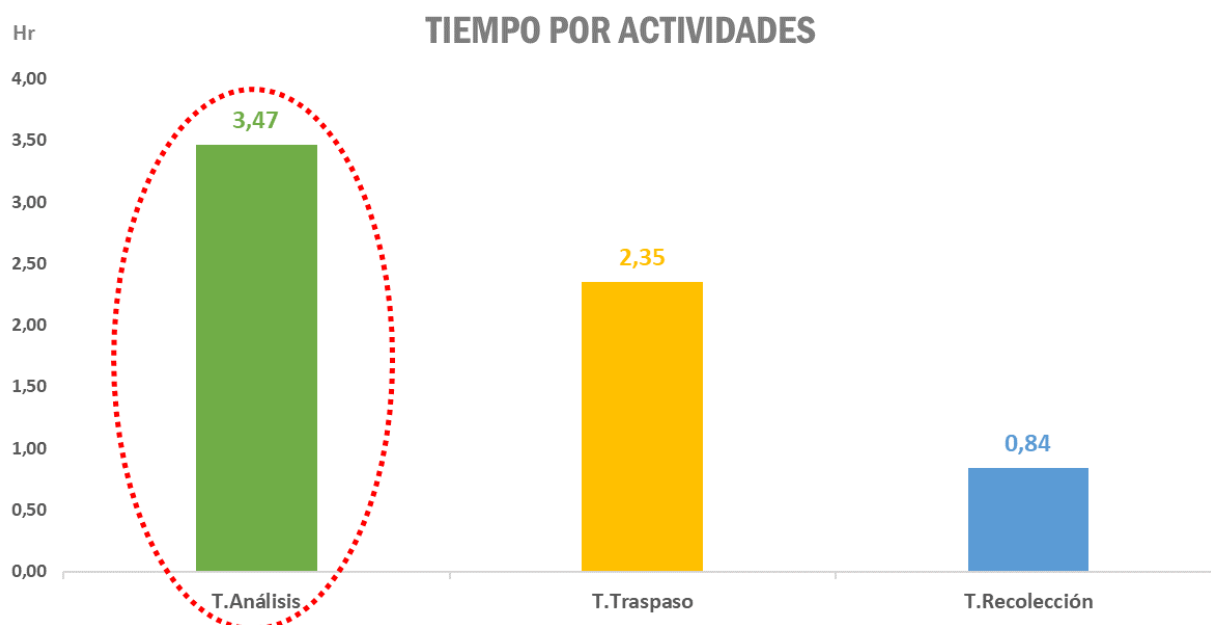
Al escuchar los puntos de vistas de los stakeholders, los cuales están involucrados en la medición y análisis del reporte de OEE, se tradujeron a variables de criticidad (figura 1.4) identificando aquel indicador más crítico y convertirlo en la variable de respuesta, la cual se identificará como Y. Esta variable es la que se medirá y analizará a lo largo del proyecto.

#### 2.1.2. Medición

Con el objetivo de obtener un enfoque más específico del proyecto, se realizó la estratificación de los datos para reducir la complejidad y tiempo en el análisis.

#### 2.1.3. Estratificación

La variable de respuesta está compuesta por tres actividades con un tiempo asignado a cada una de ellas, la estratificación que se realizó fue de acuerdo con la actividad con mayor tiempo como se ve en la figura 2.1, por consecuente es su cuello de botella la cual representa un 50.9% de del tiempo de generación del reporte.



**Figura 2.1 Estratificación por actividades**

[Fuente: Autores del Proyecto]

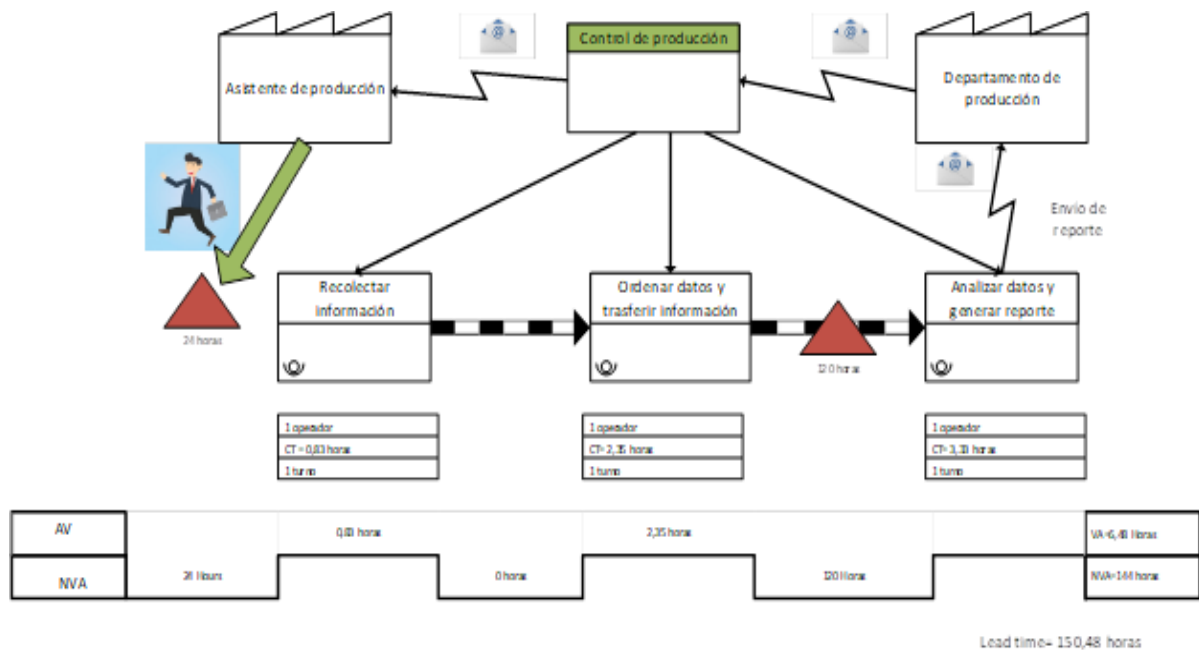
#### **2.1.4. Problema enfocado**

Gracias a este análisis se obtuvo el problema enfocado de la siguiente manera: Según los datos proporcionados hasta mayo de 2020, se genera un informe OEE semanalmente en la planta de Quevedo, el tiempo crítico son "Tiempo para analizar los datos" que es 3.47 horas en promedio, mientras que la compañía ha tomado datos de 2 y horas.

#### **2.1.5. Value Stream Mapping**

El mapa de cadena de valor es una herramienta que permite representar gráficamente el estado actual del sistema de producción, con el propósito de identificar cuellos de botellas, fabricas ocultas, actividades que agregan y no agregan valor, por consiguiente, visualizar el flujo de materiales e información.

En la figura 2.2 se observa que el cuello de botella es el tiempo de analizar y el tiempo de recolectar información, siendo estas las actividades que tienen mayor tiempo en el proceso de generación del reporte. Además, se encontró una fábrica oculta que es el tiempo de permanencia en el buzón, siendo este un tiempo que impacta negativamente en la variable de respuesta. Lo que conlleva a tener un lead time del reporte es de 150,48 horas.



**Figura 2.2 Mapa de cadena de valor**

[Fuente: Autores del Proyecto]

### 2.1.6. Plan de recolección de datos

Se realizó un plan de recolección de datos donde se encuentran todas las variables de interés que afectan el tiempo de generación del reporte, así mismo, identificar las unidades de medidas y porque razón es importante medirla, es decir, en que contribuyen y como se lo realizará. (Ver tabla 2.1).

**Tabla 2.1 Plan de recolección de datos**

Variable a ser medida	Unidad de medida	¿Por qué medir esta variable?	¿Cómo medir esta variable?
Tiempo de recolección de información.	Hora	Esto permite determinar el tiempo que toma recolectar la información para generar el reporte	Estudio de tiempos / Analisis estadístico
Tiempo de traspaso de datos.	Hora	Esto permite determinar el tiempo que toma traspasar la información de los reports a excel	Estudio de tiempos
Tiempo de analizar datos.	Hora	Esto permite determinar el tiempo que toma analizar los datos para generar el reporte.	Estudio de tiempos
Distancia recorrida para recolectar información.	Metros	Esto permite determinar la distancia que recorre el operador para obtener la información	Gemba
Tiempo de reposo en el buzón de datos.	Tiempo	Esto permite determinar el tiempo que permanece los datos en el buzón	Estudio de tiempos
Número de veces que se recoge la información.	Unidades	Esto permite determinar el número de veces que el operario recoge la información a la semana.	Estudio de tiempos
Distancia recorrida desde el puesto de trabajo hasta el buzón.	Metros	Esto permite determinar la distancia que recorre el operador para obtener la información	Gemba

[Fuente: Autores del Proyecto]

### 2.1.7. Verificación de datos

Para la validación de la información proporcionada, se procedió a implementar formatos para verificar su confiabilidad. Además, se elaboraron formatos para la toma de tiempos que influyen en la generación del reporte OEE, como se muestra en la tabla.

**Tabla 2.2 Formato de recolección de datos**

TIEMPO DE RECOLECTAR							
FECHA	SEMANA	NOMBRE	REVISIÓN/TIEMPO			NÚMERO DE VECES QUE RECOGE INFORMACION AL DIA	OBSERVACIONES
			DESDE	HASTA	TOTAL		

TIEMPO DE TRASPASO DE INFORMACIÓN						
FECHA	SEMANA	NOMBRE	REVISIÓN/TIEMPO			OBSERVACIONES
			DESDE	HASTA	TOTAL	

TIEMPO DE ANALIZAR						
FECHA	SEMANA	NOMBRE	REVISIÓN/TIEMPO			OBSERVACIONES
			DESDE	HASTA	TOTAL	

TIEMPO DE REPOSO EN EL BUZÓN DE DATOS						
FECHA	SEMANA	NOMBRE	REVISIÓN/TIEMPO			OBSERVACIONES
			DESDE	HASTA	TOTAL	

[Fuente: Autores del Proyecto]

La distancia recorrida para recolectar la información es un dato único, proporcionado por la empresa ya que realizaron la medición de la distancia y nos facilitaron el dato, que es 10 metros . Asi mismo, la distancia recorrida del puesto del trabajo hacia el buzón es un dato único, y fue facilitado por parte de la empresa que es 15 metros.

Posterior a esto, se realizó un análisis estadístico que permitió comparar los datos que se recolectaron desde mayo del presente año con aquellos adquiridos mediante los formatos, con la finalidad de verificar si existía diferencia significativa entre estos.

En la figura 2.3 se puede evidenciar el resultado del análisis estadístico realizado entre los datos recolectados de los tiempos de recolección mediante los formatos y los datos históricos, se puede concluir que no hay una diferencia significativa entre estos.

```

Null hypothesis      All means are equal
Alternative hypothesis  At least one mean is different
Significance level    $\alpha = 0,05$ 

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor  Levels  Values
Factor      2  T. recolectar inf. formatos; T.recolectar inf. antiguos

Analysis of Variance

Source  DF    Adj SS    Adj MS  F-Value  P-Value
Factor   1  0,004408  0,004408    0,46    0,511
Error   10  0,095083  0,009508
Total   11  0,099492

```

**Figura 2.3 Análisis estadístico entre los tiempos de recolección**

[Fuente: Autores del Proyecto]

En la figura 2.4 se puede evidenciar el resultado del análisis estadístico realizado entre los datos recolectados de los tiempos de traspasar información mediante los formatos y los datos históricos, se puede concluir que no hay una diferencia significativa entre estos.

```

Null hypothesis      All means are equal
Alternative hypothesis  At least one mean is different
Significance level     $\alpha = 0,05$ 

```

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

```

Factor  Levels  Values
Factor      2  Tiempo de traspasar informaci3; Tiempo de traspasar informac_1

```

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	0,05333	0,05333	3,65	0,085
Error	10	0,14603	0,01460		
Total	11	0,19937			

**Figura 2.4 Análisis estadístico entre los tiempos de traspasar información**

[Fuente: Autores del Proyecto]

En la figura 2.5 se puede evidenciar el resultado del análisis estadístico realizado entre los datos recolectados de los tiempos de analizar información mediante los formatos y los datos históricos, se puede concluir que no hay una diferencia significativa entre estos.

#### Factor Information

```

Factor  Levels  Values
Factor      2  T. analizar datos(formatos); T. analizar datos( antiguos)

```

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	0,01470	0,01470	0,25	0,629
Error	10	0,59327	0,05933		
Total	11	0,60797			

#### Model Summary

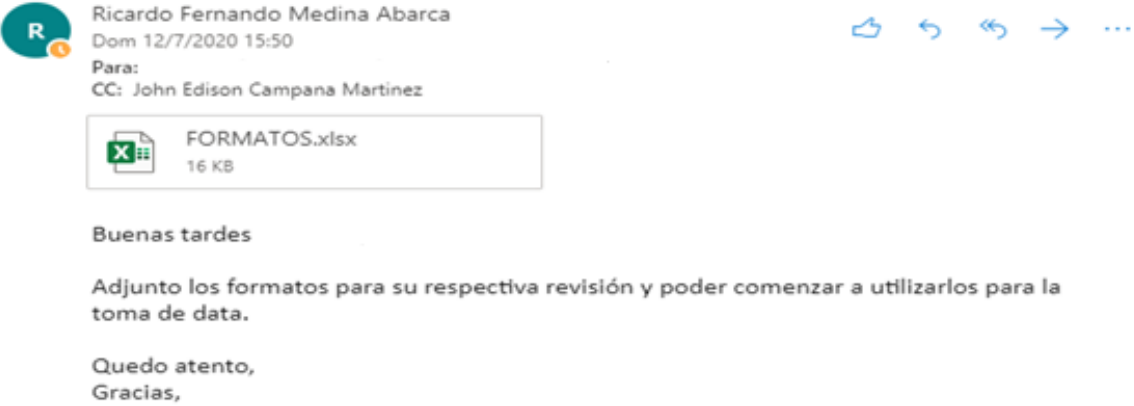
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,243571	2,42%	0,00%	0,00%

**Figura 2.5 Análisis estadístico entre los tiempos de analizar información**

[Fuente: Autores del Proyecto]



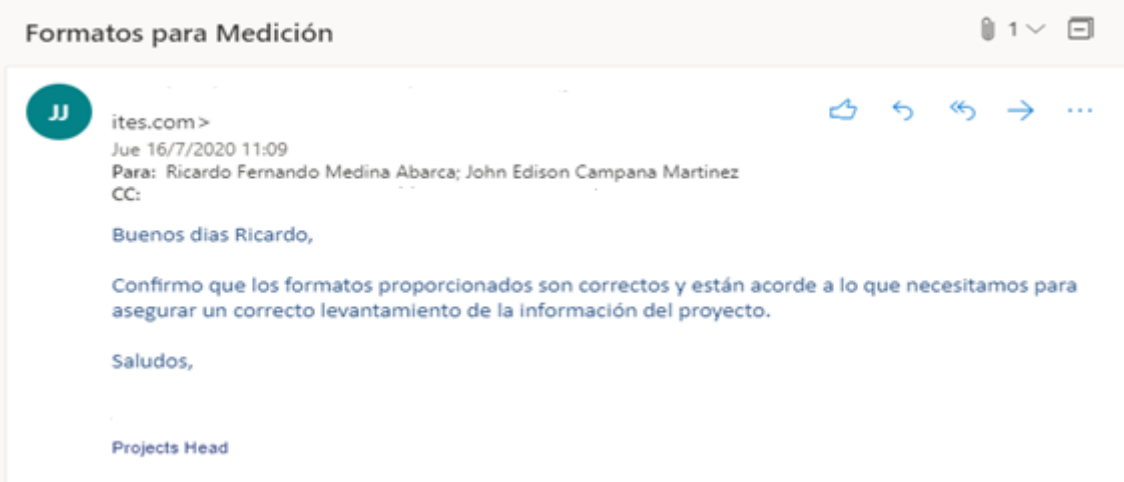
Como evidencia, en la figura 2.6 y 2.7 se exhibe que el Jefe de Proyectos facilitó y gestionó la recolección de información con los formatos establecidos. Esta solicitud se realizó mediante correo electrónico.



**Figura 2.6 Envío de formatos**

[Fuente: Autores del Proyecto]

En la figura 2.7 se indica que los formatos son correctos para asegurar un efectivo levantamiento de información.



**Figura 2.7 Confirmación para recolección de información**

[Fuente: Autores del Proyecto]

## 2.2. Análisis

Una vez que se obtuvo el problema enfocado en la fase de medición, se procedió a realizar el análisis de las causas del problema. Primero se utilizó la “lluvia de ideas” con el Projec Head y el Coordinator Lean Manufacturing, para encontrar las posibles causas que afectan o impactan el tiempo de generación del reporte OEE y posteriormente verificar las causas que son influyentes y determinar las causas raíz por medio de la herramienta 5 ¿Por qué?

### 2.2.1 Análisis de causas

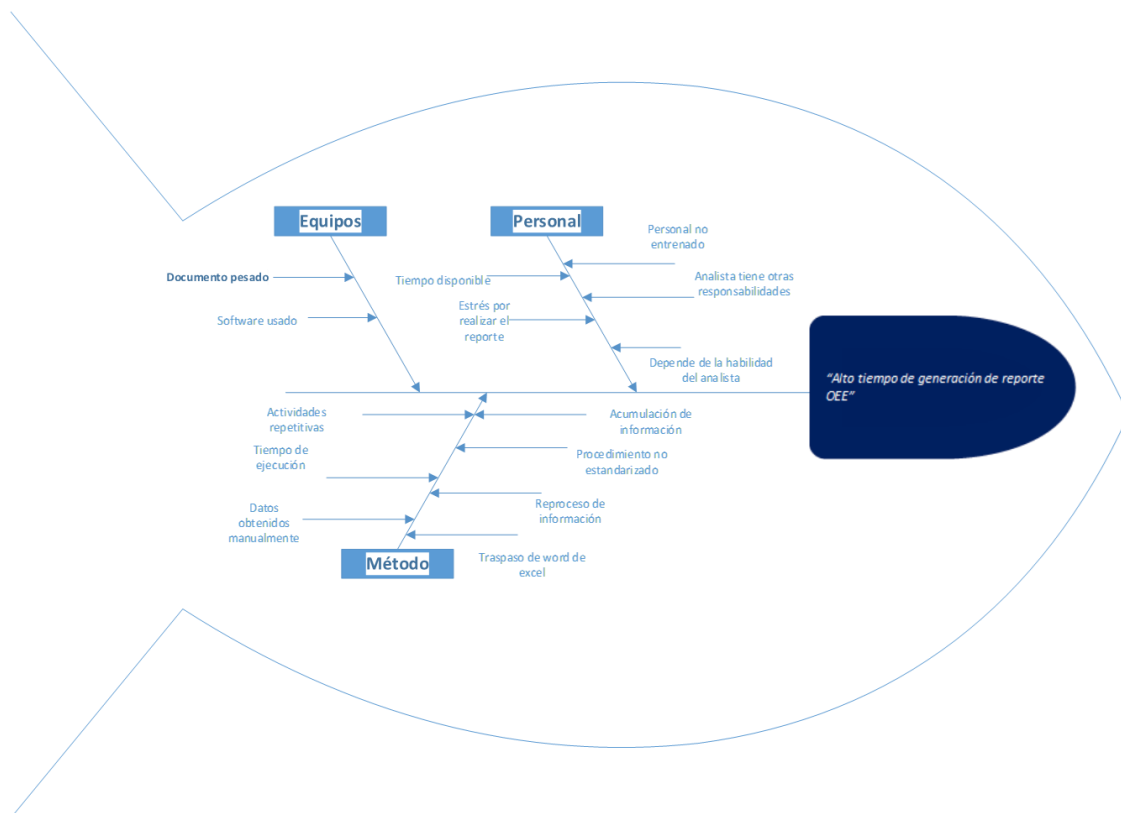
Para obtener las diferentes causas que afectan al problema se realizaron reuniones con los involucrados en el proceso. En la figura 2.8 se puede observar una de las reuniones realizadas con el Focus Group.



**Figura 2.8 Reunión realizada con el Focus Group**

[Fuente: Autores del Proyecto]

A partir de la información recolectada, se procedió a realizar un Diagrama Ishikawa con respecto al problema enfocado, mismo que se representa en la figura 2.9



**Figura 2.9 Diagrama Ishikawa del problema enfocado**

[Fuente: Autores del Proyecto]

Se realizó una priorización de las causas con respecto al impacto que podrían tener en el tiempo de generación del reporte OEE, para ello el personal calificó, con niveles de relación, cada una de las causas que salieron en el Diagrama Ishikawa. La ponderación fue realizada según la tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Ponderación de las causas según los niveles de relación**

Ponderación	
Menor impacto	1
Medio impacto	3
Alto impacto	9

[Fuente: Autores del Proyecto]

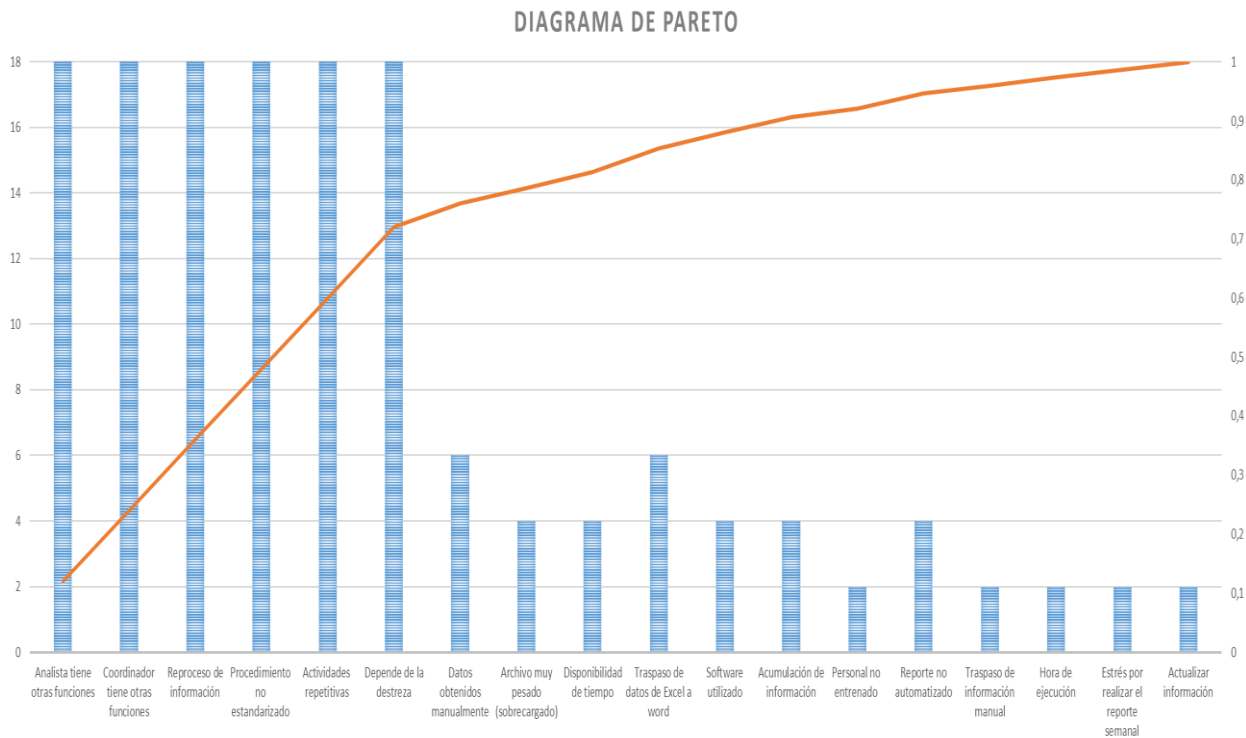
Del diagrama Ishikawa se obtuvo un total de 18 causas, las cuales fueron calificadas con el Project Head y Lean Manufacturing Coordinator, estas se muestran ordenadas de mayor a menor impacto en la tabla 2.4. Posteriormente se escogieron las causas potenciales, realizándose un Diagrama de Pareto para priorizarlas.

**Tabla 2.4 Clasificación de las causas por peso de impacto**

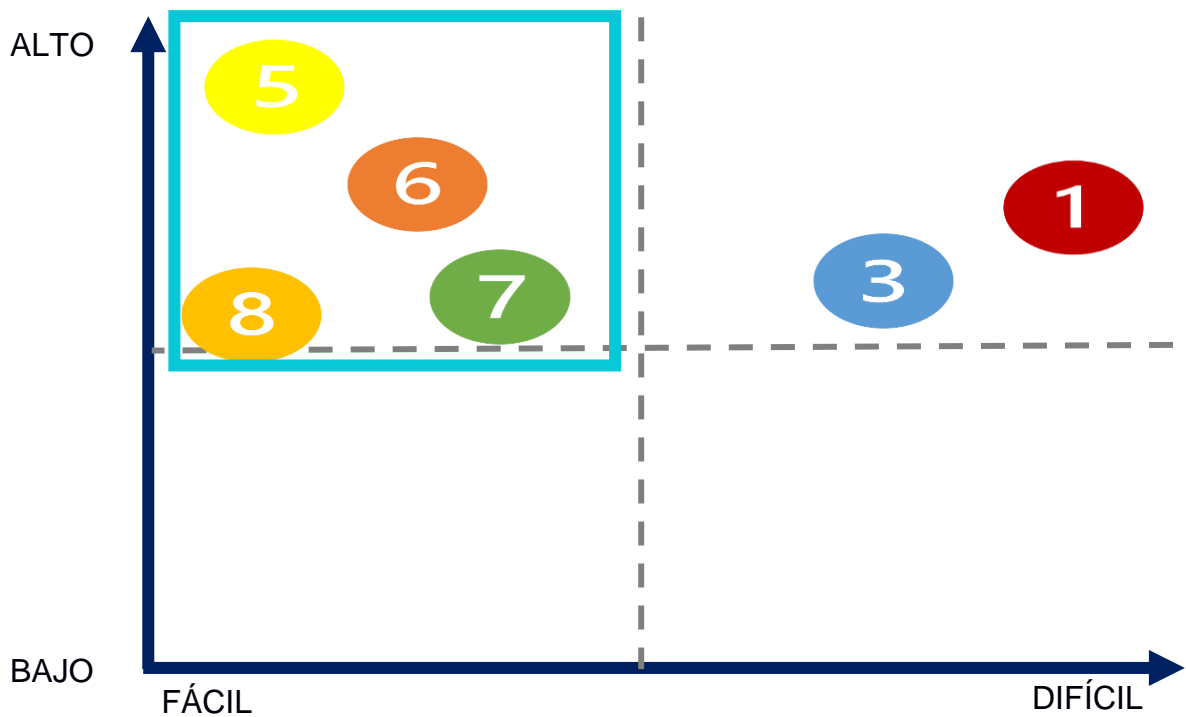
#	CAUSAS	PESO DE IMPACTO		TOTAL
		LEAN MANUFACTURING COORDINATOR	PROJECT HEAD	
1	Analista tiene otras funciones	9	9	18
3	Coordinador tiene otras funciones	9	9	18
6	Reproceso de información	9	9	18
5	Procedimiento no estandarizado	9	9	18
8	Actividades repetitivas	9	9	18
7	Depende de la destreza	9	9	18
2	Datos obtenidos manualmente	3	3	6
12	Archivo muy pesado (sobrecargado)	3	1	4
11	Disponibilidad de tiempo	3	1	4
10	Traspaso de datos de Excel a word	3	3	6
9	Software utilizado	3	1	4
18	Acumulación de información	1	3	4
13	Personal no entrenado	1	1	2
17	Reporte no automatizado	1	3	4
14	Traspaso de información manual	1	1	2
4	Hora de ejecución	1	1	2
15	Estrés por realizar el reporte semanal	1	1	2
16	Actualizar información	1	1	2

[Fuente: Autores del Proyecto]

A partir de esta matriz (tabla 2.4) y con el fin de priorizar las causas, se realizó el Diagrama de Pareto, mostrado en la figura 2.10 A continuación, se utilizó la Matriz Impacto-Control para definir posibles causas potenciales, tal como se muestra en la figura 2.11



**Figura 2.10 Diagrama de Pareto de las causas**  
[Fuente: Autores del Proyecto]



**Figura 2.11 Matriz Impacto-Control para definir posibles causas potenciales**  
[Fuente: Autores del Proyecto]

Las causas que fueron escogidas como posibles potenciales, de acuerdo con la matriz Impacto-Control de la figura 2.11, son las siguientes:

- Reproceso de información
- Acumulación de información
- Procedimiento no estandarizado
- Actividades repetitivas

Posterior a esta selección, se procedió a analizar cada una de ellas con el uso de herramientas como GEMBA, análisis estadístico.

### 2.2.2 Plan de verificación de causas

A partir de la priorización de causas, se realizó el Plan de Verificación, el cual se detalla en la tabla 2.5.

**Tabla 2.5 Plan de Verificación de las causas**

#	Causas	Teoría de Impacto	¿Cómo verifico?
6	Reproceso de información	La misma información se reúsa, afectando el tiempo de generación del reporte OEE.	Medición indirecta
7	Acumulación de información	La información se acumula por día, afectando el tiempo de generación del reporte OEE.	Análisis estadístico
5	Procedimiento no estandarizado	No existe un procedimiento a seguir , afectando el tiempo de generación del OEE.	Medición indirecta
8	Actividades repetitivas	Al tener muchas actividades repetitivas el tiempo de generar el reporte del OEE se extiende.	Medición indirecta

[Fuente: Autores del Proyecto]

### 2.2.3 Verificación de Causas

Luego de tener el Plan de Verificación de Causas, se procede a realizar la verificación de cada una; es decir, si es influyente o no lo es.

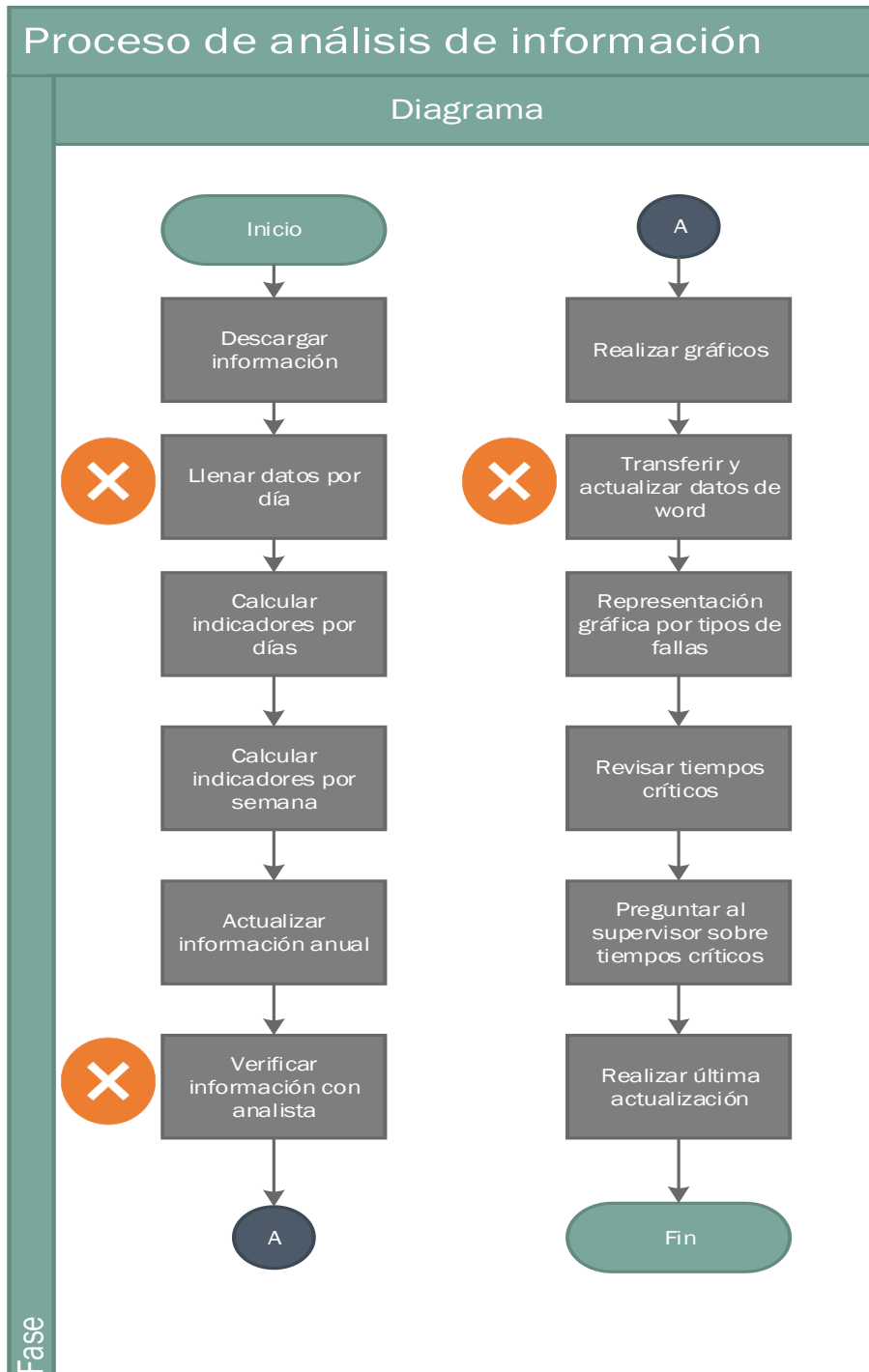
#### Causa 1: Reproceso de información.

El análisis fue realizado a través de la medición indirecta. Para comprobar si la causa es influyente se realizó una comparación de las actividades entre el proceso de análisis de información actual y mejorado. En la tabla 2.6 se muestra la diferencia de tiempo entre los procesos y la figura 2.12 un diagrama de aquellas ejecutadas y omitidas en el proceso de análisis de información mejorado.

**Tabla 2.6 Tiempo de las actividades de procesos de análisis de información actual y mejorado**

Actividades	Proceso de análisis de información actual	Proceso de análisis de información mejorado
	Tiempo (minuto)	Tiempo (minuto)
Descargar información	2	2
Llenar datos por día	22	
Calcular indicadores por día	20	20
Calcular indicadores por semana	20	20
Actualizar indicador anual	10	10
Verificar información con analista	15	
Hacer gráficos	30	30
Transferir y actualizar a Word	30	
Representación gráfica por tipos de fallas	35	35
Revisión de tiempos críticos	10	10
Pregunte al supervisor sobre datos críticos	20	20
Última actualización de datos	8	8
Total	<b>222</b>	<b>155</b>
Total (horas)	<b>3,7</b>	<b>2,58</b>
% Porcentaje		<b>30%</b>

[Fuente: Autores del Proyecto]



**Figura 2.12 Proceso de Análisis de información mejorado**

[Fuente: Autores del Proyecto]

Lo que se hizo fue no tomar en cuenta las actividades que son consideradas como un reproceso de información, y se evidenció que estas actividades representan el 30% del tiempo de generación del informe OEE, dando un tiempo de 2.58 horas si estas no son ejecutadas.



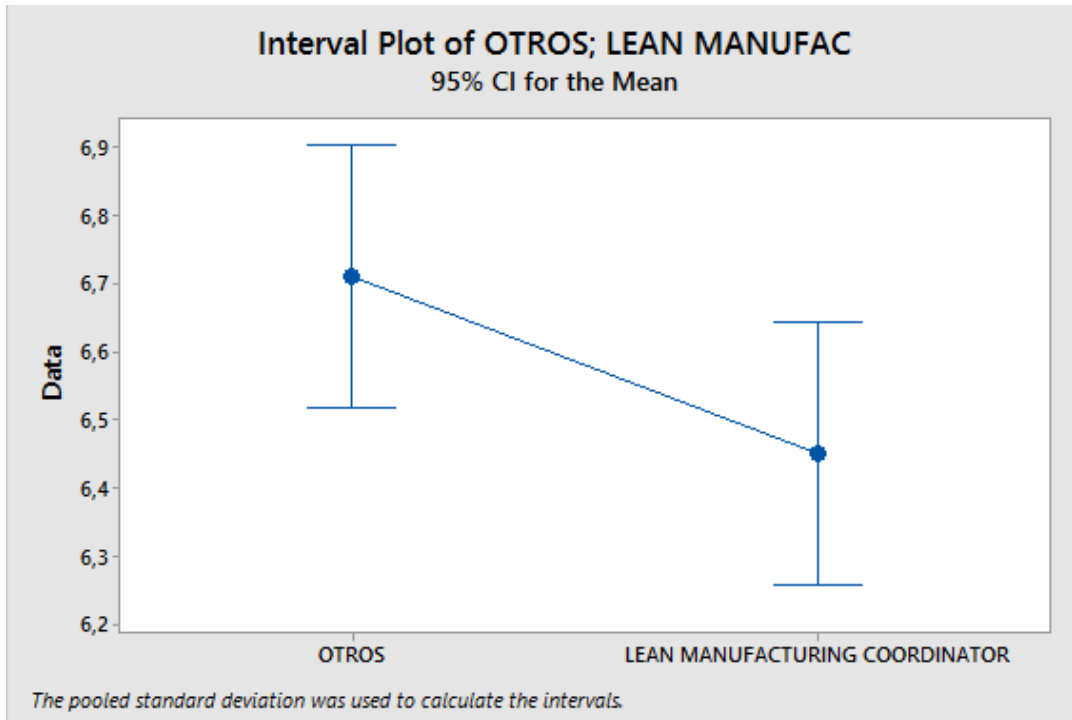
## Causa 2: Habilidades de los trabajadores

Primero se realizó una prueba entre el lean manufacturing coordinator y otras personas que realizaban el reporte, como son el analista de producción, Project head, para así poder tener una data para un análisis estadístico.

**Tabla 2.7 Tiempo de generación del reporte OEE**

	TIEMPO DE GENERACIÓN DEL REPORTE OEE	
DATA	OTROS	LEAN MANUFACTURING COORDINATOR
1	7,20 horas	6,20 horas
2	7,10 horas	5,00 horas
3	6,00 horas	6,50 horas
4	7,10 horas	6,45 horas
5	7,20 horas	6,2 horas
6	6,70 horas	6,3 horas

[Fuente: Autores del Proyecto]



**Figura 2.13 Interval Plot de OTROS y Lean MANUFACTURING COORDINATOR**

[Fuente: Autores del Proyecto]

Null hypothesis All means are equal  
 Alternative hypothesis At least one mean is different  
 Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	2	OTROS; LEAN MANUFACTURING COORDINATOR

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	0,2028	0,20280	4,49	0,060
Error	10	0,4522	0,04522		
Total	11	0,6550			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,212642	30,96%	24,06%	0,59%

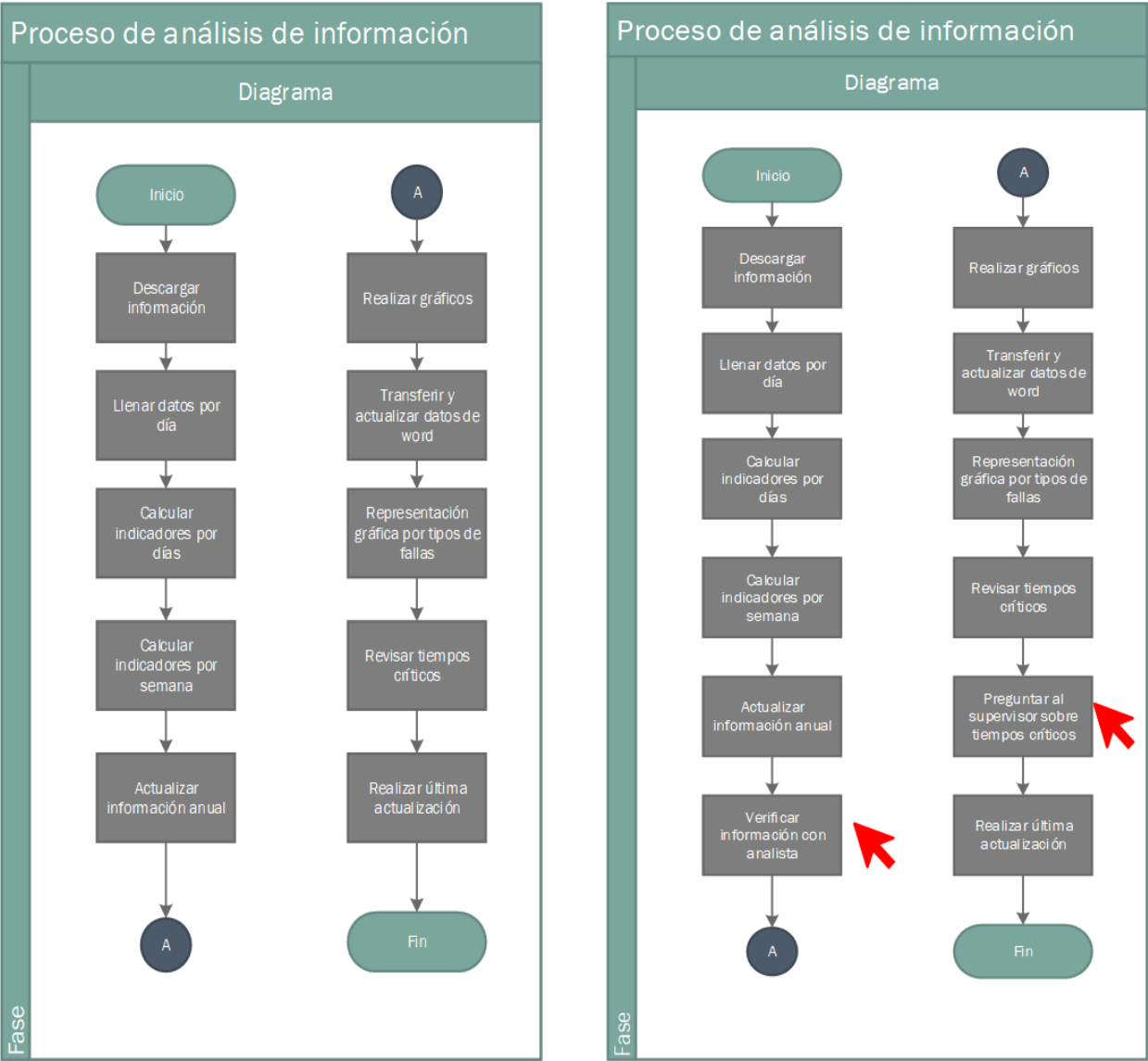
**Figura 2.14 Análisis estadístico del tiempo de generación del reporte entre LEAN MANUFACTURING COORDINATOR y otras personas**

[Fuente: Autores del Proyecto]

El valor p es mayor que 0.05 por lo que se puede concluir que la habilidad de los trabajadores no es significativa en el tiempo de generación del informe.

**Causa 3:** Procedimiento no estandarizado

Para la verificación de la causa, se utilizó la medición indirecta. Se compararon dos procedimientos que normalmente realizan para la generación del reporte, donde se concluyó que hay una diferencia de 0.58 horas entre estos dos procedimientos. En las figuras 2.15 se muestran las actividades realizadas en ambos procesos de análisis de información, tanto actual como el mejorado.



**Figura 2.15** Proceso de análisis de información actual vs mejorado  
 [Fuente: Autores del Proyecto]

#### Causa 4: Actividades repetitivas

Para la verificación de esta causa se utilizó una medición indirecta, se eliminaron del proceso las actividades que se consideran como repetitivas como se puede observar en la figura 2.16, y se llega a la conclusión que estas actividades representan un 39.5% del tiempo de generación del reporte.

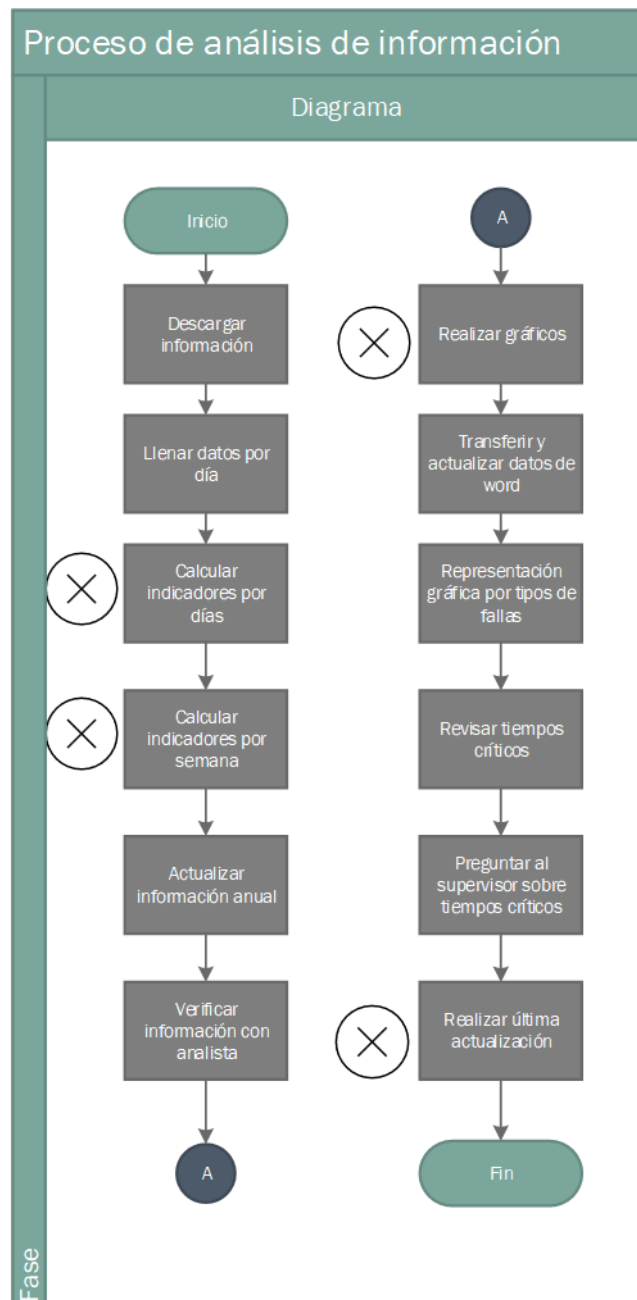


Figura 2.16 Proceso de análisis de información sin actividades repetitivas

[Fuente: Autores del Proyecto]

### 2.2.4.5 ¿Por qué?

Luego de demostrar cuáles son las causas que afectan a la variable de decisión, se aplicó la herramienta de los 5 ¿Por qué? a las causas que quedaron del análisis realizado, las cuales son: reproceso de información, actividades repetitivas y procedimiento no estandarizado. La tabla 2.8 muestra el análisis del 5 ¿Por qué?, con sus respectivas causas raíz.

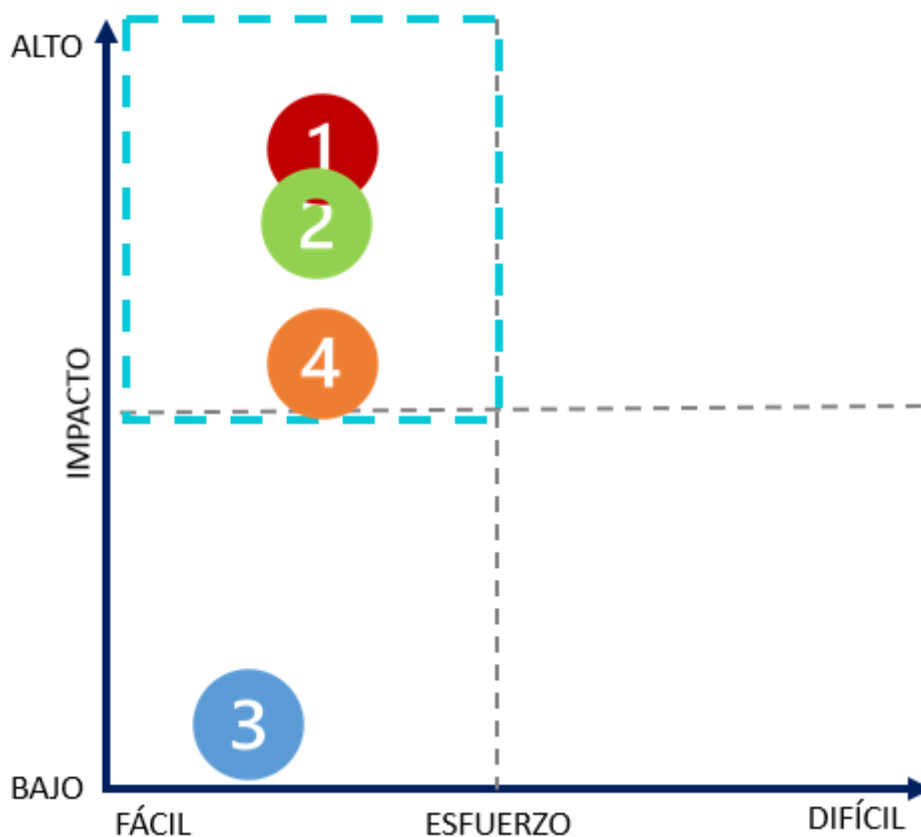
**Tabla 2.8 Análisis del 5 ¿Por qué?, con sus respectivas causas raíz.**

Causa	¿Porqué?	S/N	¿Porqué?	S/N	¿Porqué?	S/N	¿Porqué?	S/N	Acción
Reproceso de información	¿Por qué hay reproceso de información?	SI	¿Por qué hay mucha información que procesar?	SI	¿Por qué la información es acumulada semanalmente?	SI	¿Por qué es complejo hacer el reporte diariamente?	SI	Automatizar el proceso
	Porque hay mucha información que procesar		Porque la información es acumulada semanalmente		Porque el reporte es complejo de relizarlo diariamente		Porque el proceso es manual		
Actividades repetitivas	¿Por qué hay actividades repetitivas?	SI	¿Por qué hay diferentes maneras de realizar el reporte?	SI	¿Por qué cada persona piensa que lo hace de la manera correcta?	SI			Crear un procedimiento
	Because hay diferentes maneras de realizar el reporte		Porque cada persona piensa que lo hace de la manera correcta		Porque hay diferentes maneras de Analizar los datos				
Procedimiento no estandarizado	¿Por qué el procedimiento no está estandarizado?	SI	¿Por qué el coordinador lean manufacturing tenía suficiente tiempo?	SI	¿Por qué el coordinador lean manufacturing antes tenía pocas funciones?	YES			Revisar y actualizar las funciones del coordinador lean manufacturing
	Porque el coordinador lean manufacturing tenía suficiente tiempo		Porque antes tenía pocas funciones		Porque el coordinador lean manufacturing tenía poco tiempo ejerciendo sus funciones				

[Fuente: Autores del Proyecto]

### 2.3. Mejora

Luego de conocer las causas raíz del problema, se analizaron las soluciones en la de matriz Impacto-Esfuerzo como se observa en la figura 2.17, dando como resultado el enfoque únicamente a tres soluciones propuestas las cuales son: creación de dashboard, creación de plantilla de reporte OEE, y un desarrollo de instructivo.



**Figura 2.17 Matriz Impacto-Esfuerzo de las causas priorizadas**

[Fuente: Autores del Proyecto]

Estas soluciones son las que requieren un menor esfuerzo, pero generan un mayor impacto, a estas soluciones se les realizó un análisis de costos, tal como se muestra en la tabla 2.9.

**Tabla 2.9 Estimación de costos iniciales**

Estimación de costos iniciales				
	1	2	3	4
<b>Bienes</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Personal</b>	\$ 1000.00	\$ 400.00	\$ 200.00	\$ 200.00
<b>Capacitación</b>	\$ 400.00	\$ 200.00	\$ 100.00	\$ 100.00
<b>Adicionales</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Costos totales</b>	\$ 1400.00	\$ 600.00	\$ 300.00	\$ 300.00

[Fuente: Autores del Proyecto]

A continuación, se dio una ponderación a cada una de las soluciones con el fin de seleccionar las soluciones de mayor impacto, como se muestra en la tabla 2.10.

**Tabla 2.10 Análisis final de costos**

Análisis final					
Menor costo	0,3	1	3	4	4
Menor esfuerzo	0,3	4	4	4	4
Alto impacto	0,4	5	5	1	4
Valor final		3	4,1	2,8	4

[Fuente: Autores del Proyecto]

Luego del análisis de costos dio como resultado que las soluciones escogidas son iguales a las representadas en la matriz Impacto-Esfuerzo. Por lo cual, las soluciones que se implementaron son:

Creación de indicadores semiautomáticos en Excel.

Creación de una plantilla de reporte del OEE.

Desarrollo de instructivos de procedimientos.

### 2.3.1. Plan de implementación

En la Tabla 2.11 se observa el plan de implementación para cada una de las soluciones propuestas anteriormente.

**Tabla 2.11 Plan de implementación de las soluciones propuestas**

Causa Raíz	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	Costo	¿Cuándo?	Estado
La forma en que se analiza los datos tiene diferentes procesos.	Creación de dashboard	Reduce el tiempo de tiempo de análisis del reporte OEE.	Realizando un tablero de indicadores en Excel.	En la planta	Líder de proyecto	\$1400	11/9/2020	En proceso
La forma en que se analiza los datos tiene diferentes procesos.	Creación de plantilla	Reduce el tiempo de tiempo del reporte OEE.	Desarrollando una plantilla semi automatizada como modelo.	En la planta	Líder de proyecto	\$600	11/9/2020	En proceso
El reporte del OEE es generado con diferentes procedimientos.	Desarrollo de un procedimiento instruccional.	Reduce el tiempo del reporte OEE.	Creando plantilla semi automatizada en Excel.	En la planta	Líder de proyecto	\$300	11/9/2020	En proceso

[Fuente: Autores del Proyecto]

### **2.3.2. Descripción de las soluciones propuestas**

A continuación, se detalla las soluciones implementadas para resolver el problema propuesto.

#### **2.3.2.1. Creación de indicadores semiautomáticos en Excel**

Para la elaboración de los indicadores se analizó el reporte que se realizaba anteriormente, y se elaboró una base de datos acorde a las nuevas necesidades del cliente, así mismo la entrada de los datos para la generación de los indicadores está segmentada por línea, para un mejor manejo de los datos.

Los resultados mostrados se encuentran en una sola página, para conocer el resultado de alguna máquina o línea en específico solo es necesario cambiar los filtros y se podrá visualizar lo requerido.

#### **2.3.2.2. Creación de una plantilla de reporte del OEE**

La creación de una plantilla básicamente fue crear un modelo estandarizado de reporte que de adapte a cada situación al momento de la generación del reporte semanal, que se actualiza con cada reporte generado, también es una base de dato respecto a los comentarios que se van generando respecto a las perdidas más relevantes del reporte.

#### **2.3.2.3. Desarrollo de instructivos de procedimientos**

El desarrollo del instructivo va a ayudar a mantener una comprensión clara de como realizar el reporte, y así con mayor facilidad poder capacitar a la persona encargada del mismo, además de conocer el proceso de los pasos correctos de su realización.



### 2.3.3. Implementación

#### 2.3.3.1. Análisis previo a la implementación

Como se mencionó anteriormente, el presente proyecto se enfocó en disminuir el tiempo de análisis del desarrollo del reporte de OEE. Por lo cual, previo a la implementación, se requería tener un archivo de fácil manejo para extraer la información y a su vez realizar los cálculos mediante tablas dinámicas que se generan de forma semiautomatizada. En la figura 2.18 se muestra la base a llenar, para que de forma sencilla se realicen la actualización de los datos.

Figura 2.18 Archivo base para análisis de información previo al reporte OEE [Fuente: Autores del Proyecto]

#### 2.3.3.2. Creación de indicadores semiautomáticos en Excel

Con respecto a esta solución, se redujo el tiempo de análisis del reporte que fue la variable de respuesta del proyecto. Como primer paso se solicitó el reporte actual que llevaban y la información necesaria que se quería visualizar, posteriormente se creó una estructura para la base de datos, creando campos a conveniencia para realizar las tablas dinámicas, y así generar cálculos estandarizados para tener un mejor control del reporte. Los gráficos se manejan por medio de filtros para no sobrecargar el archivo de información y para que sea más interactivo. En las figuras 2.19 y 2.20 se muestran

ejemplos de gráficos generados a través los filtros, en la figura 2.19 se muestra un árbol de pérdidas mientras que en la 2.20 un el Shutdown.

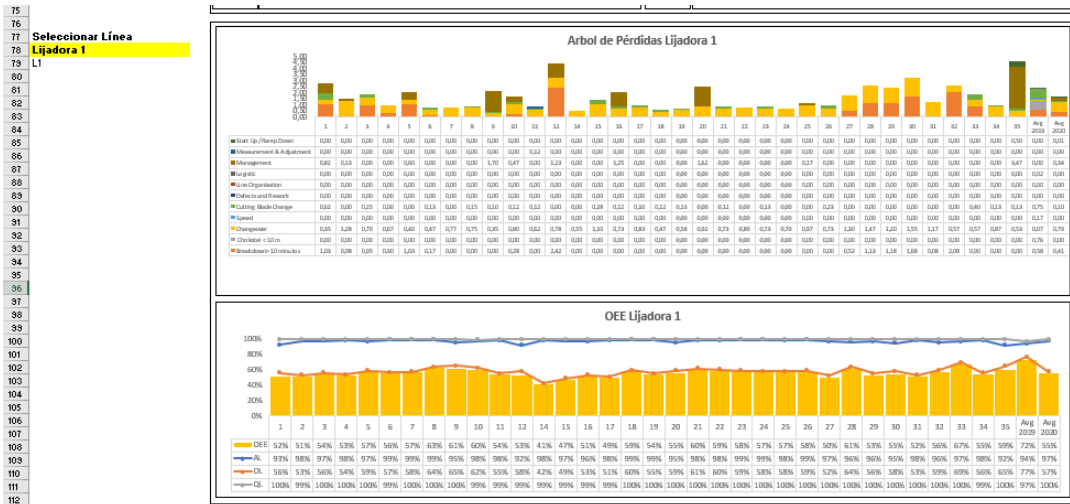


Figura 2.19 Gráfico de árbol de pérdidas generado a través de filtros

[Fuente: Autores del Proyecto]

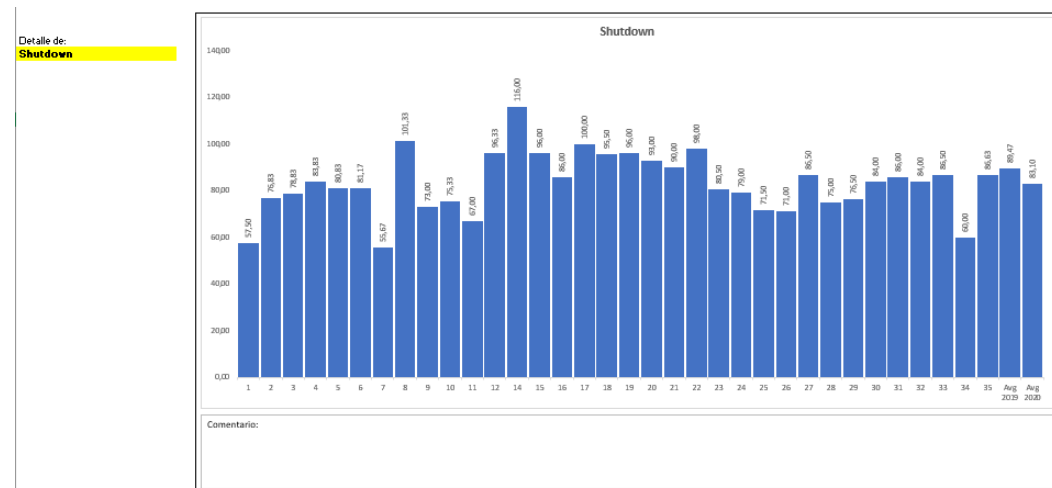


Figura 2.20 Shutdown generado a través de filtros

[Fuente: Autores del Proyecto]

### 2.3.3.3. Creación de una plantilla de reporte del OEE

La creación de una plantilla semiautomatizada se realiza con el fin de estandarizar el desarrollo del reporte OEE. El llenado de la plantilla respecto a la línea de producción, será posible realizarlo con el registro de las paradas de las máquinas más relevantes y sus respectivos comentarios. Los comentarios se llenan por semana, máquina y en relación a las pérdidas de mayor relevancia. La figura 2.21 muestra la base de comentarios, mientras la figura 2.22 muestra un ejemplo de la plantilla de acuerdo a una línea.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Base de Datos: Comentarios						
2							
3							
		Máquina	Tipo de Parada / Máquina	Código	Sema	ok?	Comentarios
956		FEMCO 1	Volteamiento de Bloque [h]	FEMCO 1-Volteamiento	35		
957		FEMCO 1	Cambio de Bloque [h]	FEMCO 1-Cambio de Blc	35		
958		FEMCO 1	Cambio de Sierras [h]	FEMCO 1-Cambio de Sie	35		
959		FEMCO 1	Breakdown [h]	FEMCO 1-Breakdown [h]	35		
960		FEMCO 1	Defectos y Retrabajo (resaneo, bloques PNC) [h]	FEMCO 1-Defectos y Ret	35		
961		FEMCO 1	Mediciones y Ajustes (Ajustes y calibraciones) [h]	FEMCO 1-Mediciones y A	35		
962		FEMCO 1	Management [h]	FEMCO 1-Management	35		
963		FEMCO 2	Volteamiento de Bloque [h]	FEMCO 2-Volteamiento	35	Ok!	No hubo paradas.
964		FEMCO 2	Cambio de Bloque [h]	FEMCO 2-Cambio de Blc	35	Ok!	10.40 h de tiempo perdido por parada.
965		FEMCO 2	Cambio de Sierras [h]	FEMCO 2-Cambio de Sie	35	Ok!	1.83 h de tiempo perdido de parada.
966		FEMCO 2	Breakdown [h]	FEMCO 2-Breakdown [h]	35	Ok!	Parada de 0.78 h el MARTES debido a la falla eléctrica.
967		FEMCO 2	Defectos y Retrabajo (resaneo, bloques PNC) [h]	FEMCO 2-Defectos y Ret	35	Ok!	0.32 h de tiempo perdido por parada.

Figura 2.21 base de datos de comentarios

[Fuente: Autores del Proyecto]

Figura 2.22 plantilla semiautomatizada con comentarios

[Fuente: Autores del Proyecto]

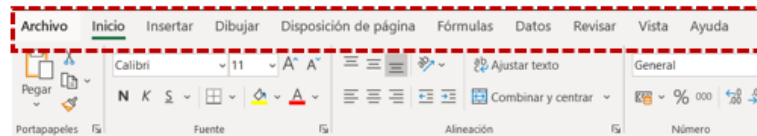
### 2.3.3.4. Desarrollo de instructivos de procedimientos

Con respecto a esta solución, se realizó un instructivo para ayudar a una mejor comprensión de como realizar el reporte nuevo, con respecto a las nuevas funciones del archivo mejorado. En el instructivo se detallan una serie de pasos a seguir para poder realizar el reporte semanalmente y sin inconvenientes. En las figuras 2.23, 2.24, 2.25, y 2.26 se detalla las imágenes del instructivo.

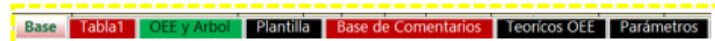
Título: Instructivo para el desarrollo del reporte OEE.

Objetivo: Orientar los pasos detalladamente para el desarrollo del reporte OEE.

Leyenda:



Lo que se encuentra en el cuadro rojo encerrado se conocerá como secciones.



Lo que se encuentre encerrado con el cuadro color amarillo se conocerá como pestañas.

Instructivo para realizar el reporte OEE:

1. Identificar la semana en que se va a llenar la información en la pestaña "Base".
2. Filtrar la base por la semana que se vaya a comenzar a digitar los datos.

Ejemplo: Se va a llenar los datos de la semana 35 (week 35):

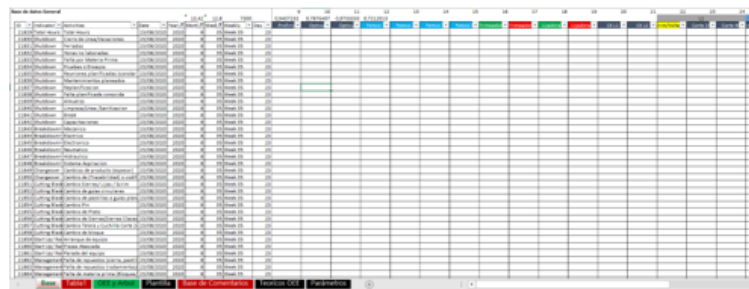


Figura 2.23 Pasos 1 y 2 para ejecución del reporte semanal

[Fuente: Autores del Proyecto]

3. Terminar en llenar la pestaña de "Base".

4. Se procede a llenar la pestaña de "tabla 1".

			Valores																
Semana	T	DS	Factor Multiplicativo 1	Factor Multiplicativo 2	Tempe 1	Tempe 2	Tempe 3	Tempe 4	Temperatura 1	Temperatura 2	Umidea 1	Umidea 2	Somn/Nocheador	Clima 24	Clima 48	Somn/Nocheador	Clima 24	Clima 48	
85	1	24/08/2020	11,5	420	360	240	360	720	870	840	870	876	876	876	876	870	870	870	870
85	2	25/08/2020	11,5	354	348	240	324	630	810	780	810	744	744	744	744	772	772	772	772
85	3	26/08/2020	11,5	360	330	258	228	384	900	630	1080	876	876	876	876	990	990	990	990
85	4	27/08/2020	11,5	360	400	300	270	830	780	660	930	660	660	660	720	730	730	730	730
85	5	28/08/2020	11,5	318	270	282	252	414	600	660	720	660	660	660	780	780	780	780	780
85	6	29/08/2020		210	210	210	180	600	624	750	720	900	900	900	900	780	780	780	780

5. Una vez terminada de llenar la pestaña de la "tabla 1", dirigirse a la sección "Datos", y dar click en la opción "Actualizar datos".

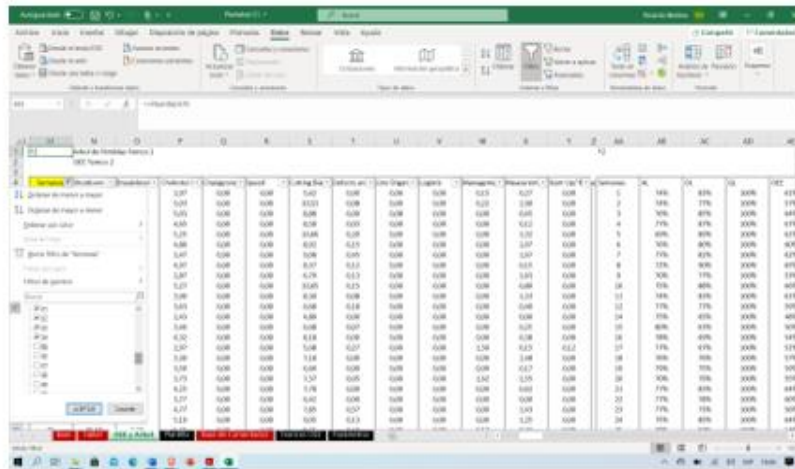


Figura 2.24 Pasos 3, 4 y 5 para ejecución del reporte semanal

[Fuente: Autores del Proyecto]

- Luego de concluir el paso 5, ubicarse en la pestaña OEE del Árbol de pérdidas, y proceder a ingresar en el filtro la semana que se haya realizado.

ANTES DE INGRESAR LA SEMANA QUE SE INGRESO



DESPUES DE INGRESAR LA SEMANA QUE SE INGRESO

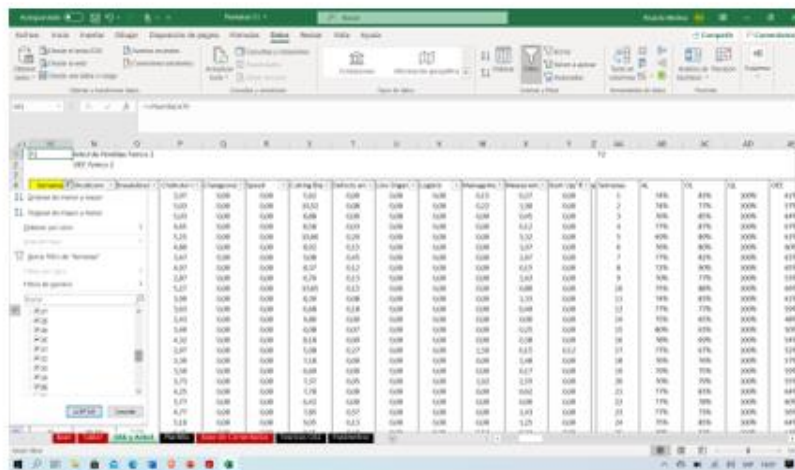
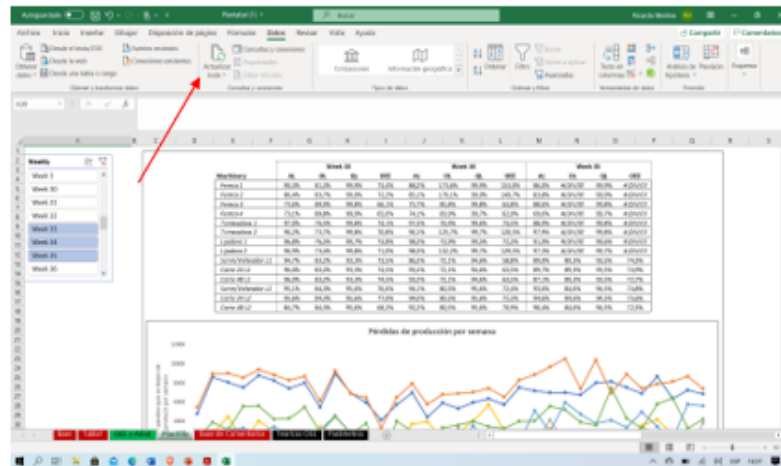


Figura 2.25 Paso 6 para ejecución del reporte semanal  
[Fuente: Autores del Proyecto]

- Dirigirse a la pestaña "Plantilla" e ir a la sección de datos a la opción actualizar todo.



- Analizar que está pasando respecto a la semana que se ingresó.
- Dirigirse a la base de comentarios, y filtrar por semana y máquina que se quiere redactar o dar un comentario / opinión.
- Después dirigirse a la pestaña datos y dar clic en "Actualizar todo".

Notas:

- En la pestaña "Base", no tocar las celdas con color amarillo, ya que están formuladas.
- En la pestaña "Tabla 1", llenar lo que está solo resaltado de amarillo.

**Figura 2.26 Pasos 7,8,9 y 10 para ejecución del reporte semanal**

[Fuente: Autores del Proyecto]



## 2.4. Control

Para controlar las soluciones que se planteron se crea un plan de control que se puede observar en la tabla 2.12

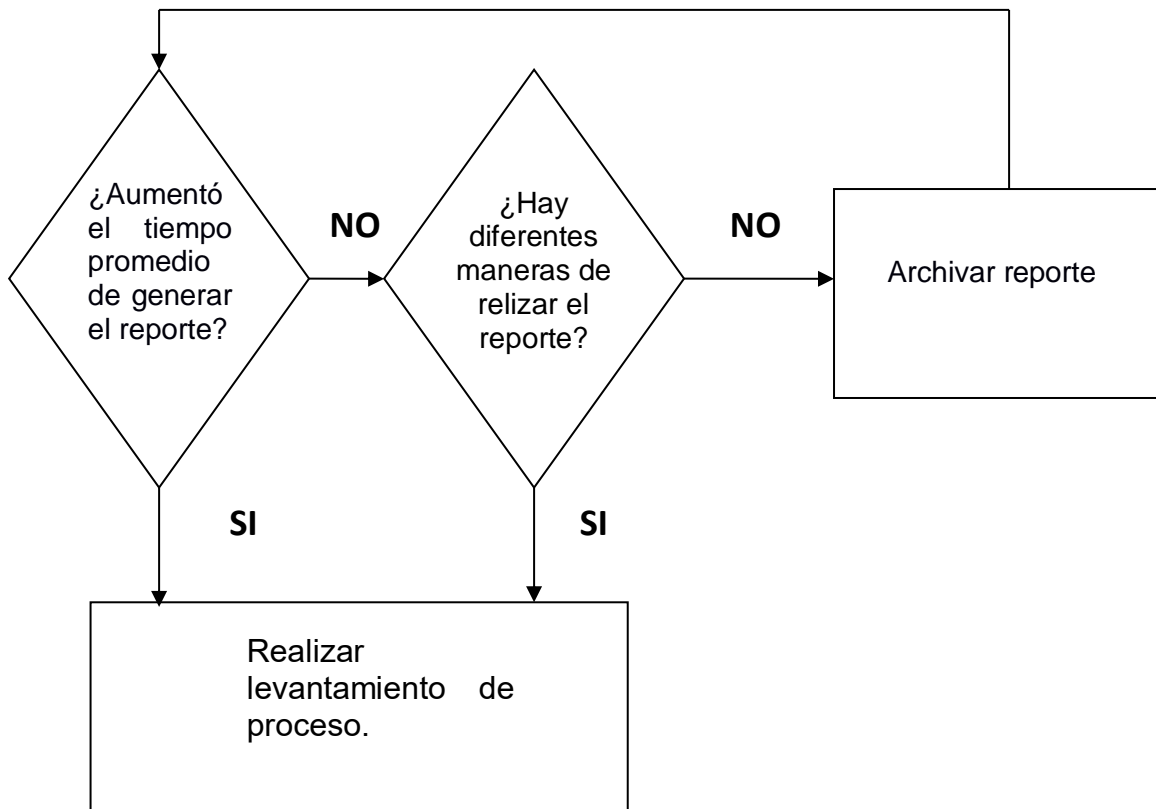
**Tabla 2.12 Plan de control para levantamiento del proceso**

Causas	Proceso: Elaboración de reporte OEE				
	Proyecto :Reducción del tiempo de generar el reporte			Líder de proyecto John Campaña & Ricardo Medina	
	Dueño del proceso: Asistente de producción			Fecha: Septiembre 2020	
	¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	Freq.	Reacción
El informe es complejo para trabajar a diario	El tiempo para realizar el informe OEE	Creación de un indicador que alerta cuando aumenta el tiempo para realizar el informe OEE.	Asistente de producción	Semanal	Si el tiempo para realizar el informe OEE aumenta en un 20%
El informe es complejo para trabajar a diario	Que el informe del OEE siga los procedimientos establecidos	Diseño de una lista de verificación de control	Asistente de producción	Semanal	Si el informe de la OEE se preparó con diferentes procedimientos
Hay diferentes formas de analizar los datos.	El tiempo para realizar el informe OEE	Creación de un indicador que alerta cuando aumenta el tiempo para realizar el informe OEE.	Asistente de producción	Semanal	Si el tiempo para realizar el informe OEE aumenta en un 20%

[Fuente: Autores del Proyecto]

También se elaboró un plan de reacción, el cual se observa en la figura 2.27 y que permitirá tomar acciones para que el proceso siga funcionando de la mejor manera.





**Figura 2.27 Plan de reacción para levantamiento del proceso**

[Fuente: Autores del Proyecto]

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como resultado del proyecto se obtuvo una reducción del 39.16% en el tiempo promedio de generación del reporte OEE. Para comprobar esta reducción se realizó un análisis estadístico entre datos obtenidos mediante la implementación, y los datos obtenidos al inicio del proyecto. En la figura 3.1 se puede observar el análisis realizado, donde se concluye que la diferencia de la media entre las 2 muestras es significativa.

```
Method

Null hypothesis      All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level    $\alpha = 0,05$ 

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor  Levels  Values
Factor      2  Datos antiguos; mejora implementada

Analysis of Variance

Source  DF  Adj SS  Adj MS  F-Value  P-Value
Factor   1  24,339  24,3390  160,81   0,000
Error   10   1,513   0,1513
Total   11  25,852

Model Summary

          S      R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
0,389035  94,15%   93,56%    91,57%
```

**Figura 3.1 Análisis estadístico entre datos obtenidos mediante la implementación, y los datos obtenidos al inicio del proyecto**

[Fuente: Autores del Proyecto]

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

1. Mediante la implementación realizada se logró reducir el tiempo de generación del reporte OEE en un 39.16%.
2. Se logró crear una plantilla semiautomática para que el reporte lo puede generar una persona con conocimientos básicos de Excel, mejorando así el proceso de recopilación y análisis de información.
3. Con la disminución del tiempo en la generación del reporte, se podrán tomar acciones preventivas de una manera diaria.

### 4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda seguir el plan de control de reacción cuando el tiempo promedio de generación del reporte aumente, para evitar que el proceso se vuelva manual nuevamente.
2. Se recomienda almacenar y crear datos históricos del tiempo de generar el reporte, para realizar análisis posteriores.

# BIBLIOGRAFÍA

- Allen, T. (2006). *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma*. (Springer, Ed.) Ohio, USA: The Ohio State University: Department of Industrial Welding and Systems Engineering.
- Carroll, C. T. (2013). *Six Sigma for Powerful Improvement*. Florida: CRC Press.
- Coleman, L. (2013). *Measuring Data Quality for Ongoing Improvement*. Watham: MK Publications.
- Galgano, A. (1995). *Los 7 Instrumentos de la Calidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Grotz, S. (2016, Noviembre 28). *Creativa Consulting*. Retrieved from La voz del cliente y lean six sigma : <https://creativaconsulting.com.ar/la-voz-del-cliente-y-lean-six-sigma/>
- Guajardo, E. (2008). *Administración de la calidad total*. México: Editorial Pax México.
- Heng, Z., Aiping, L., Liyun, X., & Moroni, G. (2019). Automatic estimate of OEE considering uncertainty. *Procedia CIRP*, 81, 630-635.
- Hines, P., Rich, N., & Essain, A. (1999). Value Stream Mapping: A distribution industry application. *Benchmarking: An International*, 60-77.
- Kumar, D. (2006). *Six Sigma Best Practices: A guide to business process excellence for diverse Industries*. Fort Lauderdale: J. Ross Publishig.
- López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad : Métodos para la mejora continua y la solución de problemas*. Madrid: Fundación Confemental.
- Luceño, A., & González, F. (2004). *Métodos estadísticos para medir, describir y controlar la variabilidad* . Santander : Universidad de Cantabria .
- Membrado, J. (2013). *Metodologías Avanzadas para la planificación y mejora: Planificación estratégica, BSC; Autoevaluación EFQM, Seis Sigma. Un enfoque integrados para las Pymes con sentido común* . Madrid: Ediciones Díaz de Santos .
- Minitab. (2019). *Soporte de Minitab 18*. Retrieved from ¿ Que és ANOVA ? : <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>
- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad* . Madrid: Jacaryan, S.A.

- Miranda, L. N. (2006). *Seis Sigma: Guía para principiantes*. México: Panorama.
- Puvanasvaran, A., Mei, C., & Alagendran, V. (2013). Overall equipment efficiency improvement using time study in an aerospace industry. *Procedia Engineering*, 271-277.
- Quick, T. (2019). *Splitting the DMAIC: Unleashing the power of continuous improvement*. Milwaukee: Quality Press.
- Shankar, R. (2009). *Process improvement using six sigma : A DMAIC guide*. Milwaukee, Wisconsin, USA: American Society for Quality, Quality Press.
- Smith, A. (2017). *El mapa del flujo de valor*. España.
- Sokovi, M., Pavletic, D., & Kern Pipan, K. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1).
- Team, P. P. (1999). *OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness*. Taylor & Francis.