



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“Implementación de herramientas Lean Six Sigma para reducir  
la generación de barredura en una línea de producción de pan  
de molde”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentado por:**

**Diego Marcelo Suárez López**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año 2021**

## DEDICATORIA

A mi padre,  
Freddy Andrés Suárez Rodríguez †.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**Laura Retamales G., MSc.**  
**DIRETOR DE PROYECTO**

---

**Marcos Buestán B., Ph.D.**  
**VOCAL**

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Diego Marcelo Suárez López

# RESUMEN

Debido a la constante evolución industrial hacia un mundo amigable con el medio ambiente, las industrias responsables tienen como un pilar fundamental de medición la sustentabilidad.

Uno de los controles de sustentabilidad de mayor relevancia para la organización en donde se implementa el proyecto es el indicador de porcentaje de desperdicio.

Dado que dicho porcentaje es influenciado por el desperdicio por bajas y barredura, el objetivo de este proyecto se enfoca en disminuir el porcentaje de generación de barredura en la línea de pan de molde, mediante la implementación de herramientas Lean Six Sigma de mejora continua.

El proyecto inicia con la descripción de la empresa y su operación, seguido de los objetivos establecidos y la estructuración del mismo. Adicionalmente, mediante datos históricos se evidencia que la barredura es el principal indicador de porcentaje de desperdicio superiores al límite máximo permitido por la empresa.

La ejecución del proyecto se realiza siguiendo las etapas de la metodología DMAIC. Comenzando con la etapa de Definición en donde se establece el equipo de trabajo y mediante el análisis SIPOC se evidencia el alcance del proyecto en la operación de la empresa; una vez realizado estas actividades se define la problemática existente en la generación de barredura en la línea de producción de pan de molde.

En la etapa de medición se procede a levantar información histórica respecto al comportamiento de la barredura, tanto en la planta como en las líneas de producción. Así mismo, con estos datos se detecta la línea y tipo de barredura con mayor aporte a este indicador. Con toda esta información se define el problema utilizando la metodología 5W2H.

Con el problema identificado y la recolección de datos de generación de barredura en la etapa de Medición, se procede a implementar la etapa de Análisis en donde mediante el uso del diagrama Ishikawa se establecen las causas potenciales para luego profundizar el estudio de éstas a través del análisis cinco por qué, en donde se determinan las causas raíz de la generación de barredura en la línea de pan de molde.

La generación de planes de acción para lograr el objetivo del proyecto se lo realiza en la etapa de Implementación; en donde se ejecutan cada una de ellas mediante herramientas propuestas por el equipo de trabajo. Una vez implementadas las mejoras, se determina la etapa de Control, donde se establecen acciones preventivas y monitoreo de indicadores de desempeño en reuniones operacionales de la empresa.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto de acuerdo con los resultados obtenidos; y se sugiere replicarlo en las demás líneas de producción para lograr objetivos sustentables más retadores en la organización.

**Palabras clave:** sustentabilidad, desperdicio, bajas, barredura, Lean Six Sigma, metodología DMAIC, análisis SIPOC, metodología 5W2H, diagrama Ishikawa, análisis cinco por qué.

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>III</b>
<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
Filosofía de la compañía .....	1
Características de la operación .....	2
1.2. Descripción del proceso.....	2
1.3. Justificación .....	4
1.4. Objetivos del proyecto .....	8
1.5. Estructura del proyecto de titulación .....	8
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. METODOLOGÍA .....	10
2.1. Descripción de la metodología.....	10
Definición .....	10
Medición.....	11
Análisis .....	11
Implementación.....	12
Control .....	12
<b>CAPÍTULO 3</b>	
3. MARCO METODOLOGICO .....	14
3.1. Definición de la problemática.....	14
3.1.1 Equipo del proyecto .....	14
3.1.2 Análisis SIPOC.....	14
3.1.3 Indicador de gestión .....	15
3.1.4 Problemática .....	16
3.2. Medición de situación actual.....	17
3.2.1 Definición del problema luego de la etapa de medición.....	24
3.3. Análisis de la generación de miga .....	24
3.3.1 Herramientas de análisis.....	24
3.3.2 Diagrama Ishikawa.....	25
3.3.3 Determinación de la causa raíz .....	28
3.3.4 Matriz control impacto .....	29

3.3.5	Plan de verificación de causas .....	29
3.3.6	Análisis cinco por qué .....	32
3.4.	Mejoramiento del proceso.....	34
3.4.1	Mejoras .....	36
3.4.1.1	Plan de acción 1-5:.....	36
	Diseño de experimento .....	36
	Variable de respuesta .....	36
	Definición de factores y niveles .....	36
	Creación del diseño factorial .....	37
	Definición de hipótesis .....	37
3.4.1.2	Plan de acción 2 .....	41
3.4.1.3	Plan de acción 3 .....	42
3.4.1.4	Plan de acción 4 .....	42
3.4.1.5	Plan de acción 6 .....	45
<b>CAPÍTULO 4</b>		
4.	ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL .....	49
4.1.	Indicador de desperdicio de planta Guayaquil .....	49
4.2.	Indicador de barredura de planta Guayaquil .....	50
4.3.	Indicador de barredura de línea de pan de molde.....	51
4.3.1	Comportamiento semanal de barredura en pan Blanco 525g.....	52
<b>CAPÍTULO 5</b>		
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>54</b>
5.1.	Conclusiones.....	54
5.2.	Recomendaciones.....	55
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ONU	Organización de Naciones Unidas
SIPOC	Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes
DMAIC	Definir, medir, analizar, mejorar y controlar
CPD	Centro de procesamiento de datos
PCC	Punto crítico de control
LMP	Límite máximo permitido
Kg	Kilogramos
g	Gramos
°C	Grados Celsius



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Descripción de proceso de elaboración de pan molde .....	4
<b>Figura 1.2</b>	Indicador de Desperdicio Enero a Septiembre 2020 .....	5
<b>Figura 1.3</b>	Porcentaje de Bajas .....	6
<b>Figura 1.4</b>	Porcentaje de Barredura .....	6
<b>Figura 1.5</b>	Porcentaje de aporte de barredura por línea de producción .....	7
<b>Figura 1.6</b>	Porcentaje de Barredura en Líneas Molde Enero a Septiembre 2020 .....	7
<b>Figura 3.1</b>	Análisis SIPOC Proceso de Elaboración de Pan Molde. ....	15
<b>Figura 3.2</b>	Indicador de Porcentaje de Barredura en Línea de Moldes Ene – Sept 2020 .....	16
<b>Figura 3.3</b>	Herramienta de 3w+2h para Definición del problema .....	16
<b>Figura 3.4</b>	Porcentaje de aporte de barredura por línea de producción .....	20
<b>Figura 3.5</b>	Porcentaje de aporte de barredura por línea de producción .....	21
<b>Figura 3.6</b>	Identificación de generación de miga de acuerdo con mapa de calor.....	23
<b>Figura 3.7</b>	Herramienta de 5w+2h para Definición del problema .....	24
<b>Figura 3.8</b>	Diagrama de Ishikawa – Generación de barredura en rebanadoras de línea de pan de moldes .....	26
<b>Figura 3.9</b>	Matriz Control Impacto .....	29
<b>Figura 3.10</b>	Rebanadora de pan molde con cuchillas desgastadas.....	30
<b>Figura 3.11</b>	Pan con base tostada.....	31
<b>Figura 3.12</b>	Ficha técnica del emulsificante Alfa monoglicérido.....	31
<b>Figura 3.13</b>	Descripción de niveles de los factores .....	37
<b>Figura 3.14</b>	Resultados del modelo de análisis factorial.....	39
<b>Figura 3.15</b>	Diagrama de Pareto de efectos estandarizados .....	39
<b>Figura 3.16</b>	Gráfica normal de efectos estandarizados .....	40
<b>Figura 3.17</b>	Gráficas factoriales .....	40
<b>Figura 3.18</b>	Válvula estranguladora de presión .....	41
<b>Figura 3.19</b>	Vista sistema para ingreso de actividades de mantenimiento preventivo	42
<b>Figura 3.20</b>	Comportamiento de temperaturas dentro del horno 05/octubre/2020.....	43
<b>Figura 3.21</b>	Coloración de pan de acuerdo con zonas del horno.....	44
<b>Figura 3.22</b>	Comportamiento de temperaturas dentro del horno 05/octubre/2020.....	44
<b>Figura 3.23</b>	Comparación de coloración antes y después de calibración de quemadores .....	45
<b>Figura 3.24</b>	Plan de mantenimiento preventivo: termografía Mole.....	45
<b>Figura 3.25</b>	Comportamiento semanal de barredura de línea de pan de molde antes de mejoras.....	46
<b>Figura 3.26</b>	Plan de Cambio Preventivo .....	47
<b>Figura 4.1</b>	Porcentaje de desperdicio planta Guayaquil antes vs después .....	50
<b>Figura 4.2</b>	Porcentaje de barredura antes vs después .....	51
<b>Figura 4.3</b>	Porcentaje de barredura línea pan de moldes antes vs después. ....	52
<b>Figura 4.4</b>	Porcentaje semanal de barredura línea pan blanco 525g.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Métricas de control del proceso de producción .....	9
<b>Tabla 2.</b> Kilogramos de Miga por Puntos de Generación .....	21
<b>Tabla 3.</b> Zonas de generación de miga según mapa de calor.....	23
<b>Tabla 4.</b> Matriz para Determinación de causas potenciales .....	28
<b>Tabla 5.</b> Plan de Verificación de Causas .....	30
<b>Tabla 6.</b> Análisis Cinco Por Qué .....	33
<b>Tabla 7.</b> Plan de Acción de Mejoras .....	9
<b>Tabla 8.</b> Plan de Mejoras.....	9
<b>Tabla 9.</b> Descripción de factores y niveles.....	36
<b>Tabla 10.</b> Resultados del diseño factorial .....	38
<b>Tabla 11.</b> Kilos generados por cada tratamiento.....	38
<b>Tabla 12.</b> Zonas del horno y colores de la curva de temperaturas de horneó .....	43
<b>Tabla 13.</b> Plan de control de mejoras .....	49

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción de la empresa

El proyecto propuesto se realizará en una panificadora industrial extranjera que instaló sus operaciones en el año 2015 en Ecuador. Actualmente cuenta con 2 plantas de producción: Guayaquil y Quito; y 11 centros de ventas distribuidos estratégicamente a nivel nacional. Cuenta con 3 tipos de canales de distribución: canal detalle, canal autoservicio y canal distribuidores.

En cuanto a las plantas de producción, Quito está conformada por 2 líneas: pan de molde y pan tostado; Guayaquil por su parte está conformada por 7 líneas de producción: pan de molde, bollería, panquelería y pastelería, productos secos, tortillas, pan de pascua y apanadura.

La planta con mayor producción en toneladas es Guayaquil, por lo cual, las operaciones claves de la empresa son realizadas en esta ciudad y el alcance de este proyecto será en una de las líneas de esta planta.

En la organización el desperdicio de alimentos es considerado como todos los ingredientes y/o productos terminados que no son usados como alimento para consumo humano, este se genera de dos formas diferentes denominadas bajas y barredura. Las bajas son todo tipo de producto terminado, que no cumple con las especificaciones de calidad predefinidas para ser enviado al mercado para su venta. Este indicador es nuestra principal fuente de información respecto al desempeño operativo de las líneas de producción en cuanto a desperdicios se refiere y la barredura es todo desperdicio como miga de pan, crema, aceite, masas, etc. que no pudieron ser transformados en producto terminado.

Desde el mes de septiembre de 2019 al mes de septiembre del año 2020 el desperdicio total generado en planta Guayaquil fue de **233429 Kg.**

Por concepto de baja el desperdicio total fue de 164119.38 Kg y el desperdicio por concepto de barredura fue de 69309.62 Kg

### Filosofía de la compañía

Construir una empresa sustentable, altamente productiva y plenamente humana.

Basándose en 4 prioridades:

- Revolucionar la generación de valor con máximo potencial
- Reconfigurar el futuro de la transformación digital
- Redefinir nuestras formas de trabajar con una mentalidad ágil.
- Renovar la consciencia sobre la sustentabilidad

Siendo la última en mención uno de los factores que vuelven atractivo este proyecto para la organización.

## **Características de la operación**

La operación comienza mediante la recepción de los pedidos diarios de los cliente de todos los canales de distribución a través de un equipo llamado hand held con 3 días de anticipación a la entrega, esta información es consolidada en la plataforma comercial de cada centro de venta; una vez ingresada la información el planificador de los pedidos del área comercial se encarga de validar los inventarios en cada centro de venta a nivel nacional para luego realizar el pedido mediante el sistema CPD(sistema de control de despachos del área logística) este pedido es validado por el asistente administrativo de logística, analizando inventarios existentes en centro de venta Guayaquil norte para que la información que llegue al planificador de producción sea la idónea para la planta.

Una vez receptado el pedido de parte del área logística, el planificador valida inventarios de materia prima, turnos de producción y orden ideal de producción en cada línea para proceder a generar las ordenes de producción y estas sean fabricadas en cantidad y tiempo requerido.

### **1.2. Descripción del proceso**

El proceso para elaboración de pan moldes en la empresa donde se desarrolla el proyecto consta de las 9 etapas:

#### **Recepción de materia prima**

En esta etapa el supervisor del almacén de materia prima realiza el requerimiento semanal de los macro ingredientes (harina, azúcar, sal, levadura; y micro ingredientes como enzimas, emulsificantes, acidulantes, etc.)

Los requerimientos se realizan cada 8 días para no llegar a desabastecimientos durante la semana de producción.

#### **Amasado**

Es la primera etapa de conversión de la panificación, el objetivo principal es el desarrollo del gluten a través de la mezcla de todos los ingredientes mencionados anteriormente en la recepción de materia prima más agua.

Con los equipos de la línea de moldes, este proceso dura aproximadamente 6 minutos dependiendo del tipo de masa que se vaya a procesar. En este caso se realiza el estudio con masa blanca.

#### **División**

En esta etapa se realiza el fraccionamiento de cada lote con el peso objetivo en masa para lograr el peso ideal en producto terminado.

Este proceso es realizado por una máquina a razón de 55 cortes por minuto.

#### **Moldeo**

El objetivo de esta etapa del proceso es darle la forma que se desea, en producto terminado, al corte de masa. Para los panes de molde se lo realiza aplicando presión mediante planchas de moldeo hasta formar una masa en forma de camote.

## **Fermentación**

El objetivo de esta etapa es lograr el 75% del volumen deseado a través de la aplicación de temperatura y humedad; así también logra el desarrollo de sabores y olores característicos en el producto terminado.

Los parámetros ideales de este proceso son 40°C, 80% de humedad durante 60 minutos.

## **Horneo**

Durante esta etapa del proceso a través de la aplicación de temperatura, la masa logra obtener el 100% del volumen deseado, logra afianzar los sabores, color y estructura característicos del producto terminado.

Para panes de molde el tiempo promedio de horneado es de 20 minutos.

## **Enfriamiento**

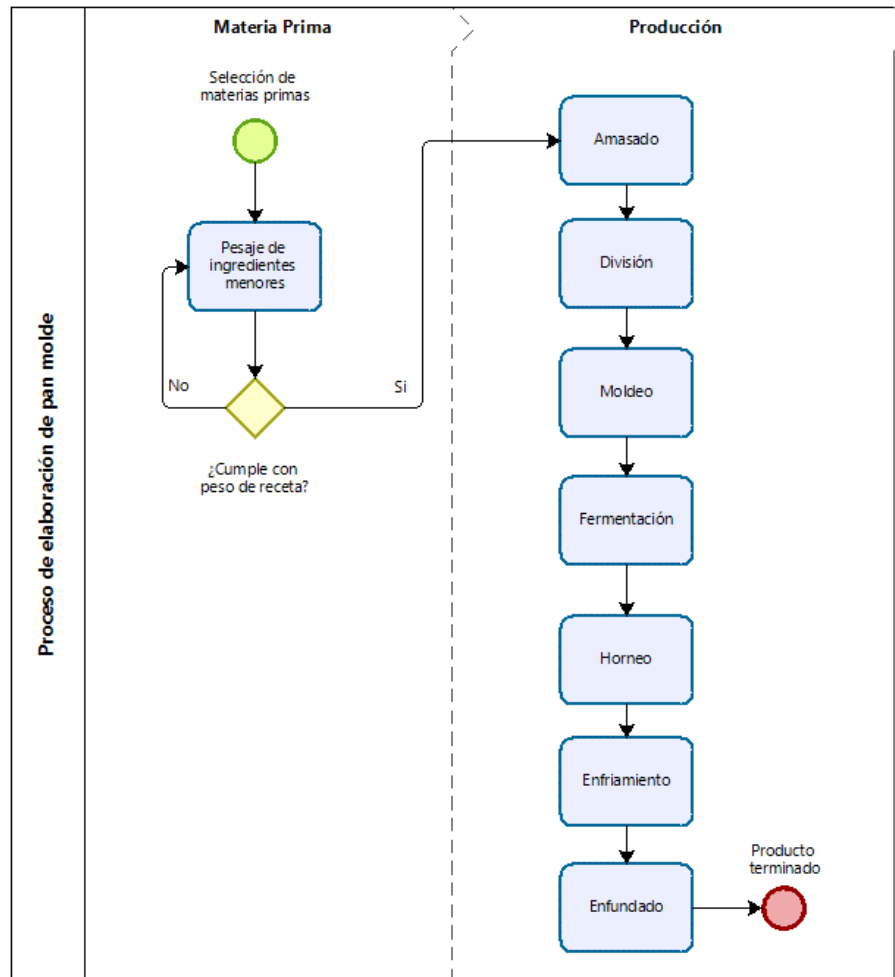
Debido a que la temperatura del producto a la salida del horno es de aproximadamente 98°C, este debe tener un proceso de enfriamiento hasta lograr una temperatura de 30°C para ser empacado, ya que temperaturas de producto terminado mayores a 30°C generan condensado dentro del empaque; afectando al tiempo de vida útil del producto.

## **Enfundado**

Una vez enfriado el producto horneado, se procede a enfundarlo a razón de 110 panes por minuto.

## **Paletizado**

Finalmente, el producto terminado es colocado en bandejas de 10 unidades cada una, para ser despachados a todos los centros de venta a nivel nacional.



**Figura 0.1** Descripción de proceso de elaboración de pan molde  
**Elaborado por:** Autor

### 1.3. Justificación

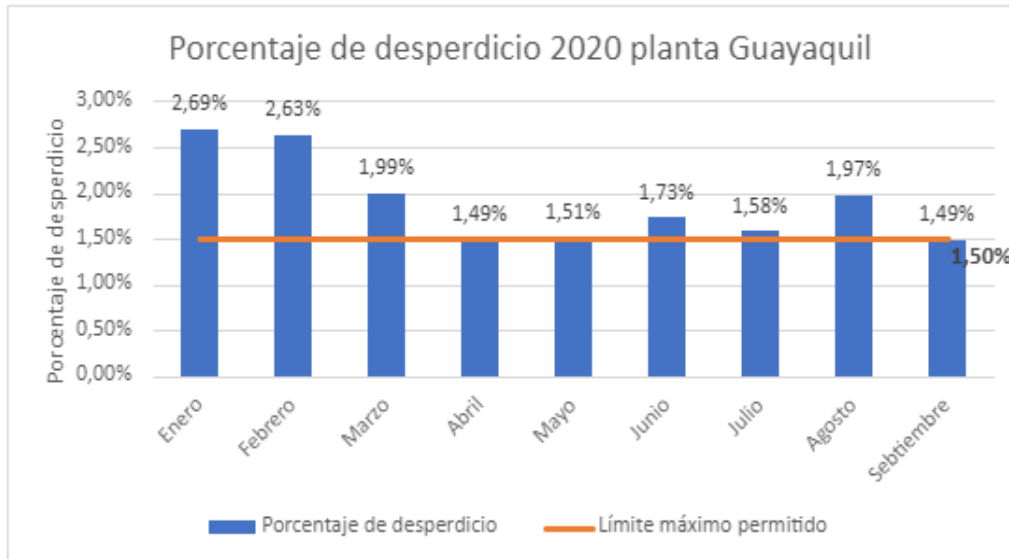
Debido a la constante evolución industrial hacia un mundo amigable con el medio ambiente, las industrias medioambientalmente responsables tienen como un pilar fundamental de medición la sustentabilidad.

Desde el 2015 la Organización de Naciones Unidas (ONU) planteó entre sus 17 objetivos de desarrollo sostenible: la producción y consumo responsable de alimentos, agua limpia y saneamiento y energía asequible y no contaminante. Por lo cual las industrias del sector alimenticio regularmente monitorean indicadores como: desperdicio de alimento, consumo de agua por tonelada producida, porcentaje de reciclaje, energía eléctrica consumida por tonelada producida y energía térmica consumida por tonelada producida; siendo el desperdicio de alimento uno de los indicadores de mayor relevancia para su giro de negocio.

Uno de los indicadores de sustentabilidad de mayor relevancia para la organización en donde se implementará el proyecto es el indicador de porcentaje de desperdicio, el cual se lo calcula mediante el siguiente algoritmo:

$$\text{Porcentaje de desperdicio (\%)} = \frac{\text{Kg de bajas} + \text{Kg de barredura}}{\text{Kg de producción} + \text{Kg de bajas} + \text{Kg de producción}} \times 100$$

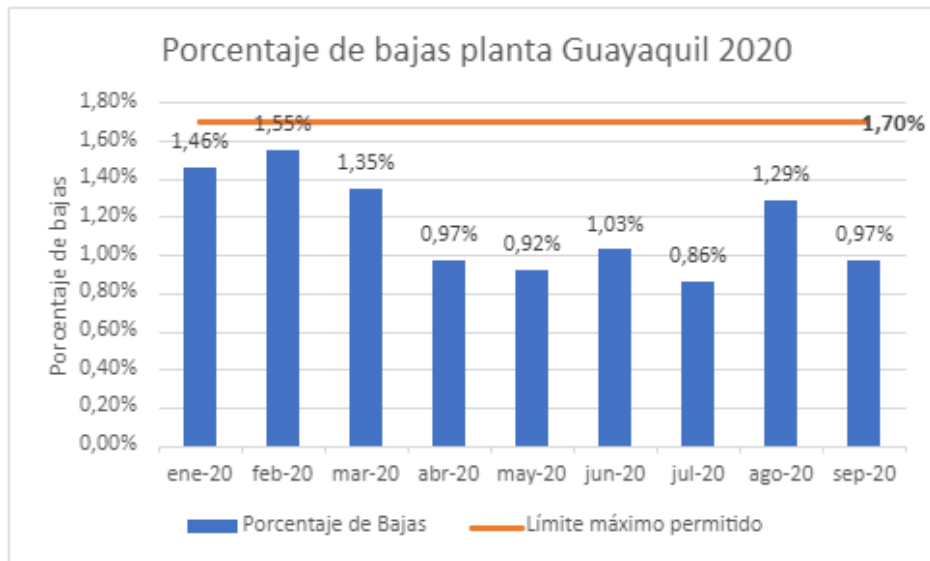
Durante el año 2020 el indicador de desperdicio presentó el comportamiento mostrado en la figura 1.2.:



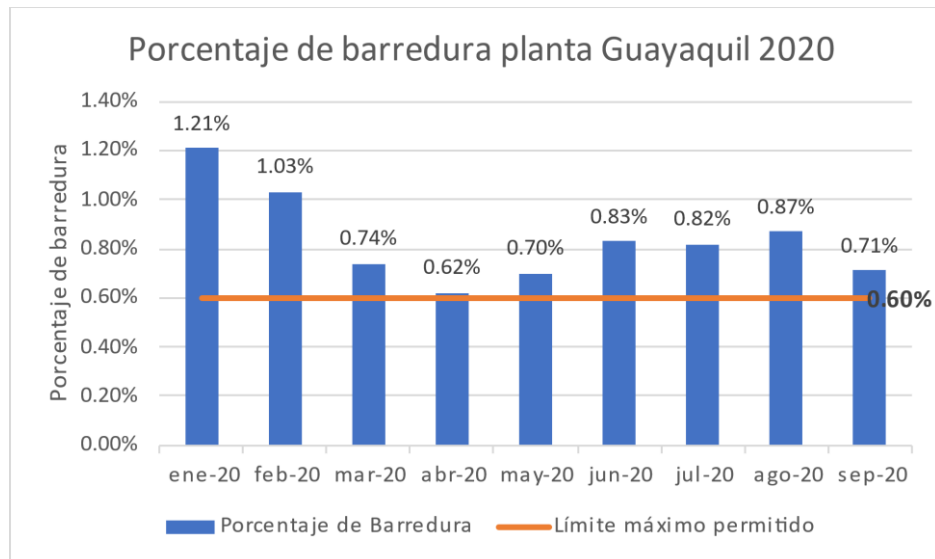
**Figura 0.2** Indicador de Desperdicio Enero a Septiembre 2020  
**Elaborado por:** Autor

Como se puede observar en la figura 1.2, el indicador de desperdicio tuvo un promedio de 1.89% desde enero a septiembre del 2020 encontrándose fuera del límite máximo permitido de 1.5% por lo cual se procede a recabar información para detectar el factor que está influyendo a este comportamiento.

Adicionalmente se evidenció que en los meses de abril y septiembre del 2020 el indicador de desperdicio se encontró dentro del límite máximo permitido, por lo cual se presume que se encuentra influenciado directamente por los kilogramos de bajas y los kilogramos de barredura tal como se observa en el algoritmo para el cálculo del desperdicio, debido a estos resultados se presenta el comportamiento de estos tipos de desperdicio en las figuras 1.3. y 1.4. respectivamente.



**Figura 0.3 Porcentaje de Bajas**  
**Elaborado por: Autor**

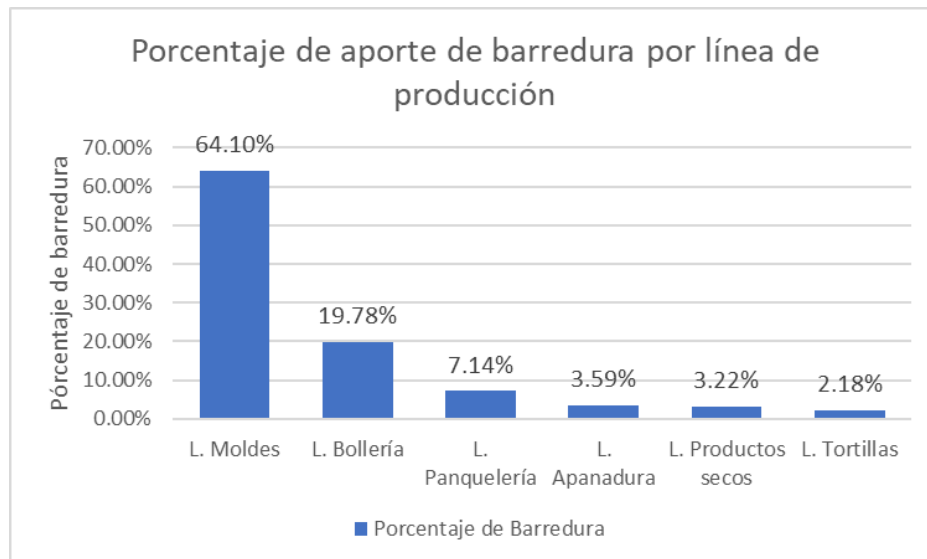


**Figura 0.4 Porcentaje de Barredura**  
**Elaborado por: Autor**

De acuerdo con los datos observados en la figura 1.3 se evidenció que el indicador de bajas siempre se mantiene por debajo del límite máximo establecido por la empresa la cual es 1.70%; por el contrario, el indicador de barredura se encuentra por encima del 0.60% que es la meta.

Una vez identificado al porcentaje de barredura como el tipo de desperdicio principal de la planta, se identifica mediante un análisis 80-20 cual es la línea que más kilogramos aporta al total generado por la planta.

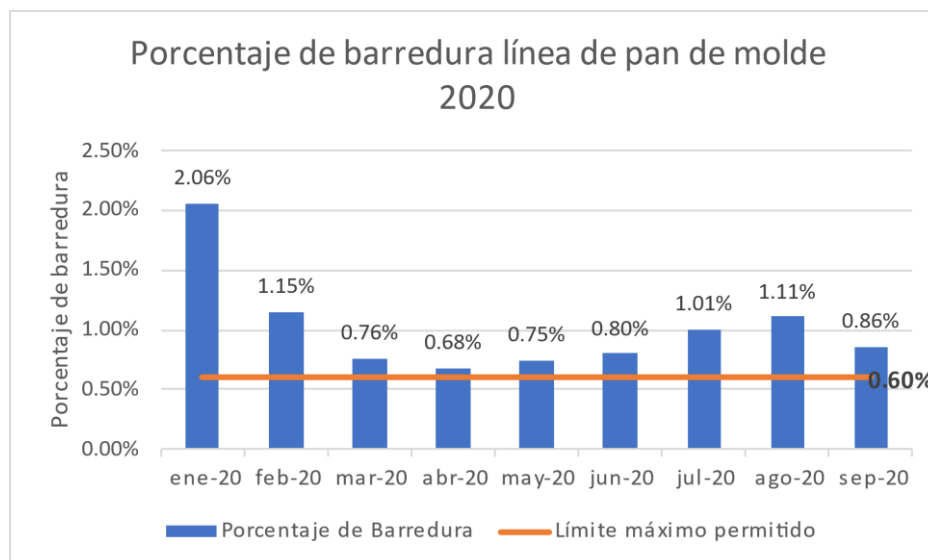




**Figura 0.5** Porcentaje de aporte de barredura por línea de producción  
**Elaborado por:** Autor

Tal como se muestra en la figura 1.5., la línea de producción que más aporta al indicador de barredura en la planta Guayaquil es la línea de pan de molde con el 64.10% de generación total.

En la figura 1.6 se muestra el comportamiento del porcentaje de barredura de esta línea desde enero hasta septiembre del año 2020.



**Figura 0.6** Porcentaje de Barredura en Líneas Molde Enero a Septiembre 2020  
**Elaborado por:** Autor

Una de las posibles causas del incumplimiento en este indicador es la falta de seguimiento de los indicadores de sustentabilidad del negocio hasta el mes de septiembre del 2020, el indicador de barredura de la línea de pan de molde alcanza un resultado de 1.02% cuando el límite máximo permisible es de 0.6% en el período de enero a septiembre 2020.

Anteriormente se realizaron proyectos de mejora donde las mejoras no pudieron ser sostenibles por lo cual se presentan estos resultados estacionales. Para la organización

es importante controlar el desperdicio en esta línea por dos motivos; el primero se da debido a que una de las políticas corporativas se debe a mantener este indicador dentro de meta dado que se considera de gran impacto al desperdicio de alimento a nivel mundial y por otra parte la línea de fabricación de pan de molde es la línea de producción que más aporta porcentualmente a los indicadores de desperdicio no solamente de planta Guayaquil sino también al indicador nacional.

Mediante la implementación de este proyecto se busca reducir el indicador de desperdicio por barredura en la línea de pan de molde y mantenerlo en 0.6% para así alinear los procesos inherentes que generan estos resultados, aportando de esta manera a los objetivos transformacionales de la planta Guayaquil, generando ahorros para la organización y aportando positivamente a los objetivos ambientales y humanísticos a nivel mundial.

## **1.4. Objetivos del proyecto**

### **Objetivo general**

Disminuir el porcentaje de generación de barredura en la línea de pan de molde, mediante la implementación de herramientas Lean Six Sigma de mejora continua.

### **Objetivos específicos**

- Definir el proceso de elaboración de pan de molde, mediante la diagramación de procesos, e identificar los factores que intervienen en cada etapa identificada.
- Realizar mediciones para identificar los puntos de generación de barredura en toda la línea
- Analizar los datos recolectados mediante herramientas estadísticas y cualitativas.
- Implementación de mejoras para la reducción de barredura en la línea de pan de molde.
- Definir medidas de control para mantener las mejoras realizadas en el indicador de barredura de la línea.

## **1.5. Estructura del proyecto de titulación**

Debido al constante incumplimiento de meta del indicador de barredura en la línea de pan de molde, a pesar de ya haber implementado acciones correctivas sin obtener resultados favorables; este proyecto será implementado siguiendo las etapas de la metodología DMAIC.

Por lo cual el capítulo 2 se enfocará en la presentación de la información científica de esta metodología y su aplicación orientada a la industria.

En el capítulo 3 se presenta información basada en la justificación del proyecto expuesta en el primer capítulo: la Definición del problema, y será realizada a través de la situación actual del proceso y las expectativas de la organización respecto a los objetivos del indicador fuera de meta.

En la etapa de medición se detalla la evaluación cuantitativa de la situación actual del proceso para definir las causas potenciales de la generación de barredura,

posteriormente se analiza las causas potenciales detectadas en la etapa anterior para llegar a la causa raíz de la desviación mediante herramientas de mejora continua.

Una vez propuestos los planes de acción para eliminar la causa raíz detectada, se realiza la implementación de cada una de ellas.

El proyecto concluye en el capítulo 4 con la implementación de controles para estandarizar y mantener los resultados obtenidos, así como también generar acciones inmediatas en caso de existir alguna variación.

El capítulo 5 está compuesto de las conclusiones y recomendaciones respecto a los resultados obtenidos, la expectativa de la organización en la implementación de este proyecto y la responsabilidad otorgada a los colaboradores que lideran la producción en esta línea de panificación.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Descripción de la metodología

Las herramientas Lean Six Sigma representan la fusión de las dos iniciativas de mejora más poderosas y populares de nuestros días. La implementación de Lean Six Sigma, le permite a las empresas acceder al poder de Lean y Six Sigma en una sola y coordinada iniciativa (Gómez, 2019).

Lean Six Sigma hace énfasis en que la velocidad está directamente relacionada con la excelencia. La velocidad está generalmente asociada con trabajo mal hecho. Pero con Lean Six Sigma, se busca las oportunidades de mejorar los procesos claves eliminando desperdicios al mismo tiempo que se mejora la calidad. Lean Six Sigma puede verse como la aplicación de las técnicas Lean Manufacturing para incrementar la velocidad de la organización, mientras se combina con las herramientas y cultura Six Sigma para mejorar eficiencias y enfocarse en los temas cruciales de los Clientes (Gómez, 2019).

La metodología de mejora aplicada en six sigma es denominada DMAIC, la cual es un acrónimo de cinco fases interconectadas. Definir los objetivos del proyecto y medir el proceso, analizar y determinar la causa y el futuro proceso de control de rendimiento. Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error (Domínguez, 2020).

Pasos para la implementación de la metodología DMAIC:

#### Definición

Esta es la primera etapa para la mejora de cualquier proceso, aquí se establecen los objetivos del proyecto, la forma en que se va a medir, el alcance del proyecto que no es otra cosa sino poner un límite al proyecto y documentar las personas que están involucradas en el mismo. También esta etapa se utiliza para que las personas involucradas en el proyecto estén claro de que consiste el mismo. Establece metas en las que todos estén de acuerdo y también establece el o los problemas que se van a trabajar para que haya un orden y todos estén enfocados en un mismo fin (Lambert, 2015).

Utilizando el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Dado a que, por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos (Universidad Villanova, 2020).

Los problemas de calidad no siempre se generan donde se detectan ni cuando se detectan, por ello es necesario tener una herramienta que realice la trazabilidad hacia adelante y hacia atrás a fin de encontrar oportunidades de mejora y así plantear soluciones que causen impacto real en la organización (Acuña Acuña, 2012).

Para ello se utilizará un diagrama SIPOC el cual tiene como objetivo conocer las entradas y salidas de los procesos incluyendo materiales y producto final, así como también documentar un proceso a nivel macro, analizar sus transiciones e identificar los involucrados o dueños del proceso.

Finalmente, mediante un diagrama de proceso se identifica el proceso actual a mejorar, de tal forma que sea más fácil de comprender, visualizar el flujo de trabajo y secuencias de tareas, y establecer los variables de medición del proyecto (Pattini Velthuis, 2015).

## **Medición**

El objetivo de la segunda etapa de la implementación es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por lo cual, se realiza la medición detallada del proceso para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; se establecen con mayor detalle las métricas (las Y9s) con las que se evaluará el éxito del proyecto, y se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las Y's puedan medirse en forma consistente. Además, con las variables de medición validadas se mide la situación actual para clarificar el punto de partida del proyecto (Gutiérrez Pulido, 2010).

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que ordena las causas de un problema de mayor a menor repercusión. Muestra como unas causas, "pocas y vitales" son responsables de la mayor parte de los defectos (aproximadamente el 80%), y las separa de las "muchas y triviales" que son responsables solamente del 20% (Gonzalez Gaya, 2013).

Para la creación del diagrama de Pareto se realiza los siguientes pasos:

- a. Disposición de los datos. Es necesario recopilar los datos y verificar que estos son correctos. El problema debe ser mensurable y cuantificable.
- b. Anotación del valor de los elementos que componen el estudio, y se ordena de mayor a menor.
- c. Se calcula el porcentaje total que representa cada elemento, así como el porcentaje acumulado.
- d. Se trazan los ejes del gráfico, en el eje vertical izquierdo se coloca los valores de las mediciones realizadas, en el eje horizontal se colocan las causas y en el eje vertical derecho se coloca valores de porcentaje de 0% a 100%.
- e. Se trazan las barras correspondientes a cada elemento que contribuye al efecto final.

## **Análisis**

El diagrama causa efecto es una representación gráfica compuesta de líneas y símbolos que tienen por objeto representar una relación entre un efecto y sus causas para poder describir de una manera más sencilla y comprensible el problema, en consecuencia, identificar las causas responsables del defecto en el producto considerado, a fin de que se puedan aplicar las acciones correctivas necesarias (Rey Sacristán, 2003).

Para la construcción del diagrama se utiliza el método de las 6M siendo este el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso, y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M (Gutiérrez Pulido, 2010).

## **Implementación**

La fase de implementación es la transición del proceso a la solución. Las inversiones críticas han sido verificadas y optimizadas asegurando las causas de los problemas. Una vez las causas de los problemas han sido determinadas en la fase de análisis, el equipo identifica y cuantifica que pasará si las mejoras necesarias no se realizan y que pasará si se tarda mucho tiempo en llevarlas a cabo. Esto desarrolla un análisis de costo/beneficio. Muy a menudo, el proceso de experimentación simple y la simulación ofrecen al equipo grandes ganancias en este paso. A su vez, en esta fase el equipo desarrolla e implementa un plan con un cambio en el acercamiento en la gestión que ayudará a la organización en la puesta en marcha y adaptación de las soluciones y en los cambios que resultarán de ello (Lambert, 2015).

## **Diseño de Experimentos**

Los experimentos tienen como finalidad descubrir algo acerca de un proceso o sistema particular. Un experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida (Montgomery, 2004).

En muchos experimentos interviene el estudio de los efectos de dos o más factores. En general, los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimentos. Por diseño factorial se entiende que en cada ensayo o réplica completa del experimento se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores (Montgomery, 2004).

El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor. Con frecuencia se le llama efecto principal porque se refiere a los factores de interés primario en el experimento.

Una vez identificado el efecto del factor que más impacta en la variable de respuesta, se genera la implementación a mayor escala en el proceso o situación de interés.

## **Control**

Esta etapa permite verificar la efectividad y la eficacia de las acciones implementadas en el proceso a través de las diversas etapas de la herramienta. Es indispensable definir indicadores que agreguen valor al nivel de desempeño de la organización y permitan tomar acciones inmediatas en caso de desviaciones.

Las ciencias estadísticas permiten utilizar un sin número de aplicaciones para conocer el estado de un proceso bajo los eventos que ofrece la información recolectada en la organización.

# CAPÍTULO 3

## 3. MARCO METODOLOGICO

En este capítulo, siguiendo los pasos de la metodología DMAIC, se realizó la implementación de todas las herramientas, técnicas, procedimientos, etc. necesarios para lograr los objetivos planteados en el capítulo 1.

### 3.1. Definición de la problemática

#### 3.1.1 Equipo del proyecto

Antes de realizar la implementación de la metodología se debe conformar al equipo del proyecto, el cual debe ser multidisciplinario debido a que para la reducción de la barredura puede estar relacionado directamente con la formulación, equipos, programación, proceso, etc. A continuación, se detalla los miembros del equipo de implementación:

1. **Departamento de producción:** Encargado de brindar información del proceso, condiciones actuales, de la gestión e implementación de las mejoras propuestas luego del estudio realizado.

**Equipo:** Supervisor de producción + Planificador de producción + operadores de horneo + operadores de enfundado

2. **Departamento de Innovación y desarrollo:** Encargado de realizar los análisis y propuestas en las recetas para mejorar la suavidad, aspecto importante en la generación de barredura, de los productos de la línea de pan de molde.

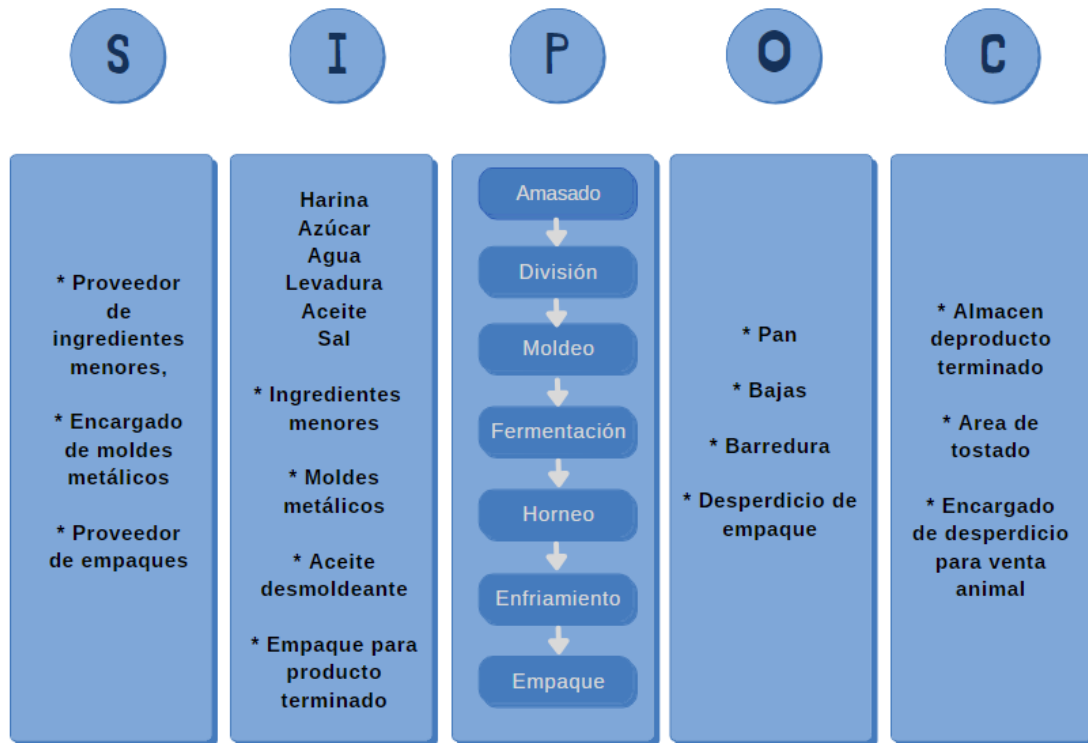
**Equipo:** Supervisor de innovación y desarrollo + Administrativo de innovación y desarrollo.

3. **Departamento de mantenimiento:** Brinda el soporte técnico para realizar el análisis de las condiciones técnicas actuales de los equipos, así como también aporta en la implementación de ajustes, calibraciones y cambios de ser necesarios en cada uno de ellos.

**Equipo:** Supervisor de mantenimiento, Técnico electromecánico de la línea de pan de molde.

#### 3.1.2 Análisis SIPOC

Para definir el problema se elaboró el análisis SIPOC principalmente para conocer todos los factores que intervienen en el proceso, los cuales son proveedores, entradas de materiales, salidas de materiales y los clientes finales; así como también el alcance del proyecto, desde que departamento/área hasta cual departamento/área se realizará el estudio e implementación de las mejoras propuestas.



**Figura 0.1** Análisis SIPOC Proceso de Elaboración de Pan Molde.  
**Elaborado por:** Autor

Una vez definido el alcance del proyecto es importante mencionar que los inputs juegan un papel importante en el objetivo del proyecto ya que gran parte de los ingredientes tanto mayores como menores influyen directamente en la suavidad del producto y por ende en la generación de barredura de la línea de pan de molde.

El segundo aspecto importante de estudio es el proceso ya que dentro del mismo existen muchas variables que influyen en la generación de barredura como perfiles de horneado, tiempo de enfriamiento, etc., los cuales están relacionados directamente con la operación del personal encargado.

Finalmente, en los outputs se encuentra la variable de respuesta del estudio y de acuerdo con lo mencionado anteriormente esta variable está siendo afectada tanto por los ingredientes(inputs) y por el proceso(outputs) por lo cual el enfoque del proyecto se enfocará en la reducción de variabilidad en estos aspectos.

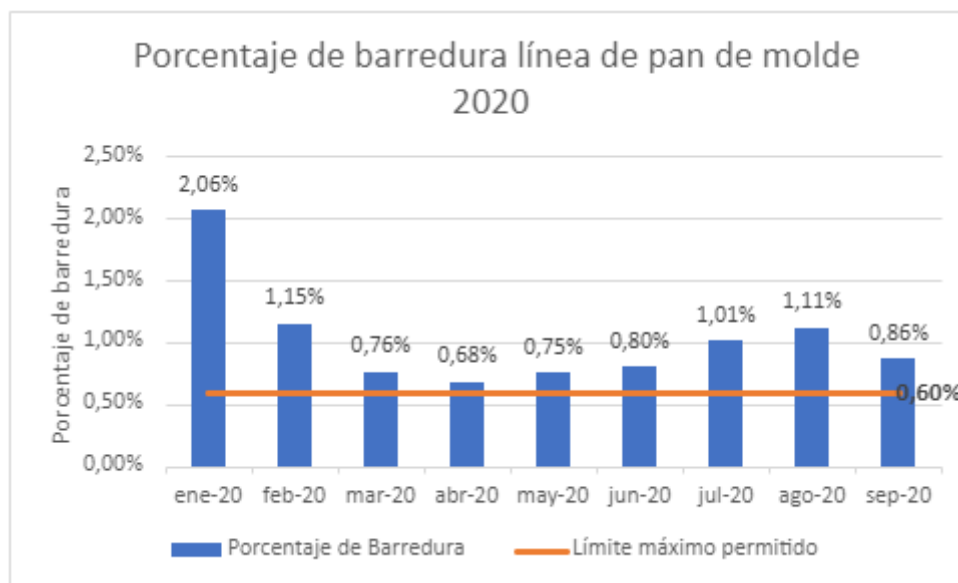
### 3.1.3 Indicador de gestión

Para el seguimiento de la variable de respuesta del proyecto se selecciona el porcentaje de barredura generada en las líneas de producción el cual, para estar dentro de la meta establecida debe ser menor o igual a 0.6% . Este indicador se lo calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de barredura (\%)} = \frac{\text{Kg de barredura}}{\text{Kg de producción} + \text{Kg de bajas} + \text{Kg de barredura}} \times 100$$



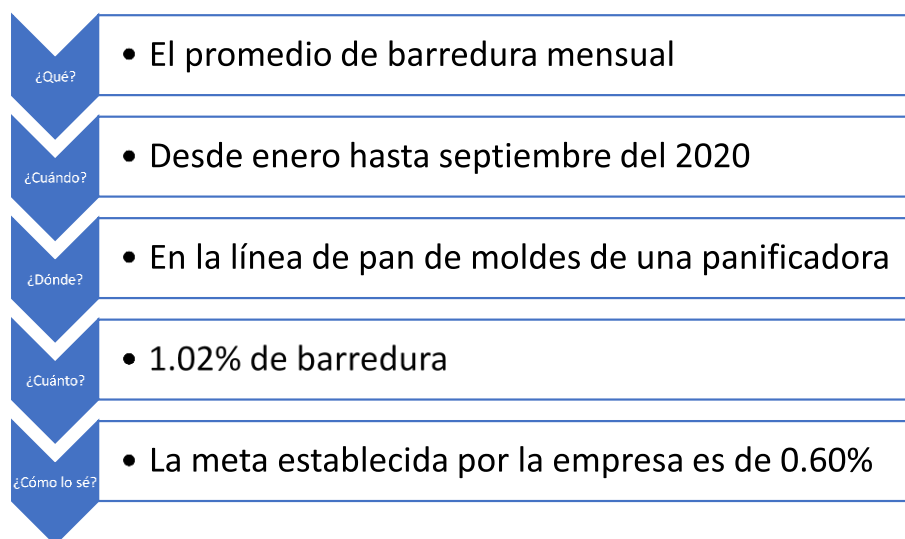
En la figura 3.2 se muestra el comportamiento del indicador de barredura de la planta Guayaquil desde enero a septiembre del año 2020.



**Figura 0.2** Indicador de Porcentaje de Barredura en Línea de Moldes Ene – Sept 2020  
*Elaborado por: Autor*

### 3.1.4 Problemática

Tomando como referencia la información detallada como situación inicial del comportamiento de la barredura en la línea de pan de molde, se realizó la definición del problema mediante la herramienta 3W+2H, como se muestra en la figura 3.3.



**Figura 0.3** Herramienta de 3w+2h para Definición del problema  
*Elaborado por: Autor*

Una vez utilizada la herramienta el problema se definió como en la línea de pan de molde, el promedio de barredura mensual ha sido del 1.02% desde enero a septiembre del 2020, mientras que la empresa espera que este porcentaje sea menor o igual a 0.60% para mejorar la sustentabilidad de la planta.

### **3.2. Medición de situación actual**

En esta etapa se muestra el estado actual del proceso de elaboración de panes de moldes, cuáles son los productos con mayor generación de barredura, en qué etapa del proceso se genera más barredura, cual es el tipo de barredura con mayor influencia, para lo cual se utilizarán datos históricos desde el mes de enero hasta septiembre del año 2020.

Para ejecutar esta medición se diseñó un plan de recolección de datos mostrados en la tabla 1.

**Tabla 1. Métricas de control del proceso de producción**

Métrica	Unidad de medida	Tipo de métrica	Donde recolectar?	Cuándo recolectar?	Método de recolección	Por qué recolectar?	
Volumen de desperdicio de la planta	Kilogramos de desperdicio de planta por mes	Discreto	Planta Guayaquil	01/09/2020 - 30/09/2020	Información histórica	Identificar el comportamiento de desperdicio de la planta	Supervisor de producción
Volumen de bajas de la planta	Kilogramos de bajas de planta por mes	Discreto	Planta Guayaquil	01/09/2020 - 30/09/2020	Información histórica	Identificar el comportamiento de las bajas por mes	Supervisor de producción
Volumen de barredura de la planta	Kilogramos de barredura de planta por mes	Discreto	Planta Guayaquil	01/09/2020 - 30/09/2020	Información histórica	Identificar el comportamiento de la barredura por mes	Supervisor de producción
Volumen de barredura por línea	Kilogramos de barredura por línea	Discreto	Planta Guayaquil	01/09/2020 - 30/09/2020	Información histórica	Identificar la línea que mas genera barredura en la planta	Supervisor de producción
Volumen de barredura de línea de pan de molde	Kilogramos de barredura de línea de pan de molde por mes	Discreto	Planta Guayaquil	01/09/2020 - 30/09/2020	Información histórica	Identificar comportamiento mensual de la barredura en la línea de moldes	Supervisor de producción
Volumen de tipo de barredura generado en línea de pan de molde	Kilogramos de barredura por tipo	Discreto	Planta Guayaquil	01/09/2020 - 30/09/2020	Información histórica	Conocer los tipos de barredura generadas y su porcentaje de aportación	Supervisor de producción
Cantidad de miga por punto de generación	Kilogramos de miga por punto de generación	Discreto	Planta Guayaquil - Línea de pan de molde	01/10/2020 - 31/10/2020	Medición en línea de proceso	Identificar los puntos de mayor generación de miga	Supervisor de producción

*Elaborado por: Autor*

Los indicadores de volumen de desperdicio de la planta, volumen de bajas de la planta, volumen de barredura de la planta, volumen de barredura por línea y porcentaje de barredura de la línea de pan de molde fueron recolectados y utilizados en la justificación del problema, por lo cual se mostrará los datos a partir del tipo de barredura generado en la línea en donde se implementará el proyecto.

### Tipos de barredura

Para la comprensión de las diferentes clases de barredura generada en la línea de moldes; a continuación, se describe a cada uno de ellos.

**Miga.** Es un tipo de barredura, en forma de partícula, generado después del horneado, este se produce por fricción del pan con una superficie en movimiento como bandas, cuchillas, equipos de empaque, etc.

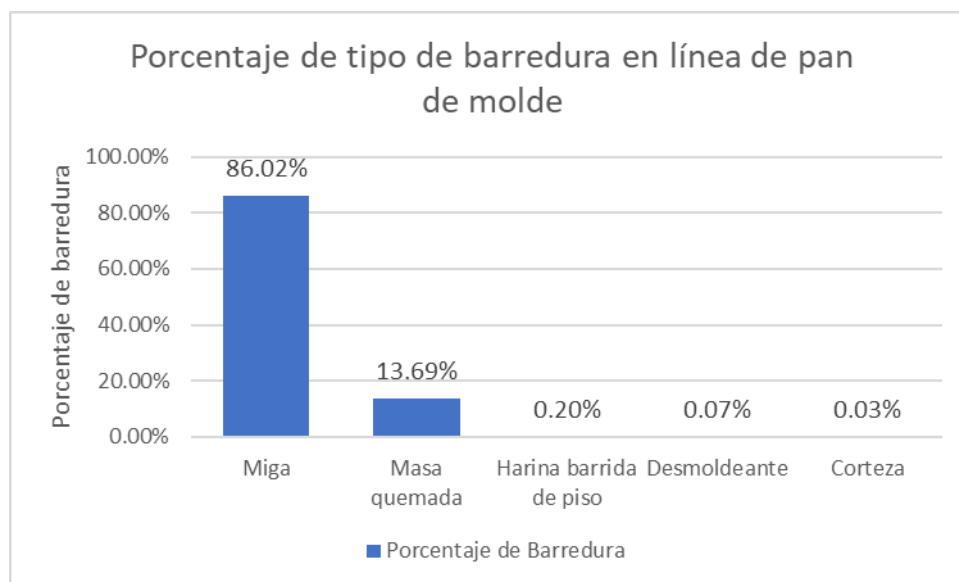
**Masa quemada.** Es todo excedente de masa generado desde el área de amasado hasta la cámara de fermentación, esta masa pasa por un proceso de horneado para ser vendida como alimento para animales.

**Desmoldeante.** Es todo excedente de aceite desmoldeante generado en el área de amasado, en la cuba transportadora de masa y en el área de ingreso de moldes previo al moldeo de la masa.

**Corteza.** Este tipo de barredura es generado en el área de empaque, precisamente en las rebanadoras y corresponde al excedente de corteza que poseen los panes de molde.

### Generación de barredura en línea de pan de molde

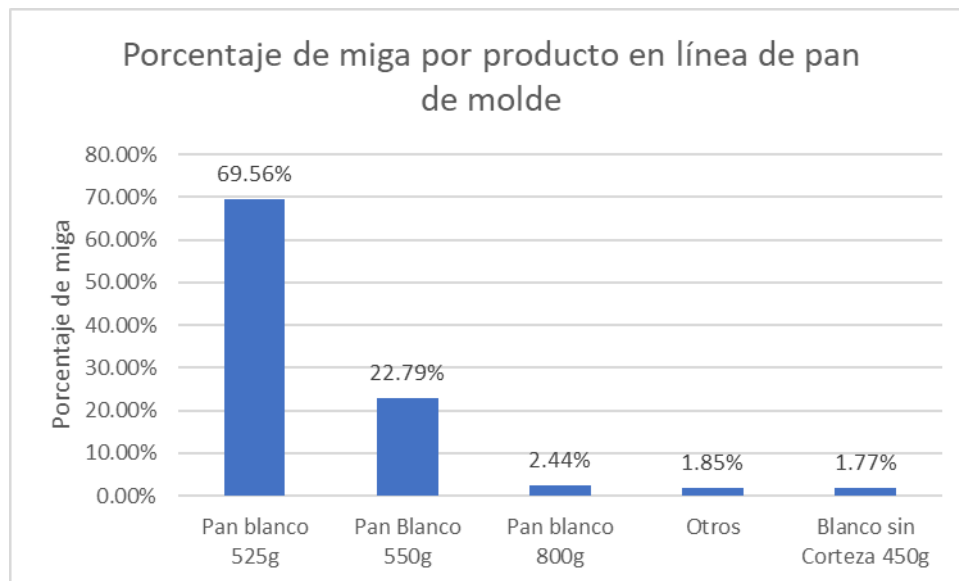
Durante el período de enero a septiembre del 2020 la generación de barredura por tipo tuvo el comportamiento mostrado en la figura 4.1.:



**Figura 0.4** Porcentaje de aporte de barredura por línea de producción  
*Elaborado por: Autor*

De acuerdo con los datos mostrados, el 86.02% de la barredura generada, en la línea en donde se implementará el proyecto, es representada por la miga.

Una vez identificado el tipo de barredura que más aporta al indicador de la línea, se procede a identificar cual es producto que presenta el mayor aporte de miga a la línea de producción de pan de molde.



**Figura 0.5** Porcentaje de aporte de barredura por línea de producción  
*Elaborado por: Autor*

De acuerdo la figura 4.2. se evidencia que los productos que más aportan con miga son: el Pan blanco 525g y el Pan blanco 550g con un porcentaje de 69.56% y 22.79% respectivamente.

Este dato fue un aporte importante para direccionar las mediciones únicamente en las áreas de producción a partir de la salida del horno de la línea de producción y siguiendo el plan de recolección de datos, se planificó 2 corridas de 8 horas para identificar los puntos de mayor generación de miga.

Para la recolección de la miga generada a partir de la salida del equipo de horneado de la línea, se asignó al operador de enfundado de la línea de moldes para realizar la identificación de todos los puntos de generación y la medición, en kilos generados, de miga por cada punto.

Se identificó 28 puntos de generación detallados en la tabla 2.

**Tabla 2.** Kilogramos de Miga por Puntos de Generación

Punto	Descripción	Kilogramos por punto (kg)	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	1ra curva de la salida de desmoldeo	0,03	0,007%	0,007%
2	2da curva de la salida de desmoldeo	0,423	0,102%	0,109%
3	Unión entre banda de salida de desmoldeo con banda de transportadora de rodillo	2,885	0,693%	0,802%
4	Unión de banda transportadora de rodillo con la banda de entrada a divisora	0,7	0,168%	0,970%

Punto	Descripción	Kilogramos por punto (kg)	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
5	Banda de transmisión metálica a entrada de divisora	0,294	0,071%	1,041%
6	Banda de transmisión metálica a salida de divisora	1,578	0,379%	1,420%
7	Curva de entrada a espiral de enfriamiento	0,31	0,074%	1,494%
8	Banda de transmisión metálica para entrada a enfriador	1	0,240%	1,735%
9	Unión de espirales de enfriamiento (1 y 2)	1,4	0,336%	2,071%
10	Banda de transmisión metálica de espirales	0,6	0,144%	2,215%
11	Eje de segunda espiral	0,1	0,024%	2,239%
12	Banda de Transmisión metálica en salida de espiral	1,8	0,432%	2,672%
13	Banda de transmisión metálica de ingreso a divisora	0,95	0,228%	2,900%
14	Unión de variación de velocidad entre bandas de entrada en divisora de pan	2,05	0,493%	3,392%
15	Unión de variación de velocidad entre bandas de salida en divisora de pan	0,5	0,120%	3,512%
16	Banda de transmisión metálica a la salida de divisora	0,73	0,175%	3,688%
17	Curva de entrada hacia el PCC	0,45	0,108%	3,796%
18	Malla metálica de entrada hacia el PCC	0,46	0,111%	3,906%
19	Malla metálica de salida hacia el PCC	0,71	0,171%	4,077%
20	Curva de salida del PCC	0,22	0,053%	4,130%
21	Intersección entre banda de salida de PCC y entrada de banda divisora de enfundado	2,5	0,601%	4,730%
22	Entrada a divisora de enfundado	2,3	0,553%	5,283%
23	Salida a divisora de enfundado	2,65	0,637%	5,920%
24	Banda rebanadora 1	0	0,000%	5,920%
25	Banda rebanadora 2	0	0,000%	5,920%
26	Rebanadora 1	153,8	36,950%	42,869%
27	Rebanadora 2	191,3	45,959%	88,829%
28	Estructura de bandas del área de enfundado	46,5	11,171%	100,000%
	<b>TOTAL</b>	<b>416,24</b>	<b>100,000%</b>	

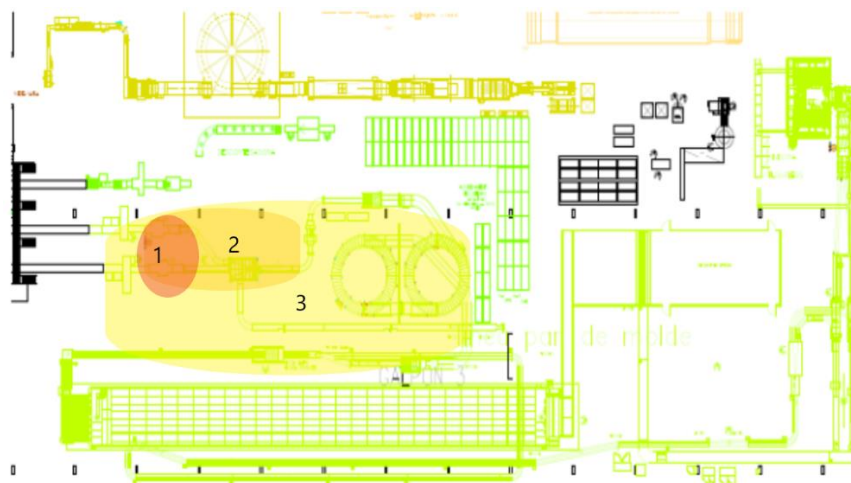
*Elaborado por: Autor*

De acuerdo con los datos observados en la medición de miga generada luego de la salida del proceso de horneado hasta el área de enfundado se evidenció que los mayores

puntos de generación se dan en la rebanadora 1 y rebanadora 2 con el 36.95% y 45.96% respectivamente.

Existe una diferencia de generación de miga entre rebanadoras debido a que la rebanadora 1 tiene una tecnología más actualizada que la rebanadora 2; sin embargo, la organización dejó claro que no está en condiciones de invertir en una rebanadora nueva.

Adicionalmente utilizando el layout de la línea de pan de moldes se generó un mapa de calor para mostrar la ubicación de las zonas en donde más se genera miga.



**Figura 0.6** Identificación de generación de miga de acuerdo con mapa de calor  
*Elaborado por: Autor*

De acuerdo con los datos obtenidos de la medición dentro de los puntos de generación se pudo dividir en 3 zonas. En la tabla 3 se las identifica:

**Tabla 3.** Zonas de generación de miga según mapa de calor

Zona	Color	Impacto	Puntos de generación
1	Rojo	Alto	Enfundadoras, Rebanadoras
2	Naranja	Mediano	Repartidor de pan, transportador de varillas
3	Amarillo	Bajo	Espiral de enfriamiento, desmoldeadora

*Elaborado por: Autor*

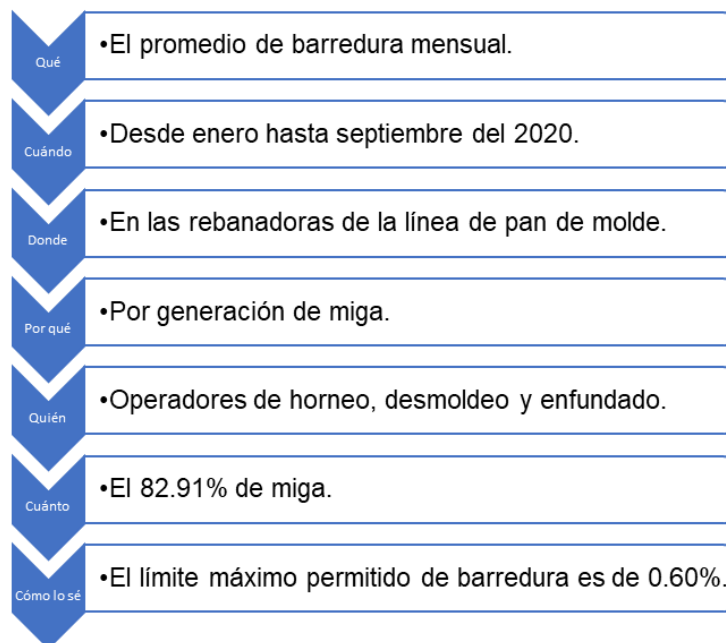
En la zona 1 se encuentra el 82.91% de generación de miga de la línea de moldes, específicamente en la rebanadora 1 y rebanadora 2 con un porcentaje de 36.95% y 45.96% respectivamente. Esta zona es la seleccionada para profundizar los estudios.

Luego de la identificación de los puntos de mayor generación de barredura, conjuntamente con el equipo multidisciplinario se procedió redefinir el problema mediante la herramienta 5W2H para luego realizar el análisis de causa raíz de la

desviación mediante un diagrama causa efecto enfocado en las rebanadoras del área de enfundado.

### 3.2.1 Definición del problema luego de la etapa de medición

Una vez identificados los puntos de generación de barredura en la línea de pan de molde, se procedió a definir nuevamente el problema mediante la herramienta 5W2H como se muestra en la figura 4.4.



**Figura 0.7** Herramienta de 5w+2h para Definición del problema  
*Elaborado por: Autor*

Una vez utilizada la herramienta 5W2H el problema evidenciado fue que desde enero a septiembre del 2020 el 82.91% de barredura, representada por la miga, es generado en las rebanadoras de la línea de pan de molde, impactando directamente al indicador de barredura de la planta ya que el límite permitido es de 0.60%.

### 3.3. Análisis de la generación de miga

En esta etapa se realizará la implementación de acciones correctivas que permitan eliminar la causa raíz mediante herramientas de mejora continua elaboradas por el equipo multidisciplinario.

#### 3.3.1 Herramientas de análisis

Para la identificación de la causa raíz y la generación de planes de acción para eliminarla se ejecutaron las siguientes herramientas respectivamente:

1. Diagrama de Ishikawa
2. Análisis de 5 por qué



De acuerdo con los datos observados en la figura 4.3., se evidenció que la mayor cantidad de miga se genera en la zona 1, motivo por el cual las herramientas mencionadas serán enfocadas en las oportunidades de mejora en los equipos del área de enfundado de la línea de pan de molde.

### **3.3.2 Diagrama Ishikawa**

El 82.91% de la miga generada en toda la línea de pan de molde está ubicada en la rebanadora 1 y rebanadora 2, como se puede observar en la figura 5.1. De esta forma se realizó un taller de lluvia de ideas con el equipo multidisciplinario para detectar todas las posibles causas de la desviación en estos equipos.



**Figura 0.8** Diagrama de Ishikawa – Generación de barredura en rebanadoras de línea de pan de moldes  
**Elaborado por:** Autor

### 3.3.3 Determinación de la causa raíz

Luego de la lluvia de ideas respecto a las causas que generan el exceso de miga en las rebanadoras de enfundado de pan de molde, con el equipo multidisciplinario se procedió a seleccionar las causas con mayor potencial en su generación mediante una matriz de relación frecuencia-impacto generado por cada causa identificada.

Esta evaluación se la realizó mediante la siguiente escala de relación de cuatro grados:

- 0: Sin relación
- 1: Baja relación
- 2: Relación moderada
- 3: Alta relación

Una vez definida la escala de relación para las posibles causas detectadas, se procede a realizar el cálculo para detectar la representatividad de cada una de ellas multiplicando el valor de la frecuencia por el impacto, obteniendo las siguientes ponderaciones:

**Tabla 4.** Matriz para Determinación de causas potenciales

Causas Potenciales (X)		Variable de respuesta(Y) Kg de barredura		
		Frecuencia 50%	Impacto 50%	Total
<b>X1</b>	Cuchillas de corte sin filo	3	3	9
<b>X2</b>	Pan llega a rebanadoras con la base muy tostada	3	3	9
<b>X3</b>	Fórmula mal balanceada	3	3	9
<b>X4</b>	Exceso de aceite desmoldeante	3	2	6
<b>X5</b>	Diferencias de perfiles de horneado entre operadores	3	2	6
<b>X6</b>	Falta de bandejas recolectoras de miga	3	2	6
<b>X7</b>	Perfil de horneado inadecuado	3	2	6
<b>X8</b>	Exceso de humedad en el ambiente	3	1	3
<b>X9</b>	Exceso de fricción en bandas transportadoras	3	1	3
<b>X10</b>	Falta de renovación de rebanadora 2	3	1	3
<b>X11</b>	Moldes en mal estado	2	1	2
<b>X12</b>	Falta de personal encargado de recolección de barredura	1	2	2
<b>X13</b>	Reporte de barredura incorrecto	1	0	1

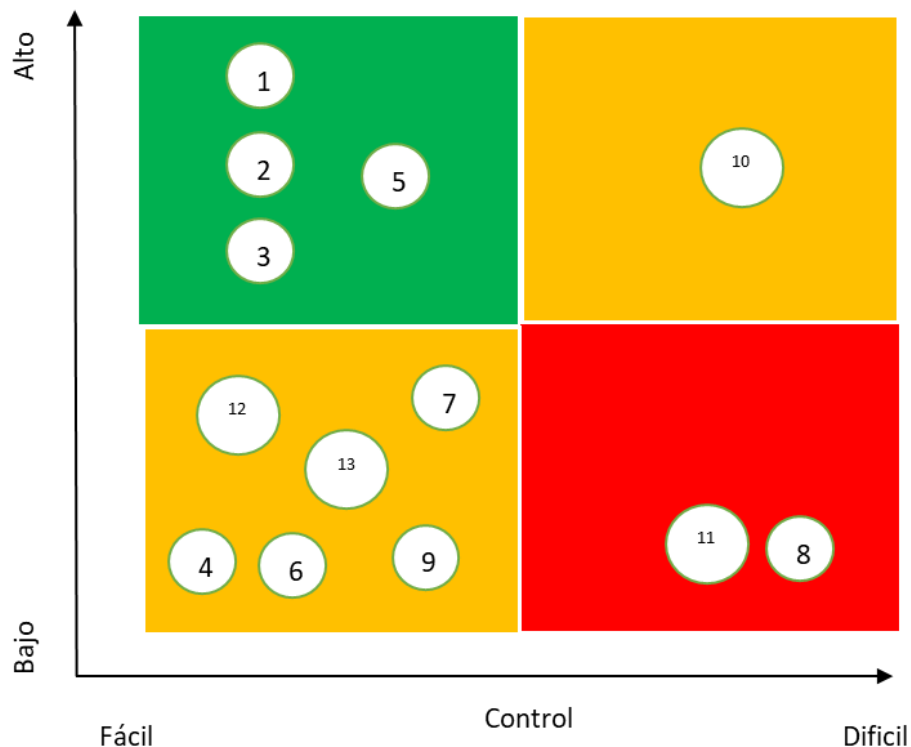
*Elaborado por: Autor*

De acuerdo con la tabla 4, el mayor promedio en cuanto a la relación con la variable de respuesta(frecuencia-impacto) se definió como causas potenciales las siguientes:

- Cuchillas de corte sin filo
- Pan llega a rebanadoras con la base muy tostada
- Fórmula mal balanceada

### 3.3.4 Matriz control impacto

Mediante la siguiente matriz control impacto se segmentaron todas las causas detectadas en el diagrama causa efecto, de acuerdo a la complejidad para solucionarlas y al impacto que causa a la variable de respuesta la generación de miga.



**Figura 0.9** Matriz Control Impacto  
*Elaborado por: Autor*

Como se puede observar en la figura 5.2., existen cuatro causas potenciales ubicadas en el área verde lo cual significa que estas causas son de un impacto mayor a la variable de respuesta.

En los resultados obtenidos se evidenció que una de las causas con mayor ponderación en la matriz es la X5: diferencias de perfiles de horneado entre operadores, estaba relacionada con otra de mayor ponderación, X2: pan llega a rebanadoras con la base muy tostada; en este caso con el equipo multidisciplinario se procedió a asignar únicamente a la causa X2 como causa potencial debido a que existe una gran probabilidad de que sus planes de acción sean de mayor alcance, en la variable de respuesta, incluyendo la causa X4: exceso de aceite desmoldeante.

### 3.3.5 Plan de verificación de causas

El objetivo del plan de verificación de causas fue realizado para validar el modo de afectación de cada causa potencial a la variable de respuesta; así como también se analizó la herramienta/método idóneo para solucionar cada una de las variables.

**Tabla 5.** Plan de Verificación de Causas

Causa potencial X's	Cuchillas de corte sin filo	Pan llega a rebanadoras con base muy tostada	Fórmula mal balanceada
Sustento del impacto	El filo de las cuchillas de rebanado es inversamente proporcional a la generación de miga en las rebanadoras, por tal motivo es de crucial importancia generar planes de acción para estandarizarlo.	A mayor dureza en la corteza y base se genera más miga en transportadores y rebanadoras, jugando un papel importante en la implementación del proyecto.	Existen tolerancias de dosificación de ingredientes en las fórmulas panaderas, en donde también existen enzimas, emulsificantes que aportan suavidad al producto final; siendo un aporte positivo a la reducción de generación de miga en enfundado.
Método de verificación	Medición física en planta, Gemba walk.	Medición física en planta, Gemba walk.	Medición física en planta.
Estado	Completada	Completada	Completada

*Elaborado por: Autor*

## Verificación de causas

### X1: Cuchillas de corte sin filo

En los indicadores de barredura de la línea de pan de molde se evidencia un comportamiento cíclico cada X semanas, este comportamiento se da debido que la miga se genera en mayor cantidad a medida que las cuchillas van desgastándose.



**Figura 0.10** Rebanadora de pan molde con cuchillas desgastadas  
*Elaborado por: Autor*

## X2: Pan llega a rebanadoras con base muy tostada


En la figura 5.4 se evidencia la base del producto muy tostada, esta característica del producto hace más sencillo el proceso de movimiento del producto a través de las bandas transportadoras y rebanadoras.



**Figura 0.11** Pan con base tostada  
**Elaborado por:** Autor

## X3: Fórmula mal balanceada

El emulsificante Alfa monoglicérido es un agente que imparte suavidad al producto terminado; de acuerdo con políticas nutricionales internas de la empresa este puede ser utilizado hasta en un 0.5% porcentaje panadero en fórmulas de pan de molde, este dato se lo pudo evidenciar en la ficha técnica del insumo mostrado en la figura 5.5.

<p>FMI II SIFIRS DIVISION emulsifiers@danisco.com www.danisco.com</p> <p>Página 1 / 2</p> <p>Válido a partir de 10 de marzo de 2021</p>	 First you add knowledge...																						
<p><b>PRODUCT DESCRIPTION - PD 370-16.0ES</b></p> <p><b>DIMODAN® HS 150/B K-A</b> Monoglicérido Destilado</p>	<p><b>Código del producto 801610</b></p>																						
<p><b>Descripción</b></p> <p>DIMODAN® HS 150/B K-A es un monoglicérido destilado kosher, producido a partir de aceite de soja comestible totalmente hidrogenado.</p>	<p><b>Especificaciones microbiológicas</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Numeración total sobre placa</td> <td style="text-align: right;">max. 5.000 UFC/g</td> </tr> <tr> <td>Levadura y moho</td> <td style="text-align: right;">max. 100 UFC/g</td> </tr> <tr> <td>Coliformes</td> <td style="text-align: right;">&lt;10 UFC/g</td> </tr> <tr> <td>Salmonella</td> <td style="text-align: right;">ausencia en 25 g</td> </tr> </table>	Numeración total sobre placa	max. 5.000 UFC/g	Levadura y moho	max. 100 UFC/g	Coliformes	<10 UFC/g	Salmonella	ausencia en 25 g														
Numeración total sobre placa	max. 5.000 UFC/g																						
Levadura y moho	max. 100 UFC/g																						
Coliformes	<10 UFC/g																						
Salmonella	ausencia en 25 g																						
<p><b>Áreas de aplicación</b></p> <p>Pan, bocadillos extruidos, pastas y productos deshidratados de papa.</p>	<p><b>Especificaciones de metales pesados</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Arsénico (As)</td> <td style="text-align: right;">max. 3 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Plomo (Pb)</td> <td style="text-align: right;">max. 2 mg/kg</td> </tr> </table>	Arsénico (As)	max. 3 mg/kg	Plomo (Pb)	max. 2 mg/kg																		
Arsénico (As)	max. 3 mg/kg																						
Plomo (Pb)	max. 2 mg/kg																						
<p><b>Beneficios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pan: mejora la suavidad de la miga y reduce la tasa de retrogradación del almidón</li> <li>• Productos de pasta: mejora la estabilidad al cocinar y facilita la producción</li> <li>• Productos de patata en granos: mejora la calidad del producto y facilita la producción</li> </ul>	<p><b>Datos nutricionales</b></p> <p>(Valores aproximados para etiquetado nutricional por cada 100 gr)</p> <table border="0"> <tr> <td>Calorías</td> <td style="text-align: right;">900 kcal</td> </tr> <tr> <td>Grasas</td> <td style="text-align: right;">100 g</td> </tr> <tr> <td>-de las cuales saturadas</td> <td style="text-align: right;">100 g</td> </tr> <tr> <td>Ácido graso trans</td> <td style="text-align: right;">&lt;0,5 g</td> </tr> <tr> <td>Colesterol</td> <td style="text-align: right;">0 mg</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td style="text-align: right;">0 mg</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos</td> <td style="text-align: right;">0 g</td> </tr> <tr> <td>- fibra</td> <td style="text-align: right;">0 g</td> </tr> <tr> <td>-de los cuales azúcares</td> <td style="text-align: right;">0 g</td> </tr> <tr> <td>-de los cuales son azúcares añadidos</td> <td style="text-align: right;">0 g</td> </tr> <tr> <td>Proteínas</td> <td style="text-align: right;">0 g</td> </tr> </table>	Calorías	900 kcal	Grasas	100 g	-de las cuales saturadas	100 g	Ácido graso trans	<0,5 g	Colesterol	0 mg	Sodio	0 mg	Carbohidratos	0 g	- fibra	0 g	-de los cuales azúcares	0 g	-de los cuales son azúcares añadidos	0 g	Proteínas	0 g
Calorías	900 kcal																						
Grasas	100 g																						
-de las cuales saturadas	100 g																						
Ácido graso trans	<0,5 g																						
Colesterol	0 mg																						
Sodio	0 mg																						
Carbohidratos	0 g																						
- fibra	0 g																						
-de los cuales azúcares	0 g																						
-de los cuales son azúcares añadidos	0 g																						
Proteínas	0 g																						
<p><b>Dosis</b></p> <p>(Basados en el producto total a menos que se indique lo contrario)</p> <table border="0"> <tr> <td>Pan</td> <td style="text-align: right;">0,3 - 1,0 % de harina</td> </tr> <tr> <td>Productos de pasta</td> <td style="text-align: right;">1,0 - 2,0 %</td> </tr> <tr> <td>Productos de patata</td> <td style="text-align: right;">0,5 - 1,0 %</td> </tr> </table>	Pan	0,3 - 1,0 % de harina	Productos de pasta	1,0 - 2,0 %	Productos de patata	0,5 - 1,0 %																	
Pan	0,3 - 1,0 % de harina																						
Productos de pasta	1,0 - 2,0 %																						
Productos de patata	0,5 - 1,0 %																						

**Figura 0.12** Ficha técnica del emulsificante Alfa monoglicérido.  
**Elaborado por:** Autor

Cabe mencionar que antes de la implementación del proyecto la fórmula de pan blanco 525g el emulsificante se encontraba en un 0.3%.

### **3.3.6 Análisis cinco por qué**

Se aplicó el análisis cinco por qué para profundizar las causas que generan las causas potenciales, es decir hallar la causa raíz de cada una de las X's previamente seleccionadas por el equipo multidisciplinario. De esta forma se procederán a generar planes de acción contundentes para eliminar/minimizar la variabilidad en la generación de miga en la línea de pan de molde.

Se ejecuta la herramienta mencionada como se muestra en la tabla 6:

**Tabla 6. Análisis Cinco Por Qué**

Problema identificado	Causa Potencial	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4
¿Por qué se genera exceso de miga en el área de enfundado?	1  Porque el pan llega a rebanadoras con la corteza muy tostada	¿Por qué llega el pan con corteza tostada?	¿Por qué existe variabilidad en el horneado?	¿Por qué existe diferencias de perfiles entre operadores?	
		Porque existe variabilidad en el horneado	Porque operadores aplican diferentes perfiles de horneado	Porque no hay un perfil de horneado estandar	
			Por exceso de aceite desmoldeante en molde	¿Por qué hay exceso de dosificación de desmoldeante?	¿Por qué esta dañada la válvula?
				Daño de válvula reguladora de presión de dosificación de aceite	Porque no está considerado en el plan de mantenimiento preventivo
			Porque hay variación de suavidad entre panes	Desgaste de capa de silicón en moldes	¿Por qué hay desgaste en capa de silicón en moldes?
					Porque los moldes ya cumplieron su ciclo de vida
		¿Por qué hay diferencias de temperatura en quemadores?			
		Por diferencia de temperaturas en un mismo quemador	Descalibración de quemadores		
	2  Por falta de suavidad en producto terminado	¿Por qué hay falta de suavidad en producto terminado?	¿Por qué existe falta de emulsificante en la fórmula?	¿Por qué no se ha hecho pruebas con diferentes concentraciones de emulsificante?	
		Por falta de emulsificantes en fórmula	Por falta de pruebas con diferentes concentraciones	Porque no existe evidencia del impacto en la disminución de miga aumentando el porcentaje de emulsificante en la receta	
	3  Por cuchillas de corte sin filo	¿Por qué las cuchillas de corte están sin filo?	¿Por qué no fueron cambiadas a tiempo?	¿Por qué el técnico desconoce cuando se debe cambiar las cuchillas?	
		Porque no han sido cambiadas de acuerdo a su tiempo de vida útil	Porque el técnico desconoce del cambio preventivo del accesorio de la rebanadora	Porque no se encuentra incluidos en el plan de mantenimiento preventivo	

*Elaborado por: Autor*



### 3.4. Mejoramiento del proceso

En esta etapa del proyecto, una vez identificadas las causas raíz que afectan a la generación de miga en las rebanadoras de la línea de pan de molde, se generaron planes de acción luego del análisis 5 por qué, con la finalidad de reducir la variable respuesta como se muestra en la tabla 7:

N°	Causa Raíz	Plan de acción	Responsable	Fecha de implementación
1	No hay perfil de horneado estándar	Definir perfil de horneado ideal mediante diseño de experimentos	Supervisor de producción Operador de horneado Operador de enfundado	18-oct-20
2	No hay plan de cambio o mantenimiento preventivo de válvula reguladora de presión de aceite desmoldeante	Incluir en plan de mantenimiento preventivo el cambio o mantenimiento de la válvula	Supervisor de mantenimiento	08-oct-20
3	Moldes han cumplido su ciclo de vida útil	Realizar el cambio de moldes para pan blanco 525	Supervisor de producción	15-jul-21
4	Descalibración de quemadores de horno	Calibración de quemadores	Supervisor de mantenimiento Operador de horneado	10-oct-20
5	Desconocimiento de impacto en disminución de miga por uso de emulsificante	Definir concentración ideal de emulsificante mediante diseño de experimentos	Supervisor de producción Operador de amasado Operador de horneado Operador de enfundado	20-oct-20
6	No hay plan de cambio preventivo para cuchillas de rebanadoras	Incluir cambio de cuchillas en plan de mantenimiento preventivo de acuerdo con sus horas uso	Supervisor de mantenimiento	09-oct-20

**Tabla 7.** Plan de Acción de Mejoras

**Elaborado por:** Autor

En la tabla 8 se establecieron subactividades y fechas de implementación para los planes de acción mencionados en la tabla 7.:

Tabla 8. Plan de Mejoras

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS						
Nº	Plan de acción	Actividades	Entregables	Status	Inicio	Fin
1	Definir perfil de horneado ideal mediante diseño de experimentos	a. Definir factores para el diseño experimental	* Informe de resultados de Diseño experimental * Implementación de resultados	Cerrado	12-oct-20	23-oct-20
		b. Definir niveles para el diseño experimental				
		c. Definir tratamientos del diseño experimental				
5	Definir concentración ideal de emulsificante mediante diseño de experimentos	d. Ejecutar en planta los tratamientos del diseño				
		e. Medir los resultados de cada tratamiento				
		f. Análisis estadístico de resultados				
		g. Implementación de mejoras de acuerdo al análisis				
2	Incluir en plan de mantenimiento preventivo el cambio o mantenimiento de la válvula	a. Realizar cambio de la válvula dosificadora de aceite desmoldeante	* Registro de cambio de la válvula * Plan de mantenimiento en Maximo.	Cerrado	6-oct-20	8-oct-20
		b. Definir tiempo de mantenimiento preventivo				
		c. Crear en máximo el plan de mantenimiento preventivo de la válvula				
3	Realizar el cambio de moldes para pan blanco 525	a. Colocar orden de compra de moldes	* Moldes nuevos en planta	Cerrado	10-oct-20	15-jul-21
		b. Separación de moldes antiguos				
		c. Utilización de moldes nuevos				
4	Calibración de quemadores de horno	a. Evaluación de perfil de horneado actual	* Curva de horneado actual * Curva de horneado luego de calibración	Cerrado	4-oct-20	10-oct-20
		b. Ajuste de quemadores trizona en las 8 zonas del horno				
		c. Evaluación de perfil de horneado luego de calibración				
6	Incluir cambio de cuchillas en plan de mantenimiento preventivo de acuerdo a sus horas uso	a. Medir comportamiento semanal de generación de miga	* Gráfico de comportamiento actual * Plan de cambio preventivo	Cerrado	1-oct-20	15-oct-20
		b. Establecer tiempo de cambio de cuchillas				
		c. Incluir en sistema Maximo plan de cambio preventivo				

Elaborado por: Autor

### 3.4.1 Mejoras

De acuerdo con lo descrito en la tabla 8, a continuación, se detalla las actividades realizadas para la implementación y los entregables de cada plan de acción.

#### 3.4.1.1 Plan de acción 1-5:

- Definir perfil de horneado ideal mediante diseño de experimentos
- Definir concentración ideal de emulsificante mediante diseño de experimentos

#### Diseño de experimento

Debido a la relación directa del perfil de horneado con la suavidad del producto, en cuanto a la generación de miga en la línea de pan de molde; conjuntamente con el equipo multidisciplinario se decidió que el tiempo de horneado y el porcentaje de emulsificante en la fórmula serán los factores del diseño experimental.

#### Variable de respuesta

Kg Miga: kilogramos de miga generados en el área de enfundado de la línea de pan de molde.

#### Definición de factores y niveles

Factores

Porcentaje de emulsificante: Concentración de emulsificante Alfa-Monoglicérido que contiene una fórmula panadera; la concentración de este ingrediente puede ir entre 0 a 0.5% en una fórmula para pan de molde.

Tiempo de horneado: Tiempo de cocción del pan de molde.

Niveles

Para el factor porcentaje de emulsificante se definió dos niveles de concentración de Alfa-Monoglicérido al 0.5% y al 0.4% debido a que actualmente la fórmula se encuentra en un 0.3% y el porcentaje máximo de emulsificante Alfa Monoglicérido es de 0.5%.

Para el factor Tiempo de horneado se definieron dos niveles 29 minutos y 27.5 minutos respectivamente debido a que históricamente estos son los tiempos máximos y mínimos con los que se ha horneado el pan de blanco 525g en la línea de pan de molde.

Los datos resumidos de los factores y niveles del diseño experimental se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9.** Descripción de factores y niveles

DESCRIPCIÓN DE FACTORES Y NIVELES		
Factor	Niveles de los factores	
Porcentaje de emulsificante	0.40%	0.5%
Tiempo de horneado	29 min	27.5 min

*Elaborado por:* Autor

## Creación del diseño factorial

### Definición de hipótesis

Para iniciar el diseño experimental se definieron las siguientes hipótesis para determinar el nivel de significancia de los factores y su interacción en la generación de miga en la línea de pan de molde.

#### Hipótesis 1:

H0: El tiempo de horneado no tiene efecto estadísticamente significativo en la generación de miga.

H1: El tiempo de horneado tiene efecto estadísticamente significativo en la generación de migas.

#### Hipótesis 2:

H0: El porcentaje de emulsificante no tiene efecto estadísticamente significativo en la generación de miga.

H1: El porcentaje de emulsificante tiene efecto estadísticamente significativo en la generación de miga.

#### Hipótesis 3:

H0: La interacción del tiempo de horneado y porcentaje de emulsificante no tiene efecto estadísticamente significativo en la generación de miga.

H1: La interacción del tiempo de horneado y porcentaje de emulsificante tiene efecto estadísticamente significativo en la generación de miga.

Se contrastarán las hipótesis con un nivel de significancia del 5%, es decir  $\alpha=0.05$  y con el estadístico del valor p.

Se ingresó en el programa estadístico Minitab los niveles y factores definidos de forma no codificada y considerando 2 réplicas por cada punto.

Modificar diseño: Modificar factores ×

Factor	Nombre	Tipo	Bajo	Alto
A	Tiempo de ho	Numérico	27.5	29
B	Porcentaje de	Numérico	0.4	0.5

**Figura 0.13** Descripción de niveles de los factores  
*Elaborado por: Minitab - Autor*

Una vez ingresada toda la información base para generar el diseño factorial, se procedió a ejecutarlo y el resultado obtenido fue el mostrado en la tabla 10.

**Tabla 10. Resultados del diseño factorial**

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Tiempo de horneo	Porcentaje de emulsificante
4	1	1	1	29.0	0.5
6	2	1	1	29.0	0.4
8	3	1	1	29.0	0.5
1	4	1	1	27.5	0.4
3	5	1	1	27.5	0.5
5	6	1	1	27.5	0.4
2	7	1	1	29.0	0.4
7	8	1	1	27.5	0.5

*Elaborado por: Autor*

Como se puede observar, al haber 2 réplicas para cada tratamiento se generaron 8 corridas del producto “pan blanco 525g”.

Para tomar los datos de los kilos de miga generados en el área de enfundado se realizaron 2 tratamientos por día; un lote de 220 Kg para cada tratamiento.

El tiempo de ciclo del Pan blanco 525g es de 3.5 horas por lo cual se envió un lote cada 4 horas en 4 días diferentes de acuerdo con el orden sugerido por el modelo.

En la tabla 11 se muestran la cantidad de kilos generados por cada tratamiento:

**Tabla 11. Kilos generados por cada tratamiento**

OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Tiempo de horneo	Porcentaje de emulsificante	Miga
1	1	1	29.0	0.5	0.82
2	1	1	29.0	0.4	0.62
3	1	1	29.0	0.5	0.90
4	1	1	27.5	0.4	0.86
5	1	1	27.5	0.5	0.96
6	1	1	27.5	0.4	0.85
7	1	1	29.0	0.4	0.55
8	1	1	27.5	0.5	1.01

*Elaborado por: Autor*

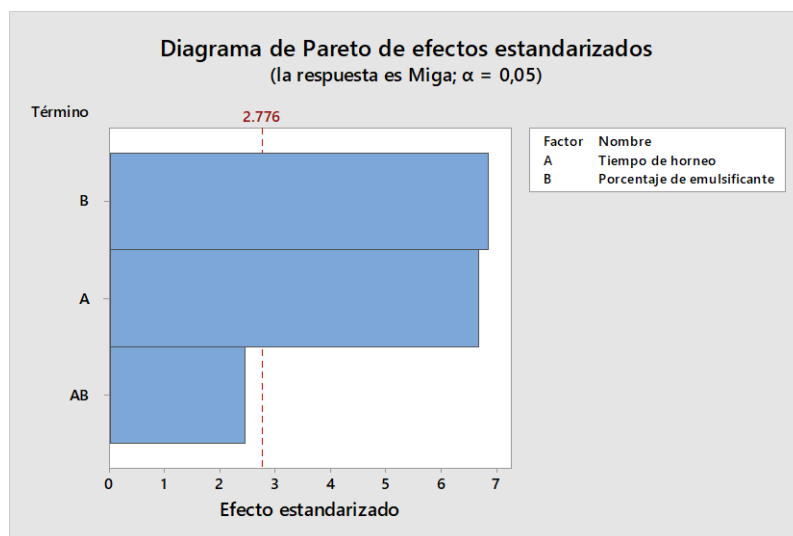
Una vez obtenidos los resultados, se procedió a realizar el análisis respectivo de ellos en el módulo de estadística del programa Minitab.

### Coefficientes codificados

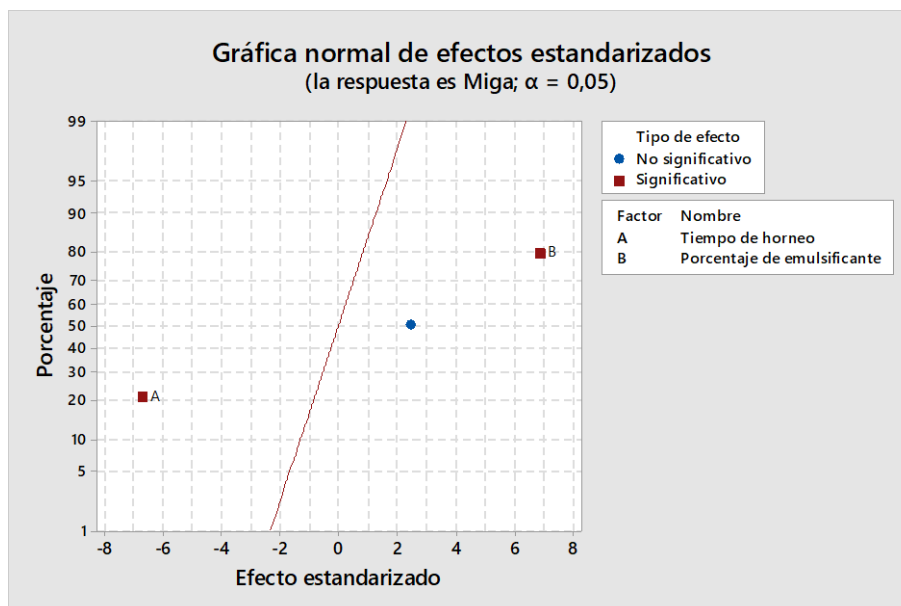
Término	Efecto	EE del			
		Coef	coef.	Valor T	Valor p
Constante		0,8213	0,0147	55,73	0,000
Tiempo de horneo	-0,1975	-0,0988	0,0147	-6,70	0,003
Porcentaje de emulsificante	0,2025	0,1012	0,0147	6,87	0,002
Tiempo de horneo*Porcentaje de emulsificante	0,0725	0,0362	0,0147	2,46	0,070
Término	FIV				
Constante					
Tiempo de horneo	1,00				
Porcentaje de emulsificante	1,00				
Tiempo de horneo*Porcentaje de emulsificante	1,00				

**Figura 0.14** Resultados del modelo de análisis factorial  
**Elaborado por:** Minitab - Autor

En la figura 6.2., se pudo evidenciar que el valor p es inferior a 0.05 en el caso de los factores porcentaje de emulsificante y tiempo de horneo, es decir no se rechaza H0 en las hipótesis 1 e hipótesis 2, ambos son estadísticamente significativos para el modelo; no sucede lo mismo cuando ambos factores interactúan ya que al analizar los resultados de la hipótesis 3 es 0.07 siendo mayor a 0.05 por lo que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H0.



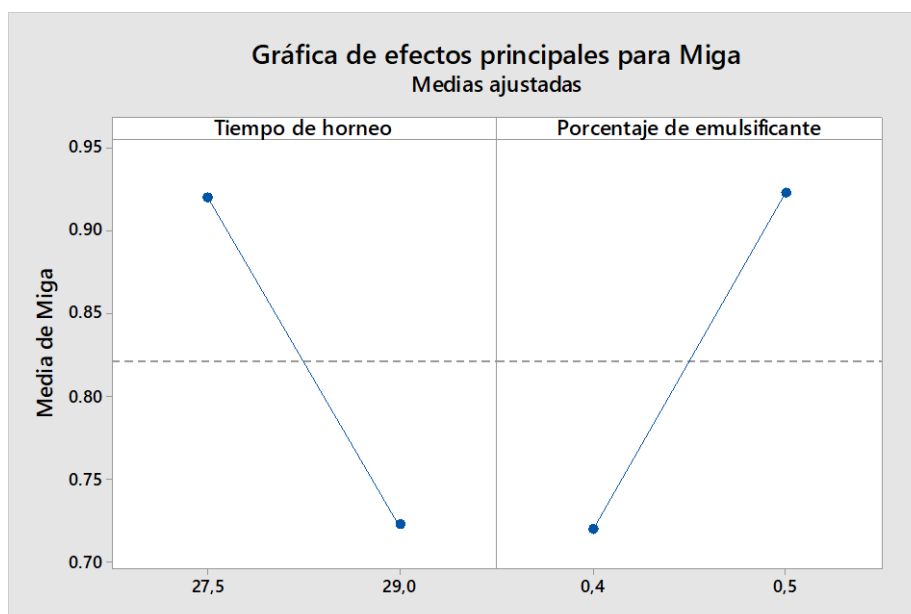
**Figura 0.15** Diagrama de Pareto de efectos estandarizados  
**Elaborado por:** Autor



**Figura 0.16** Gráfica normal de efectos estandarizados  
*Elaborado por: Minitab - Autor*

En las figuras 6.3. y figura 6.4. respectivamente se confirma que los efectos del porcentaje de emulsificantes y horneado influyen en la variable de respuesta kilogramos de miga.

Finalmente se creó graficas factoriales para determinar la mejor configuración de factores, como se puede apreciar en la figura 6.5:



**Figura 0.17** Gráficas factoriales  
*Elaborado por: Minitab - Autor*

Debido a que los factores que tienen significancia para el modelo son solo porcentaje de emulsificante y tiempo de horneo, se concluye que la combinación adecuada que genere la menor cantidad de kilogramos de miga se encuentra cuando el emulsificante se codifica en al 0.5% en la formula y el tiempo de horneo en 27.5 minutos.

### 3.4.1.2 Plan de acción 2

- Incluir en plan de mantenimiento preventivo el cambio o mantenimiento de la válvula

Una de las causas raíz del análisis elaborado por el equipo multidisciplinario, fue el exceso de aceite desmoldeante y esto se debía a que estaba seteado a una presión mucho mayor a la de la condición de operación.

De acuerdo con la condición de operación la válvula estranguladora de presión debe estar seteada a 0.3 PSI y por los motivos mencionados anteriormente en la línea, esta válvula estaba seteada a 0.5 PSI; este exceso de presión en la dosificación de aceite hacía obtener la base de los panes de molde más tostadas ya que el aceite la freía.



**Figura 0.18** Válvula estranguladora de presión  
**Elaborado por:** Autor

En el desmontaje de la válvula se evidenció desgaste en el vástago y por el modelo y marca de esta válvula no hay repuestos en el país, por lo que se decidió cambiarla por una nueva y colocarla en el plan de inspección de rutina del sistema Máximo con una frecuencia trimestral comenzando 3 meses después del cambio, es decir; la primera revisión será el 08 de enero del 2021.

La rutina de inspección preventiva tiene la codificación MPP267-7006-01 en el sistema Máximo.



Mantenimiento preventivo

Buscar: [ ] Seleccionar acción [ ]

Lista MP Frecuencia Fechas de temporada Secuencia de planes de trabajo Jerarquía de MP Previsión

MP: MPP267-70006-01

Descripción: Calibración dinámica y certificación del fluómetro de aceite de la Tweedy 2 de Pan 1 con código FM-PAN-008

MP maestro: [ ]

Detalles

Ubicación: [ ]

Activo: P267-70006 [ ] 1111DO2-DOSIFICADOR ACEITE TWEEDY 2 PAN 1

Ruta: [ ]

Información de orden de trabajo

Plan de trabajo: 200-1231-P26 [ ]

Tipo de trabajo: MP [ ]

Descripción del tipo de trabajo: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

**Figura 0.19** Vista sistema para ingreso de actividades de mantenimiento preventivo  
**Elaborado por:** Máximo - Autor

### 3.4.1.3 Plan de acción 3

- Realizar el cambio de moldes para pan blanco 525

La compra de los moldes actuales se realizó en Enero del 2017, el proveedor de los moldes dio una garantía de duración de la capa antiadherente de los moldes de aproximadamente 5000 ciclos, la capa antiadherente es un recubrimiento de teflón que va en la superficie interna del molde y sirve para que el producto horneado no se pegue a las paredes del molde; cuando este recubrimiento comienza a perder su funcionalidad hay que agregarle aceite desmoldeante a la superficie interior antes de ser usado. La empresa tiene un promedio diario de 6 ciclos de utilización de los moldes por lo cual el próximo cambio de las latas por cumplimiento de tiempo de vida debía ser efectuado en marzo 2020.

Debido al suceso que afectó mundialmente a todos los negocios, la pandemia, no se pudo ejecutar la compra de los nuevos moldes. Adicionalmente, cuando la situación mundial y a nivel país comenzó a regularizarse no se pudo realizar la adquisición de los nuevos moldes por falta de presupuesto; postergando la colocación de la orden de compra para Enero del 2021.

Una vez colocada la orden de compra y arribado los moldes nuevos, la utilización de estos fue en Julio 2021.

### 3.4.1.4 Plan de acción 4

- Calibración de quemadores de horno

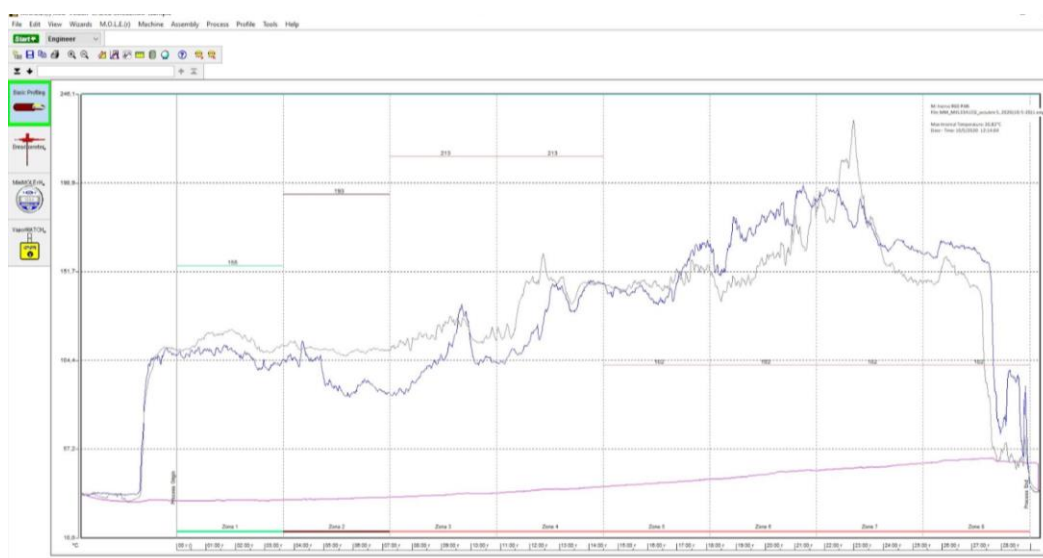
Para la calibración de quemadores se planificó una corrida del equipo MOLE para validar el comportamiento de la temperatura a lo largo del horno antes de la calibración respectiva.

Luego de haber tomado el comportamiento de las temperaturas en las 3 diferentes zonas del horno la curva de horneado fue la mostrada en la figura 6.12.:

**Tabla 12.** Zonas del horno y colores de la curva de temperaturas de horneado

Zona del horno	Color de la curva
Izquierda	Morada
Centro	Negro
Derecha	Gris

*Elaborado por: Autor*



**Figura 0.20** Comportamiento de temperaturas dentro del horno 05/octubre/2020

*Elaborado por: MOLE MAP V3 - Autor*

De acuerdo la figura mostrada se puede evidencia que la curva de color morado se comporta de forma lineal, este es un indicativo de que existe descalibración en quemadores situados del lado izquierdo del horno, por lo cual se tomó muestras de panes horneados en el lado izquierdo, centro y derecha del horno.



**Figura 0.21** Coloración de pan de acuerdo con zonas del horno  
**Elaborado por:** Autor

De acuerdo con la figura 6.9, se pudo validar físicamente los resultados del comportamiento de temperaturas en el horno de acuerdo con equipo MOLE, la coloración de panes horneados del lado izquierdo presentaba mayor coloración que los panes horneados en el centro y derecha del equipo.

Una vez validado el resultado del estudio realizado el supervisor de mantenimiento procedió a llamar al servicio externo especialista en calibración de quemadores de horno y realizaron los ajustes necesarios.



**Figura 0.22** Comportamiento de temperaturas dentro del horno 05/octubre/2020  
**Elaborado por:** MOLE MAP V3 - Autor

Luego de la calibración realizada por el personal externo las curvas de comportamiento de temperaturas a lo largo del horno, zona izquierda, centro y derecha del equipo, tienen una tendencia similar. Adicionalmente se realizó la validación de coloración en los panes a lo largo del horno y se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 6.10:



**Figura 0.23** Comparación de coloración antes y después de calibración de quemadores  
**Elaborado por:** Autor

Una vez evidenciado los resultados de la corrección realizada, queda cerrado el plan de acción para calibración de quemadores del horno.

Como medida preventiva y de control se creó, en el sistema “Máximo”, un plan de mantenimiento preventivo para monitorear el comportamiento de temperaturas con el equipo MOLE, de esta manera se podrá realizar calibraciones a tiempo en caso de desviación de temperaturas en quemadores, la codificación de este plan de mantenimiento preventivo es MPP461-70016-22.

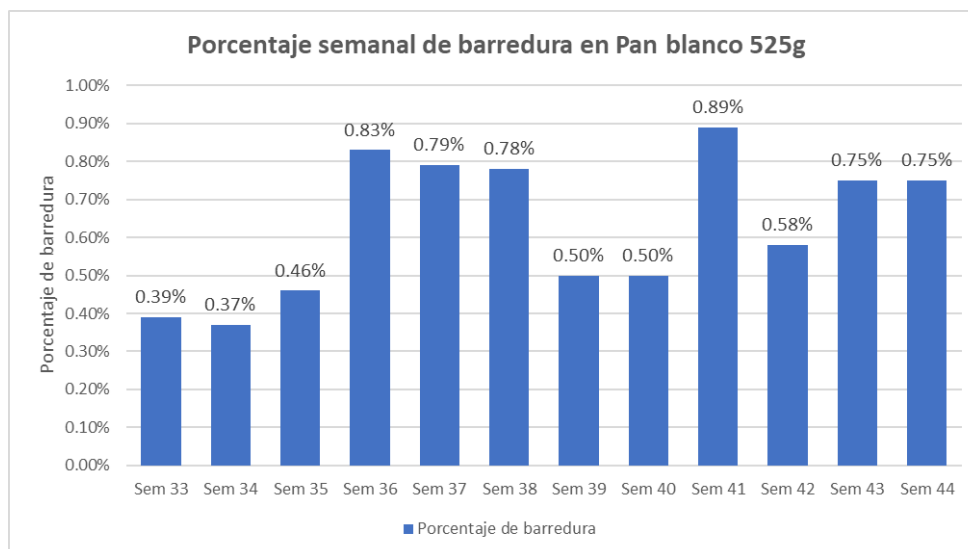
MP	Descripción	Ubicación	Activo	Prioridad	Frecuencia	Unidades de frecuencia	Descripción
	mole						
MPP203-70001-01	Calibración estática del termómetro digital de Mole del Taller con código TT-MTTO-001		P203-70001	4	26	SEMANAS	SEMANAS
MPP203-70001-02	Verificación dinámica del termómetro digital de Mole del Taller con código TT-MTTO-001		P203-70001	4	18	SEMANAS	SEMANAS
MPP461-70016-22	MANTENIMIENTO MPD TERMOGRAFIA MOLE HORNO PAN	200-1231-1FAN 1-SHOR	P461-70016	4	8	SEMANAS	SEMANAS
MPP461-70034-19	MANTENIMIENTO MPD TERMOGRAFIA MOLE HORNO PINQUELERIA		P461-70034	4	8	SEMANAS	SEMANAS

**Figura 0.24** Plan de mantenimiento preventivo: termografía Mole  
**Elaborado por:** MOLE MAP V3 – Autor

### 3.4.1.5 Plan de acción 6

- Incluir cambio de cuchillas en plan de mantenimiento preventivo de acuerdo con sus horas uso.

Debido a la experiencia del equipo multidisciplinario el 80% de los integrantes mencionó que una de las causas potenciales que más impactan es el cambio tardío de las cuchillas, por lo cual se recabó información histórica para validar la afirmación de ellos.



**Figura 0.25** Comportamiento semanal de barredura de línea de pan de molde antes de mejoras  
**Elaborado por:** Autor

De acuerdo con el gráfico 6.4, se pudo observar que no hay un comportamiento cíclico en la generación de barredura en la línea de pan de molde, en donde la tendencia era baja en la semana de cambio de cuchillas rebanadoras y a medida que estas eran usadas esta tendencia aumentaba hasta el siguiente cambio; cabe mencionar que este gráfico no tiene meta establecida ya que es un ítem, de los 13 existentes, específico de la línea de producción en estudio y la organización no tiene metas establecidas para un solo producto sino metas de desempeño de la línea en general.

Los cambios de cuchillas se hicieron en la semana 33, semana 39 y semana 42 respectivamente, el comportamiento de la generación de barredura no presentaba un comportamiento cíclico debido a que los cambios de cuchillas no eran planificados sistemáticamente de acuerdo con el objetivo de barredura requerido en la línea de producción, 0.6%; por lo cual se analizó el punto en que la línea llegaba a este porcentaje de barredura versus el tiempo en horas uso de las cuchillas en las rebanadoras.

De acuerdo con los datos históricos de producción, actualmente las cuchillas rebanadoras tienen un promedio de 80 horas uso semanal y al ser 0.6% el objetivo de barredura de la línea de pan de molde se pudo evidenciar, con la información histórica, que este se cumple aproximadamente a las 3 semanas; es decir a las 240 horas uso del mismo.

De esta forma se acordó con el supervisor de mantenimiento crear en sistema "Máximo" el plan de cambio preventivo de las cuchillas rebanadoras cada tres semanas a partir de la semana 45 del 2019.

Mantenimiento preventivo

Buscar:  Selecionar acción

Lista MP Frecuencia Fechas de temporada Secuencia de planes de trabajo Jerarquía de MP Previsión

MP: MPP725-70002-01

Descripción:

MP maestro: MP-PAN-01 >> MANTENIMIENTO PREVENTIVO PAN

---

**Detalles**

Ubicación:  >>

Activo: P725-70002 >> 1121RB2-REBANADORA # 2 MOLDE PAN 1

Ruta:  >>

---

**Información de orden de trabajo**

Plan de trabajo: P725-00004-N >>

Tipo de trabajo: MP

Descripción del tipo de trabajo:

**Figura 0.26 Plan de Cambio Preventivo**  
**Elaborado por: Máximo - Autor**



# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL

En este capítulo del proyecto se presenta el método de control de los planes de acción implementados y los resultados alcanzados luego de la etapa de la etapa de implementación para eliminar las causas raíz detectadas.

Para mantener los estándares establecidos en cada plan de acción, se establecieron los siguientes controles:

**Tabla 13. Plan de control de mejoras**

PLAN DE CONTROL DE MEJORAS					
Plan de acción	Método de control	Herramienta de control	Frecuencia	Responsable	Indicador de impacto
Definir perfil de horneado mediante diseño de experimentos	Medición de generación de barredura por lote en pan blanco 525	Línea de producción	Mensual	Supervisor de producción	* Porcentaje de desperdicio de planta Guayaquil. * Porcentaje de barredura de planta Guayaquil. * Porcentaje de desperdicio de línea de pan de molde. * Porcentaje de barredura de línea de pan de molde.
Definir concentración ideal de emulsificante mediante diseño de experimentos	Validación de balanceo de formulas de línea de pan de molde	Junta de nuevos productos	Trimestral	Supervisor de innovación y desarrollo	
Incluir plan de mantenimiento preventivo o cambio de válvula	Plan de mantenimiento preventivo: MPP267-7006-01	Sistema Máximo	Trimestral	Supervisor de mantenimiento	
Realizar el cambio de moldes para pan blanco 525	Contabilización de ciclos de uso de moldes en registro: PSM-LAC-BECG-F-240	-	Mensual	Supervisor de producción	
Calibración de quemadores de horno	Plan de mantenimiento preventivo: MPP461-70016-22	Sistema Máximo	Semanal	Supervisor de mantenimiento	
Incluir cambio de cuchillas rebanadoras en plan de mantenimiento preventivo de acuerdo a sus horas uso	Plan de mantenimiento preventivo: MPP725-70002-01	Sistema Máximo	Cada 3 semanas	Supervisor de mantenimiento	

*Elaborado por: Autor*

Con la implementación de los métodos de control mostrados en la tabla XX se obtuvo una reducción considerable en los indicadores de impacto; estos resultados se mostrarán a lo largo de este capítulo.

Para poder evidenciar las etapas del proyecto de acuerdo con los resultados obtenidos, se coloreó las barras de los indicadores con tres colores diferentes en donde el color azul representa los indicadores antes de la implementación del proyecto (desde enero a septiembre del 2020), el color celeste durante la implementación (octubre y noviembre del 2020) y el color gris luego de la implementación (desde diciembre del 2020 hasta julio 2021).

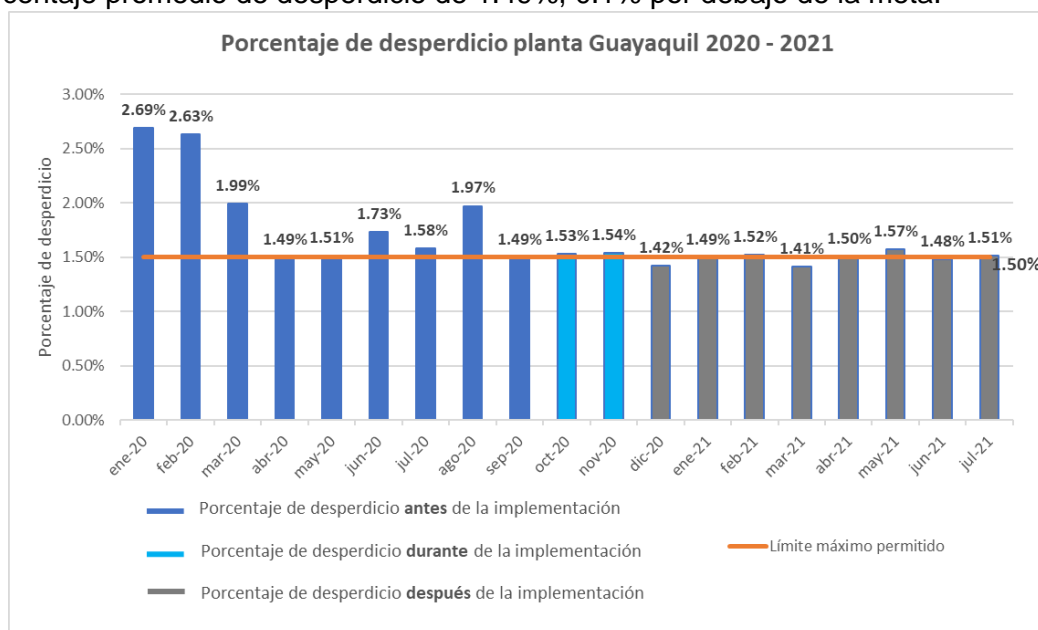
### 4.1. Indicador de desperdicio de planta Guayaquil

De acuerdo con lo mencionado en el capítulo 1, para la organización es de gran relevancia ser una empresa sustentable con el medio ambiente dándole gran enfoque al indicador de desperdicio de cada planta.

En este caso, sabiendo que la meta de porcentaje de desperdicio generado es de 1.5% en planta Guayaquil; se evidenció mejoras sustanciales luego de la implementación del proyecto.

Como se puede observar en la figura 7.1., el indicador de desperdicio de la planta antes de la implementación completa tenía un promedio de 1.83%; 0.33% por encima de la meta establecida.

Una vez realizada la implementación de todos los planes de acción, se obtuvo un porcentaje promedio de desperdicio de 1.49%, 0.1% por debajo de la meta.



**Figura 4.1** Porcentaje de desperdicio planta Guayaquil antes vs después  
**Elaborado por:** Autor

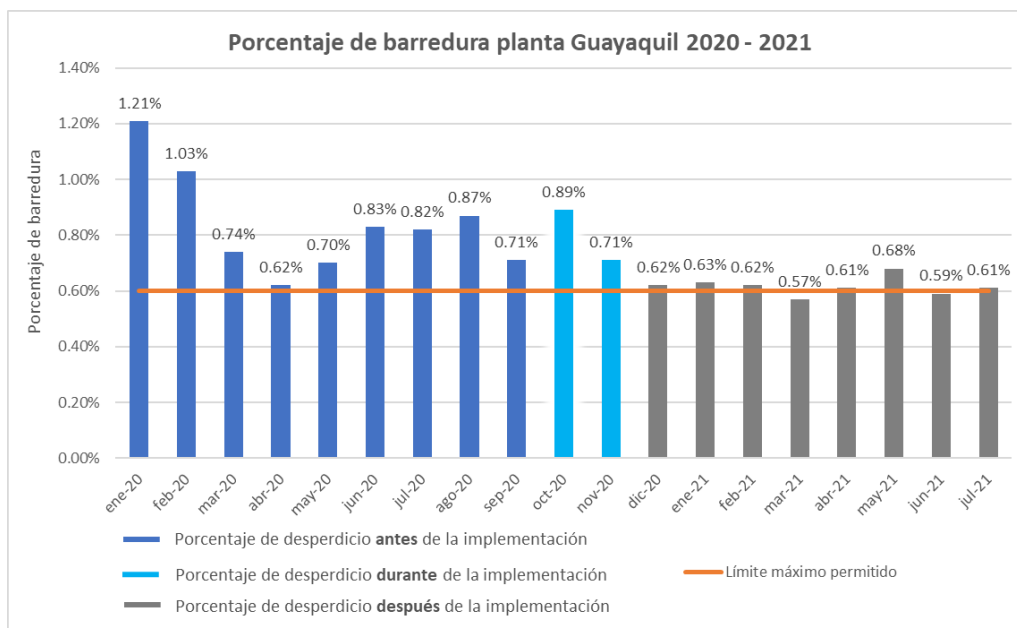
A pesar de estar fuera de la meta en los meses de febrero, mayo y julio; y para ser específico en el mes de julio del 2021 se modificó un proceso de otra línea de producción generando mayor cantidad de bajas y barredura.

Para la empresa fue un logro poder estabilizar el indicador de desperdicio mediante este proyecto, debido a que podrá enfocar sus esfuerzos en proyectos adicionales para reducir más el porcentaje alcanzado, ya que este indicador también es impactado por las bajas de la planta.

## 4.2. Indicador de barredura de planta Guayaquil

Al igual que en el indicador de desperdicio, en el capítulo 1 se detalla que el indicador que aporta mayor variabilidad al porcentaje de desperdicio de la planta es el de barredura ya que el indicador de bajas se mantenía controlado por debajo de la meta establecida. El comportamiento del indicador de barredura de la planta Guayaquil antes, durante y después de la implementación del proyecto se muestra en la figura 7.2:





**Figura 4.2** Porcentaje de barredura antes vs después  
**Elaborado por:** Autor

Siendo 0.6% la meta de porcentaje de barredura establecida en la planta Guayaquil, se pudo evidenciar que antes de la implementación completa del proyecto el indicador de barredura presentó un promedio de 0.83%, 0.23% por encima de la meta establecida.

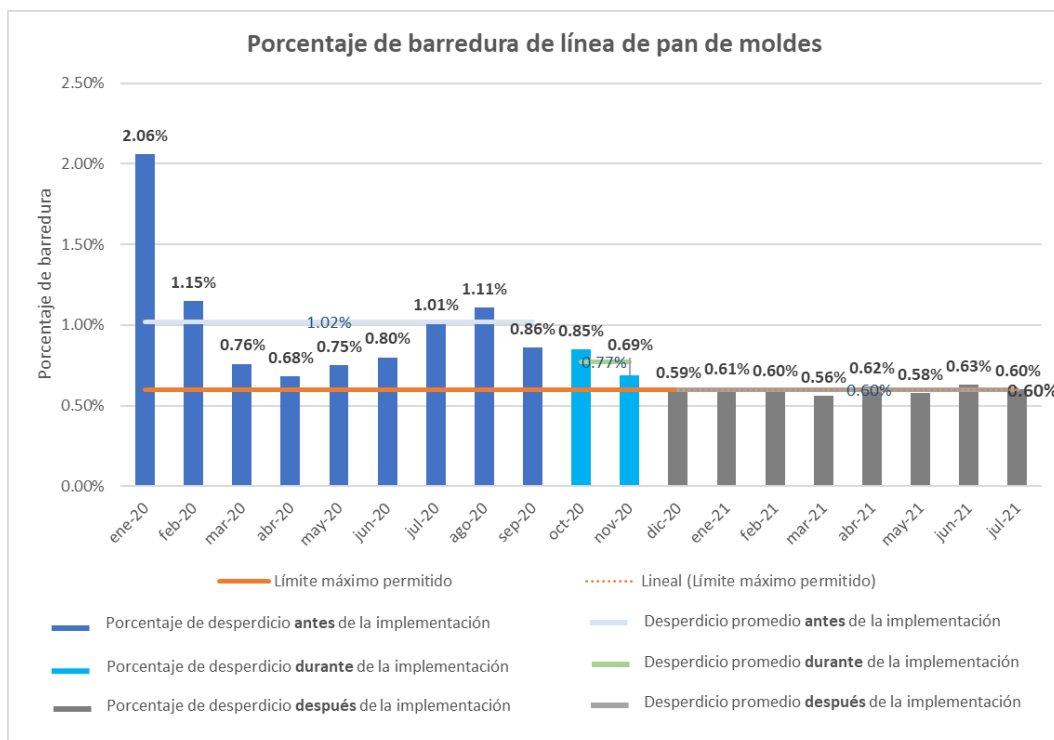
Una vez implementada las acciones correctivas y preventivas del proyecto, el indicador de barredura de la planta Guayaquil tuvo un promedio de 0.62%, 0.02% por encima de la meta establecida.

A pesar de no haber alcanzado el comportamiento del porcentaje de barredura ideal, menor o igual al 0.60%; se redujo el 0.21% del promedio de generación de este tipo de desperdicio representando a la organización un ahorro económico de aproximadamente \$5000 anuales y lo más importante, tener base para la implementación de proyectos adicionales que impacten considerablemente a los indicadores de sustentabilidad de la empresa y de esta manera aportar positivamente al medio ambiente mundial.

#### 4.3. Indicador de barredura de línea de pan de molde

En la figura 7.3., se puede observar la tendencia del indicador de barredura de la línea de pan de molde en un lapso de 19 meses desde enero del 2020 hasta julio del 2021, en donde los 9 últimos del gráfico son los meses en donde se implementaron todas las mejoras del proyecto.

Debido a que la línea de pan de molde representa aproximadamente el 65% de la producción total de la planta y cualquier variabilidad en esta línea impacta directamente al desempeño de toda la planta y el país, sus objetivos fueron definidos con el mismo porcentaje de la planta, es decir, el objetivo de barredura de la línea de pan de molde es de 0.6%.



**Figura 4.3** Porcentaje de barredura línea pan de moldes antes vs después.  
**Elaborado por:** Autor

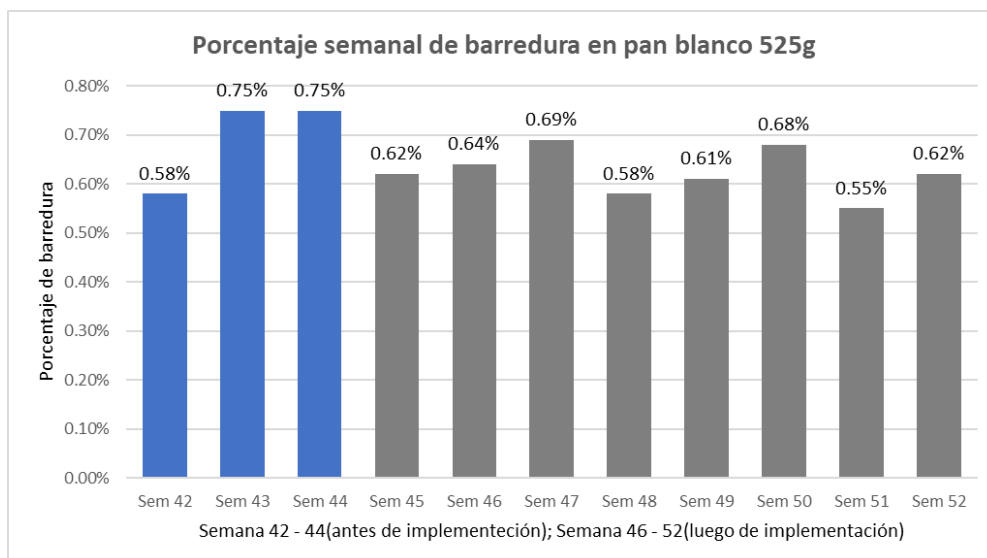
Antes de la implementación el indicador de barredura de la línea de pan de molde presentaba un promedio de 0.97%, 0.37% por encima de la meta; una vez implementado el proyecto presentó un promedio de 0.60% cumpliendo con la meta establecida por la organización.

#### 4.3.1 Comportamiento semanal de barredura en pan Blanco 525g

Luego de la implementación del mantenimiento preventivo a las cuchillas de rebanado de pan, se realizó un seguimiento semanal a la generación de barredura en el ítem de mayor aporte a la línea de pan de molde, el pan blanco 525g.

No se plantearon objetivos ni seguimiento continuo de este indicador, debido a que la organización no mide indicadores por producto.

En la figura 7.4., se muestra el comportamiento semanal de la barredura desde el mes de octubre hasta diciembre del 2020.



**Figura 4.4** Porcentaje semanal de barredura línea pan blanco 525g  
*Elaborado por: Autor*

Como se puede observar en la figura 7.4., a partir de la semana 45 el comportamiento de generación de barredura del pan blanco 525g es cíclico, es decir que cada 3 semanas llega al porcentaje mas alto y luego baja a un porcentaje menor al 0.6% debido al plan de cambio preventivo de cuchillas mencionado en la etapa de mejoramiento del proceso.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Para la organización era de suma importancia lograr el objetivo de 1.5% de desperdicio, ya que este indicador es el de seguimiento global en el área de sustentabilidad; partiendo de una cifra promedio de 1.83% antes de la implementación del proyecto.

A pesar de tener una pequeña variabilidad en el comportamiento del indicador y estar por fuera de la meta, con cifras menores al 0.1%, en ciertos meses luego de la implementación de las mejoras; se logró un promedio de desperdicio 1.49% cifra que se encuentra por debajo de la meta establecida por la organización.

Esta variabilidad se dio porque este indicador de desperdicio también es impactado por 5 líneas de producción adicionales a la línea de fabricación de pan de molde y en una de ellas, a inicios del 2021, se arrancó con una operación nueva para exportación en donde se genera un porcentaje considerable de miga.

Este proyecto se enfocó en la implementación de herramientas Lean Six Sigma como diagramas de barras, diagrama de Pareto, diagrama Ishikawa y análisis 5 por qué para determinar la causa raíz de la generación de barredura en la línea de producción de pan de molde en Guayaquil.

Mediante el diagrama de Pareto se identificó cual es la línea que más aporta al indicador de desperdicio de la planta y cuál es el tipo de desperdicio que le genera mayor variabilidad, la barredura.

Se realizó la diagramación de todo el proceso de elaboración de pan de molde identificando que el 86.02% de la barredura correspondía a la miga y esta se generaba mayormente en el área de enfundado de producto terminado.

La meta del indicador de barredura de la planta Guayaquil es del 0.6%, antes de la implementación de las mejoras el promedio de porcentaje de barredura era del 0.83%, luego de la implementación este indicador tuvo un mejor desempeño, llegando a un promedio de 0.62%, este porcentaje está por encima del objetivo planteado; sin embargo esta reducción alcanzada representó un ahorro anual de \$5000 pero lo más importante de esta reducción es que su impacto positivo fue de lograr un promedio de desperdicio de la planta por debajo de la meta.

Finalmente, la línea de pan de molde tal como se mencionó en la etapa de control tiene el mismo objetivo de porcentaje de barredura que el de la planta, una vez implementadas las mejoras presentó un promedio de 0.6% logrando el objetivo propuesto por la gerencia, con una reducción del 0.37% respecto al promedio del año 2020 antes de comenzar el proyecto de mejora.

## **5.2. Recomendaciones**

Durante la implementación se detectaron varios puntos de mejora que serían complementarios al proyecto y mejorarían de una forma importante el indicador de barredura de la planta Guayaquil.

### **Formación del personal**

Una de las oportunidades detectadas es la falta de conocimientos técnicos panaderos del personal operativo, se recomienda realizar un plan de capacitación de panadería técnica a todos los operadores de las áreas de amasado, horneado y enfundado; de esta forma podrán tomar decisiones oportunas como ajustes en balanceo de ingredientes, ajuste de perfiles de horneado, etc. en caso de existir variabilidad en el indicador objetivo del proyecto.

A nivel de mandos medios se evidenció brechas de conocimiento de herramientas e implementación de proyectos de mejora continua, por lo cual se propone generar un plan de formación en certificación White Belt a nivel a maestros operativo, Yellow Belt al nivel supervisorio y dos Green Belt en toda la planta.

El análisis termográfico con el equipo MOLE solo lo realiza el departamento de mantenimiento por lo cual se propone capacitar al operador de horneado de todas las líneas para realizar este análisis de forma preventiva con una periodicidad más corta.

### **Desempeño de indicadores**

Incluir al indicador de desperdicio de la planta en la reunión operacional semanal llamada Junta de Manufactura; para realizar seguimiento y generar planes de acción en caso de desviaciones.

Implementar reuniones de 5 minutos en cada cambio de turno en todas las líneas en donde se incluya el indicador de barredura como parte del seguimiento diario entre cada turno

Al tener variabilidad en el comportamiento de barredura de la planta, se recomienda replicar un proyecto de reducción de este desperdicio en la línea de productos secos debido al impacto que causa en la variabilidad por su aumento debido a la producción para exportación.

### **Innovación y Renovación**

Al detectar desbalanceo de ingredientes menores en la fórmula de pan blanco 525g se sugiere elaborar un plan de revisión de todas las fórmulas panaderas en todas las líneas de producción para estandarizar este punto importante en el desempeño de los indicadores de la planta

### **Mantenimiento**

Realizar el levantamiento de todos los equipos y accesorios de cada línea para incluirlos en planes de mantenimiento preventivo, ya que actualmente los planes existentes solo incluyen equipos críticos de equipos de amasado, horno y fermentación, enfriamiento y enfundadoras; pero no incluyen muchos accesorios cruciales para la producción como equipos de dosificación de aceite desmoldeante, rebanadoras de pan, transportadores, barras de carga y descarga de moldes, etc.

## Bibliografía

- Alkuwaiti, A. (2016). Application of six sigma methodology to reduce medication errors in the outpatient pharmacy unit: a case study from The King Fahd University Hospital, Saudi Arabia. *International Journal for Quality Research*, 267-278.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de las operaciones*. Madrid: Ediciones Díaz Santos S.A.
- Galindo, A. M., & Tapia, M. (2008). SPL: Una forma sencilla de analizar la distribución física de su fábrica. *II Logística*, 1-6.
- Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., & Rodríguez. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 19-35.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y Cadena de Valor*. México D.F.: Pearson.
- Lakrash, S., Ali, A., & Shortt, D. (2019). Implementation of Six Sigma in Service Industry in Cyrenaica, Libya: A Case Study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1181-1195.
- Liker, J., & Franz, J. (2020). *El modelo Toyota para la mejora continua: Conectando la estrategia y la excelencia operacional para conseguir un rendimiento superior*. Barcelona: Profit.
- Lluís Cuatrecasas. (2009). *Diseño avanzado de Procesos y Plantas de Producción Flexible*. Barcelona: Profit Editorial.
- Martin, J. W. (2021). *Lean Six Sigma for the Office*. Boca Ratón: CRC Press.
- Mukundam., K., Varma, D. R., Deshpande, G. R., Vilas, D., & Amrendra, K. R. (2013). I-MR Control Chart: A Tool for Judging the Health of the Current Manufacturing Process of an API and for Setting the Trial Control Limits in Phase I of the Process Improvement. *Organic Process Research & Development*, 1002-1009.
- Murther, R. (1970). *Practical Plant Layout*. New York: McGraw-Hill.
- Muther, R., & Hales, L. (2015). *Systematic Layout Planning*. Marietta: Management & Industrial Research Publications.
- Nasser, Y., & Mustafa, D. (2019). Multi-Attribute Decision-Making: Applying a Modified Brown–Gibson Model and RETScreen Software to the Optimal Location Process of Utility-Scale Photovoltaic Plants. *Processes*, 1-21.
- Saeger, A. d. (2015). *Ishikawa Diagram*. Namur: Lemaitre Publishing.
- Saglimbeni, E. (2015). *APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DMAIC (SIX SIGMA) PARA LA REDUCCIÓN DE REPROCESO DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE CONTROL NUTRICIONAL*. Obtenido de REPOSITORIO ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97941/D-CD71865.pdf>
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC guide*. Milwaukee: Quality Press.

- Steven Nahmias. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Suñé, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual Práctico de Diseño de Sistemas Productivos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- The Council for Six Sigma Certification. (2018). *Six Sigma: a complete step-by-step guide*. Buffalo: The Council for Six Sigma Certification.
- Universidad Villanova. (12 de 12 de 2020). *Villanova University*. Obtenido de <https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-methodology-dmaic/>
- Voehl, F., James, H. H., Chuck, M., & Rich, C. (2014). *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook*. Boca Ratón: CRC Press.