



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Título del trabajo

**MEJORA DE LA TRAZABILIDAD Y CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE
PREMEZCLAS DE PASTELERÍA MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA**

Previo la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN DE PROCESOS Y SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS

Presentado por:

Damaris Alexandra Tapia Párraga

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres quien me han apoyado incondicionalmente en las decisiones que he elegido. A mi madrina que siempre está al pendiente de mi crecimiento personal. A mi Spalla Rubina quien me impulsa a superarme y motiva cada día a tener una mejor versión de mí.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mi tutora Dra. Karín Elizabeth Coello Ojeda quien supo orientarme de la mejor manera profesional para tener un trabajo de excelencia. Al jefe de producción, Ing. Nixón García quien me apoyo e impulso a realizar el plan de mejorar. A la Ing. Cristina Andina por realizar el seguimiento y aprobaciones respectivos. A la empresa que me permitió realizar mi proyecto implementado mejoras en los procesos y a todos quienes han aportado en cumplir esta meta.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral quien compartió herramientas de conocimientos para obtener mi título de cuarto nivel.

Declaración Expresa

Yo Damaris Alexandra Tapia Párraga acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, octubre 23 del 2025

Damaris Alexandra Tapia Párraga

Evaluadores

Ing. Patricio Javier Cáceres Costales, Ph.D.

Profesor de la Materia

Ing. Karín Elizabeth Coello Ojeda, Ph.D.

Tutor del proyecto

Resumen

El presente estudio aplica la metodología Six Sigma mediante el ciclo DMAIC con el objetivo de mejorar la trazabilidad del proceso y fortalecer el control de calidad en la línea de producción de premezclas de pastelería. La metodología contempla la implementación de un sistema de registro para reducir las falencias en el área de pesaje durante la elaboración de microingredientes de una premezcla.

Mediante la fase Definir del ciclo DMAIC, se identificó que la falta de trazabilidad de los insumos era la causa raíz prioritaria, representando el 78.99% de las incidencias registradas. En consecuencia, se estableció en el Project Charter el objetivo de reducir los errores de trazabilidad del 10% al 2% en un plazo de seis meses.

En la fase Analizar se comparó la implementación de una herramienta digital (Google Lens) con la optimización de un registro manual y se determinó que la herramienta digital presentó limitaciones al no detectar palabras transpuestas.

El cálculo del DPMO (Defectos por millón de oportunidades) arrojó un índice de 1.232‰ de defectos, situando el proceso en un nivel Sigma 4. La implementación del registro manual no solo mejoró el control del proceso, sino que también resultó financieramente rentable, con un beneficio neto estimado de \$17,380.05 en un periodo de 21 meses, justificando la inversión y contribuyendo a la mejora continua y la rentabilidad de la empresa.

Palabras Claves: Six Sigma, Microingredientes, DMAIC, Trazabilidad, DPMO, Sigma 4, Pastelería, Análisis costo-beneficio.

Abstract

This study applies the Six Sigma methodology through the DMAIC cycle to improve process traceability and strengthen quality control in the bakery premix production line. The methodology contemplates the implementation of a record-keeping system to reduce deficiencies in the weighing area during the production of micro-ingredients in a premix.

Through the Define phase of the DMAIC cycle, the lack of traceability of inputs was identified as the priority root cause, accounting for 78.99% of the reported incidents. Consequently, the Project Charter established a goal of reducing traceability errors from 10% to 2% within a period of six months.

In the Analyze phase, the implementation of a digital tool (Google Lens) was compared with the optimization of manual record-keeping and it was determined that the digital tool presented limitations in not detecting transposed words.

The DPMO (Defects per Million Opportunities) calculation yielded a defect rate of 1.232‰, placing the process at a 4 Sigma level. The implementation of manual recordkeeping not only improved process control but was also financially profitable, with an estimated net benefit of \$17,380.05 over a 21-month period, justifying the investment and contributing to continuous improvement and the company's profitability.

Keywords: Six Sigma, Microingredients, DMAIC, Traceability, DPMO, 4 Sigma, Bakery, Cost-Benefit Analysis.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Abreviaturas.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas.....	VIII
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del problema.....	2
1.3 Justificación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Marco teórico.....	4
1.5.1. Importancia de Six Sigma en la calidad y en la trazabilidad.....	4
1.5.2.1 Diagrama de causa y efecto (ishikawa).....	6
1.5.2.2. Diagrama de flujo del proceso.....	7
1.5.3 Aplicaciones digitales.....	8
1.5.3.1 Google lens:.....	8
1.5.3.2 Microsoft lens.....	9
1.5.3.3 Canscanner.....	9

1.5.4 Conceptos claves relacionados con el proceso de premezcla de pastelería.....	10
capítulo 2	12
2. Metodología	13
2.1 Fase de definir.....	13
2.2 Fase de medir:	15
2.3 Fase analizar.....	16
2.4 Fase de implementar.....	18
2.5 Fase de controlar	19
Capítulo 3.....	20
3. Resultados y análisis.....	21
3.1 Análisis de las 6 M en el diagrama de ishikawa.....	21
3.2 Análisis de trazabilidad.....	25
3.3 Evaluación de herramientas digitales y registros	30
3.3.1 Identificación de aplicaciones para el registro.....	30
3.3.2 Ventajas y desventajas de las aplicaciones digitales utilizadas	32
3.3.3 Comparación de métodos: digitales vs manual.....	32
3.4 Cambios documentales	32
3.5 Análisis ABC.....	34
Capítulo 4.....	37
4.1 Conclusiones y recomendaciones	38
referencias	40
Anexo 1. Formato de registro de mezclado de microingredientes en el blender	42

Anexo 2. Lotes transpuestos difícil de detectar con las herramientas digitales	43
Anexo 3. Formación de palet para el pesaje de microingredientes.....	43

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
HR	Hoja de Ruta
MP	Materia Prima
MO	Mano de Obra
MICROS	Microingredientes
APP	Aplicación digital
FIFO	First In First Out
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar
DPMO	Defectos por millón de oportunidades
ABC	Costeo basado en actividad

Simbología

kg	Kilogramos
min	Minutos
s	Segundos
%	Porcentaje
‰	Por mil

Índice de figuras

Figura 1	Plantilla de diagrama de causa y efecto.....	7
Figura 2	Diagrama de flujo sin la implementación del registro	14
Figura 3	Diagrama de Ishikawa de los problemas de trazabilidad en el área de pesaje.....	23
Figura 4	Diagrama de Pareto.....	25
Figura 5	Diagrama de flujo del proceso implementado el registro de trazabilidad	36

Índice de tablas

Tabla 1.	Símbolos del Diagrama de Proceso.....	8
Tabla 2.	Plantilla en base a la metodología Project Charter.....	13
Tabla 3.	Plantilla del registro de productos que no coinciden entre la HR y el pesaje de micros.....	15
Tabla 4.	Plantilla para la identificación de la App más factible.	16
Tabla 5.	Plantilla para la identificación de la factibilidad en implementar un registro.....	16
Tabla 6.	Cronograma de implementación del registro.....	18
Tabla 7.	Identificación de la causa más prioritaria	24
Tabla 8.	Registro de productos que no coinciden entre la HR y el pesaje de micros	26
Tabla 9.	Tabulación y agrupación por subgrupo	28
Tabla 10.	Registro aplicando la metodología Project Charter	29
Tabla 11.	Identificación de App para registro digital	30
Tabla 12.	Resultados de tiempos de estudio en el registro manual y digital	31
Tabla 13.	Ventajas y Desventajas de las aplicaciones a utilizar	32
Tabla 14.	Cuantificación de costos beneficios	34

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la industria de alimentos del sector de premezclas de pastelería es crucial tener un registro real de la trazabilidad de los lotes que conforman la elaboración de la premezcla. Esto permite garantizar una correcta seguridad alimentaria, control de calidad, facilidad de localización y eficiencia en la cadena de suministros.

En la producción de la premezcla de pastelería sale de la fábrica y se dirige a la venta, nuestros principales consumidores son los pasteleros, que elaboran el producto a diario y detectan con facilidad si el producto se encuentra atípico o presenta alguna inconsistencia. Desde el 2024 hasta la fecha actual se ha realizado 3 devoluciones de premezclas de productos (Red Velvet, Bizcocho Chocolate y Pastelerax) por parte de los clientes debido a un incumpliendo de calidad del producto. Obteniendo una pérdida aproximadamente de 25% y desconfianza por parte del comprador.

Actualmente, se tiene una Hoja de Ruta donde se encuentra los lotes que conformar la premezcla únicamente cuando se realiza el pesaje manual se evidencia los lotes reales de los insumos usados. Sin embargo, el área de pesaje al momento de pesar los micros en una producción mayor a 80 kg la trazabilidad de los lotes se pierde y no corrobora al plan mensual programado en la HR. Además, los pedidos urgentes alteran la programación planificada. La importancia de implementar un registro donde se encuentre los lotes reales que se utiliza en el pesaje de micros va a permitir tener una trazabilidad más eficiente y un control de calidad adecuado para los productos de premezcla pasteleros. Con la finalidad de no generar reclamos por parte de los clientes. Para poder identificar, analizar e implementar el registro se va a utilizar la metodología Six Sigma (Project Charter y DMAIC) creando una mejora continua en el proceso de producción, seguridad alimentaria e innovación.

1.2 Descripción del Problema

La falta de registro real en el proceso de pesaje de micros en la producción de premezclas de pastelería en una empresa de alimentos se ha convertido en una falencia al momento de que un insumo se encuentra defectuoso debido a que no hay trazabilidad adecuada, toda la

producción se encuentra rechazada y sin tener un registro que controle los lotes de materia prima que se utilizó en la elaboración de la premezcla se ha complicado la identificación de los lotes de producto terminado que se encuentran elaborados incorrectamente. A pesar de que, el equipo de Calidad al momento de recibir la materia prima realiza una verificación de las fichas técnica del proveedor cumpla con lo dice en la etiqueta, no se asegura que el producto cumpla con los estandartes requeridos. El realizar validaciones de más de 400 ítems de materia prima requiere más personal y tiempo de manera simultánea.

Se optó por mejorar en el área de pesaje, ya que se realiza dos tipos de pesa: manual cantidades menores a 80 kg y pesaje micros cantidades mayores en 80 kg por lo que se utiliza una mezcladora llamada blender. Actualmente, en la Hoja de Ruta se evidencia los lotes para el pesaje manual. Sin embargo, en el pesaje de micros se identificó una oportunidad de mejora para implementar un registro que controle los lotes de MP que se utilizan en la elaboración de las premezclas.

1.3 Justificación del Problema

La implementación de un registro en el pesaje de micros que identifique los lotes de MP que se pesan en la elaboración de la premezcla de pastelería es una medida de control que permite mejorar la trazabilidad, ya que es crucial en la seguridad y calidad del producto, permitiendo rastrear el origen de cualquier problema en la cadena de suministros. Facilitando la retira rápida y precisa de productos defectuosos, generando minimizar el riesgo para los consumidores y a la reputación de la empresa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Mejorar la trazabilidad y el control de calidad en la línea de producción de premezclas pastelería mediante la metodología Six Sigma.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir las falencias o errores actuales en el sistema de registros y trazabilidad de lotes de materia prima en la línea actual.
- Analizar la causa raíz que influye en el problema de la trazabilidad de la línea actual de premezclas.
- Implementar herramientas digitales y procedimientos de registro en los lotes de materia prima utilizados en producción bajo la metodología DMAIC.

1.5 Marco teórico

1.5.1. Importancia de Six Sigma en la calidad y en la trazabilidad.

La importancia de la implementación Six Sigma es crucial en el control de calidad, ya que proporciona un enfoque estructurado y basado en datos para identificar y eliminar las causas de los defectos y la variación en los procesos.

En base a lo que menciona (The Management Advisory Group, 2013) del concepto de Six Sigma es la mejora de un proceso y busca definir la variación inherente a cualquier proceso. Al trabajar las oportunidades de error, el método Six Sigma reduce los costos del proceso y aumenta la satisfacción del cliente. Es importante implementar Six Sigma en la empresa porque como menciona The Management Advisory Group, permite identificar problemas, validar suposiciones, generar ideas para solucionar y planificar la implementación para evitar problemas.

Como menciona (Sysmesic, 2013), se utiliza un enfoque disciplinario y estadístico que se apoya en el modelo Project Charter y DMAIC que son herramientas principales que se utilizan para mejorar procesos existentes y eliminar defectos o ineficiencias para asegurar que las mejoras sean sostenibles en el tiempo. Contemplando la siguiente estructura de la propuesta:

Definir (Define): identificar y delimitar el problema o la oportunidad de mejora.

Medir (Measure): recopilar datos sobre el proceso actual para establecer una línea de base y comprender el rendimiento actual.

Analizar (Analyze): analizar los datos recopilados para identificar las causas raíz del problema o la ineficiencia.

Mejorar (Improve): desarrollar e implementar soluciones para abordar las causas raíz identificadas para obtener una mejora del proceso

Controlar (Control): implementar controles para asegurar las mejoras de mantengo y monitoreen el proceso y garantizar la sostenibilidad de los resultados (Sysmesic,2013).

Este método no solo ayuda a las empresas a reducir la cantidad de productos defectuosos, sino que también fomenta una cultura de calidad orientada a la mejora continua y a la toma de decisiones basada en hechos y datos (Sysmesic,2013).

Para tener un concepto genérico de la trazabilidad se cita a la Norma ISO 9001:2025; 8.5.2, menciona que la organización debe controlar la identificación única de las salidas cuando la trazabilidad sea un requisito y debe conservar la información documentada necesaria para permitir la trazabilidad. Además, según (Franco, D., García. H., Pérez, D. & Campos, J. (2017), menciona una descripción detallada de ¿por qué es importante tener un registro de trazabilidad?, la creación de un plan de trazabilidad interna debe realizar el registro y documentación de las materias primas que se requieran para la elaboración del producto final. El manejo y aplicación que se debe tener con las mismas, el método de elaboración y controles durante el proceso de transformación y producto terminado, para así tener un control de las materias primas, equipos recibidos y productos elaborados, para lo cual, se deben llevar un adecuado registro del tipo de producto que se elabora, la cantidad de ingredientes, proporciones que se necesitan para la elaboración del producto y proceso de transformación para la obtención del producto.

En base a la tesis de (Escobar, 2013), menciona que la importancia de la trazabilidad recae en que es un sistema que engloba toda la información relevante a la producción, distribución y venta de un producto, por lo cual, su implicación está relacionada con la calidad, seguridad y prevención de estos. Además, un sistema de trazabilidad con la implementación de Six Sigma es de suma importancia para las compañías, debido a que garantiza la seguridad alimenticia del producto y permite identificar a los proveedores de insumos, empaques y cualquier

sustancia empleada. No solo se trata de corregir errores, sino de prevenir su aparición lo que resulta en un sistema de trazabilidad más robusto y un control de calidad más eficiente. También, comprende mejoras para la calidad y los alimentos, al conocer mejor los ingredientes y su origen, concentraciones, pureza o cualquier otro elemento relacionado (Valdés, 2013).

1.5.2 Herramientas Six Sigma y DMAIC

1.5.2.1 Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa)

También conocido como diagrama de pescado o Ishikawa. Es una herramienta visual para identificar y organizar las posibles causas de un problema o efecto específico. El método consiste en definir problema no deseable, el efecto, como la “cabeza de pescado” y después identificar los factores que contribuyen a su conformación. Las causas son las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Se subdividen en cinco o seis categorías: Mano de obra, Métodos, Medición, Medio Ambiente, Maquinaria y Material. El proceso es continuo hasta que se detectan las causas posibles, por medio de una lista. (Niegel&Freivalds, 2014).

Categorías de las 6 M

Maquinaria: Herramientas, equipos, equipos de producción y cualquier otro dispositivo físico necesario.

Mano de Obra: Personas que trabajan en el proceso y sus habilidades, entrenamiento y motivación.

Materiales: Materias primas, componentes, consumibles y otros insumos utilizados en la producción.

Métodos: Procedimientos, procesos y flujos de trabajo que se siguen.

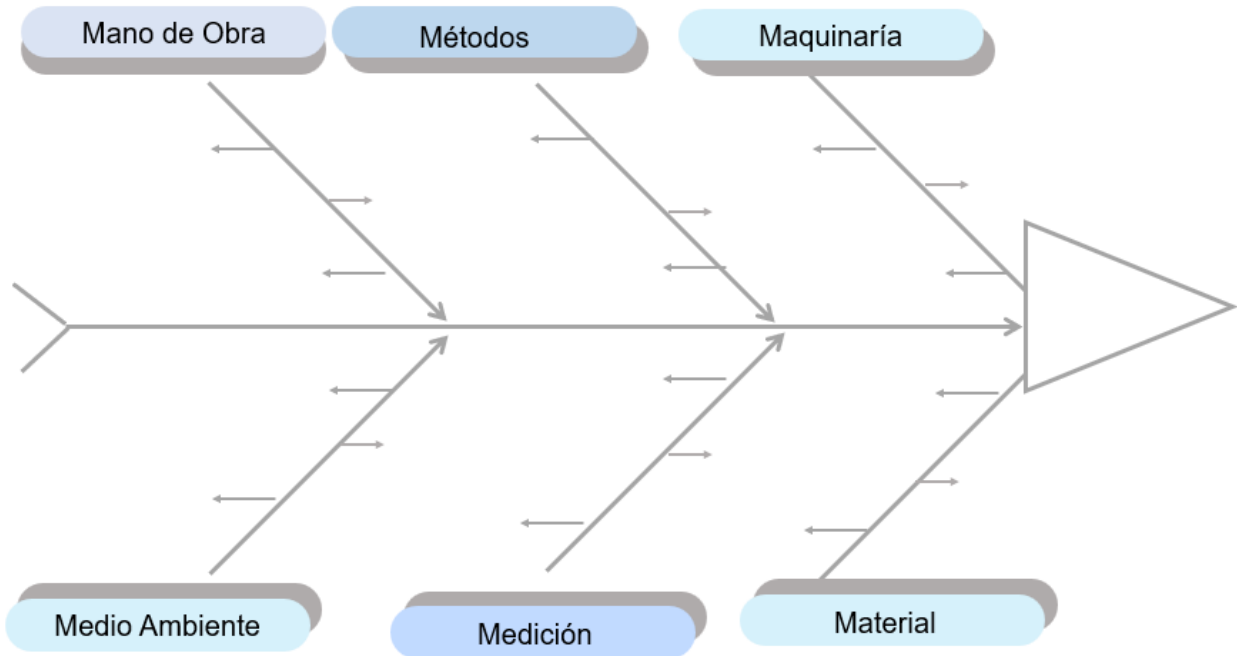
Medición: Las formas en que se evalúa o inspecciona el proceso, los controles y los instrumentos de medición.

Medio Ambiente: Las condiciones ambientales controlables e impredecibles, como temperatura, humedad, iluminación y otras condiciones externas.

(Niegel&Freivalds, 2014)

Figura 1.

Plantilla de diagrama de causa y efecto

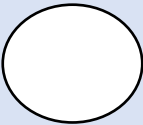
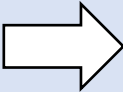
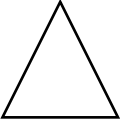
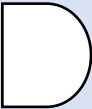


1.5.2.2. Diagrama de flujo del proceso

Diagrama de Flujo del Proceso

Esta una herramienta de análisis es una representación gráfica de los pasos que siguen en una secuencia de actividades que contribuyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza: además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tala como distancias, recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido (García Criollo, 2005).

Tabla 1.*Símbolos del Diagrama de Proceso*

Símbolos	Descripción	Indica	Significado
	Círculo	Operación	Ejecución de un trabajo en una parte de un producto
	Cuadrado	Inspección	Utilizado para trabajo de control de calidad
	Flecha	Transporte	Utilizado al momento de mover material
	Triángulo	Almacenamiento	Utilizado para almacenamiento a largo plazo
	D grande	Retraso	Utilizado cuando lo almacenado es inferior a un contenedor

Nota. Datos tomados de Ingeniería de métodos y medición del trabajo (2005).

Project Charter

Es un documento fundamental que se crea en la primera fase del ciclo de DMAIC: La fase de **Definir**. Tiene un propósito principal de formalizar la existencia del proyecto para usar los recursos de la organización y establecer una comprensión compartida de alto nivel entre los involucrados. Su correcta elaboración asegura que el proyecto Six Sigma tenga un inicio sólido y una dirección clara, lo que aumenta significativamente sus posibilidades de éxito (Ramírez, 2021).

1.5.3 Aplicaciones digitales

1.5.3.1 Google lens:

Es una aplicación y una herramienta gratuita de inteligencia artificial desarrollada por Google que te permite buscar lo que ves. A diferencia de una búsqueda tradicional, donde usas palabras, con Google Lens usas tu cámara o una imagen para obtener información sobre el

mundo que te rodea. Google Lens utiliza la visión por computadora y el aprendizaje automático para analizar los píxeles de una imagen. En milisegundos, es capaz de:

- Detectar objetos, texto y formas en la imagen.
- Comparar lo que ve con miles de millones de imágenes en su base de datos.
- Proporcionar resultados que son visualmente similares o que están relacionados con la información que capturó.

(Fernández, Y., 2021).

1.5.3.2 Microsoft lens

Conocida anteriormente como Office Lens, es una aplicación gratuita de escaneo móvil desarrollada por Microsoft. Su principal función es digitalizar documentos, pizarras, tarjetas de presentación y cualquier tipo de texto impreso o manuscrito usando la cámara de tu teléfono. Microsoft lens no se limita a tomar una foto. Utiliza tecnología de reconocimiento de imagen para:

- Recortar y enderezar automáticamente la imagen, eliminando el fondo y los ángulos extraños.
- Mejorar la claridad de la imagen para que el texto sea más legible.
- Convertir el texto de la imagen en archivos editables de Word, PowerPoint, PDF, o OneNote.

Esto te permite escanear una hoja de notas y luego editarlas en tu computadora sin tener que reescribirlas.

Microsoft ha anunciado que la aplicación independiente de Microsoft Lens será retirada de las tiendas de aplicaciones para iOS y Android a partir de septiembre de 2025. Muchas de sus funciones de escaneo están siendo integradas en otras aplicaciones de la suite de Microsoft 365, como Microsoft Copilot.

(Codina, L.,2024).

1.5.3.3 CanScanner

Es una de las aplicaciones de escaneo móvil más populares. Su propósito principal es convertir tu teléfono o tableta en un escáner portátil. Te permite tomar fotos de documentos,

pizarras, recibos o cualquier tipo de texto y transformarlas en archivos digitales de alta calidad, como PDF o JPG. Sus funciones principales son:

- Escaneo y digitalización de documentos: Simplemente tomas una foto del documento y la aplicación detecta automáticamente los bordes, recorta la imagen y elimina el fondo para que parezca un escaneo real.
- Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR): Esta es una de las funciones más poderosas. CamScanner puede reconocer el texto de una imagen y convertirlo en un texto editable. Por ejemplo, puedes escanear la página de un libro y luego copiar y pegar el texto en un documento de Word.
- Mejora de la imagen: La aplicación mejora automáticamente la calidad de la foto, ajustando el brillo, el contraste y el color para que el texto sea más claro y legible.
- Gestión y organización de documentos: Te permite organizar todos los archivos escaneados en carpetas, renombrarlos y protegerlos con una contraseña.
- Compartir y exportar: Puedes compartir los documentos escaneados por correo electrónico, redes sociales, o subirlos a servicios en la nube como Google Drive, Dropbox o OneDrive.

(CamScanner, 2021).

1.5.4 Conceptos claves relacionados con el proceso de premezcla de pastelería

Microingredientes: es un conjunto de insumos con menor porcentaje en la fórmula de una premezcla.

Macroingredientes: es un conjunto de insumos con mayor porcentaje en la fórmula de una premezcla.

Lote: es un conjunto de productos que se fabrican o procesan bajo las mismas características en común.

Lote (s) de microingredientes: conjunto global del número de lotes de micro ingredientes

Lote de microingredientes: abarca un global del número de lotes de microingredientes.

Número de lotes de microingredientes: conjunto de lotes de cada insumo.a

Blender: Máquina para mezclar microingredientes.

Bin: Maquinaria para mezclar micro y macro ingredientes.

Batch: una parada de producción.

Pesaje manual: proceso manual de aquellos insumos en la elaboración de una premezcla y que no superan la producción de 80 kg. Además, permita una mezcla homogénea del producto en el bin considerando la volatilidad y densidad de la premezcla.

Pesaje microingredientes: proceso por medio del blender de aquellos insumos en la elaboración de una premezcla y que superan la producción de 80 kg hasta máximo 135 kg. Además, permita una mezcla homogénea del producto en el bin considerando la volatilidad y densidad de la premezcla.

Hoja de Ruta (HR): proceso estandarizado de los pasos a seguir en la producción de una premezcla.

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Fase de definir

Por medio de las herramientas de Six Sigma se determinó las 6 M del problema para determinar la causa prioritaria, luego se graficó el diagrama de Ishikawa siguiendo la plantilla de la (Figura1) y se determinó las 5 causas primordiales para poder realizar el Diagrama de Pareto y se focalizó en la causa vitales más importante.

Basado en el ciclo DMAIC, en la fase definir, se implementó la metodología Project Charter, se utilizó la siguiendo la plantilla detallada a continuación:

Tabla 2.

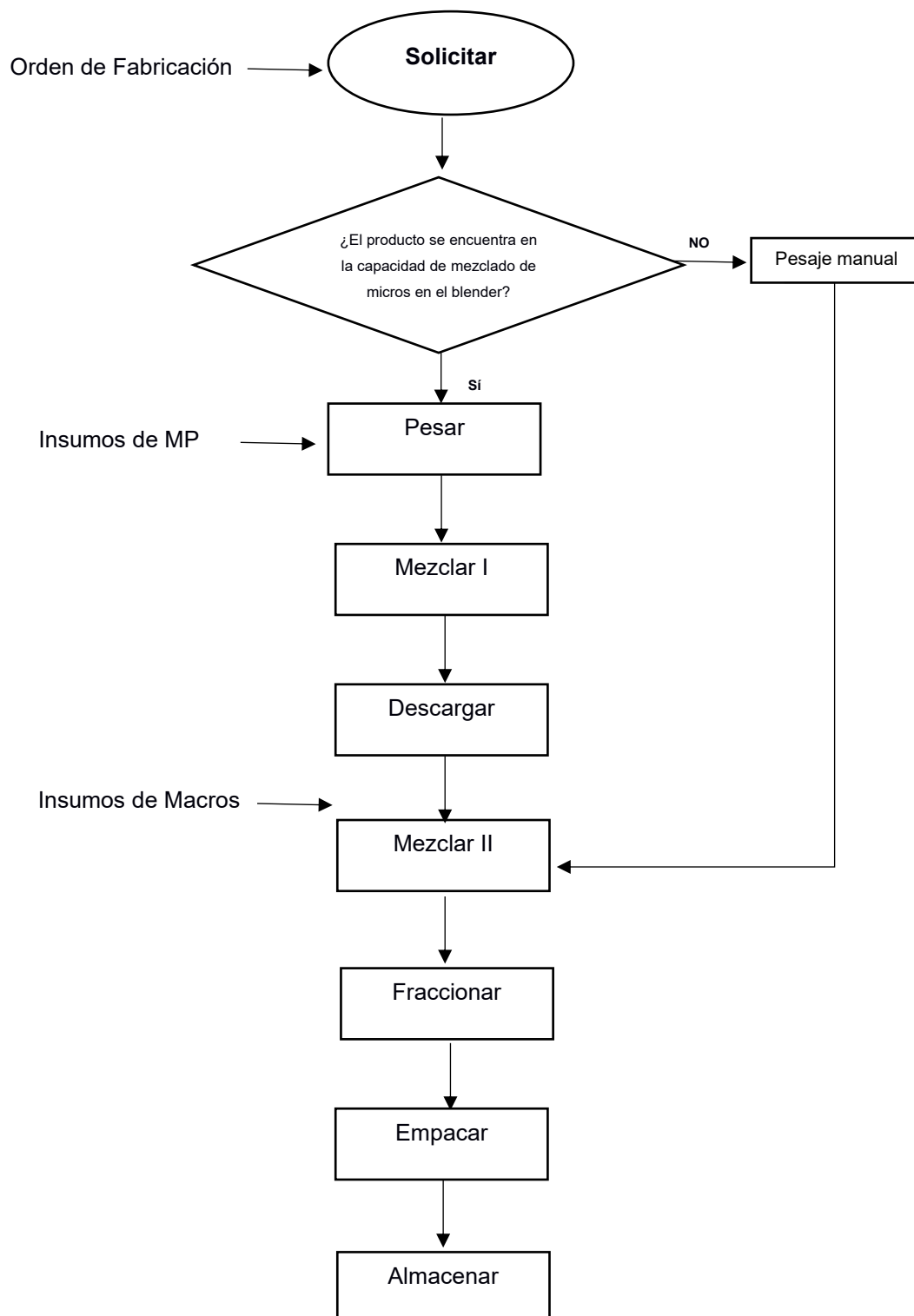
Plantilla en base a la metodología Project Charter

Título del Proyecto:	Implantación de registro de trazabilidad y control de calidad en micros.				
1)Contexto del problema:					
2) Alcance del Proyecto:					
3) Benéficos esperados					
4) Meta y Objetivos cuantificables:	KPI	Línea Base	Actual	Meta	Ideal
5)Evaluar el diseño del equipo de trabajo y roles definidos					
6) Recursos necesarios					
7) Posibles riesgos y restricciones					

Se procedió a realizar un análisis del proceso de pesaje en la elaboración de premezclas por medio de un diagrama de flujo para entender e identificar el problema sin la implementación del registro.

Figura 2.

Diagrama de flujo proceso sin la implementación del registro



2.3 Fase analizar

Estudio de tiempos: Manual vs Visual

Primer Estudio de Tiempo: se realizó un estudio de tiempos a las 3 propuestas digitales a implementar.

Segundo Estudio de Tiempos: análisis de registro manual frente al digital

- a) Registro Manual: se anotó de manera manual los lotes de cada insumo
- b) Registro digital: se identificó la aplicación que mejor se adaptó al medio, transformando una imagen en texto. Se pegó el texto del lote en registro que se creó en documentos de Excel online.

Aplicaciones propuestas a implementar:

- ✓ Google lens
- ✓ Microsoft lens
- ✓ CanScam

Procedimiento:

Por medio del primer borrador del registro se realiza un estudio de tiempos con las App a implementar. En base a la siguiente plantilla. Tabla 4:

Tabla 4.

Plantilla para la identificación de la App más factible.

Producto:			
App	Google lens	Microsoft lens	CanScam
Tiempo			

Una vez seleccionada la App más factible se realiza el segundo estudio de tiempos Registro Manual frente a Registro digital, utilizando la plantilla de la tabla 5

Tabla 5.

Plantilla para la identificación de la factibilidad en implementar un registro

Producto	Chantilly Vainilla	
Replica	Registro Manual	Registro Digital

1
2
3
Promedio

Prueba t Student

Para determinar el cálculo y garantizar el uso de la herramienta más factible se utilizó la metodología prueba para identificar si existe una diferencia significativa

Prueba t Student se utilizó la siguiente fórmula, la como se indica en la fórmula 2.2.3

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

(2.2.3)

Registro de Trazabilidad de microingredientes

Se diseña un registro en el proceso de pesaje de micros en la elaboración de premezclas

Formato del primero ensayo del registro de micros:

El registro contiene los siguientes apartados:

- 1) Descripción del producto
- 2) Orden de Fabricación
- 3) Nombre de los insumos
- 4) Número de lotes
- 5) Lotes de micros
- 6) Responsable
- 7) Verificado
- 8) Hora empieza/culmina
- 9) Fecha del pesaje

Indicaciones para llenar el registro de trazabilidad

1) En la fila de lote (s) de microingredientes, asignar un número consecutivo a cada nuevo lote que se registre, a partir del 1.

2) En la primera columna de número de lotes de microingredientes, anotar los lotes correspondientes a cada insumo.

3) A partir de la segunda columna, se debe colocar una marca de verificación (✓) únicamente si el lote del insumo es igual al anterior.

Tal como se indica en el anexo 1, se evidencia el formato del registro a implementar.

Tabla 6.

Cronograma de implementación del registro.

N° Semanas	Junio	Julio	Agosto
1	Se comunicó a partes interesadas a cerca de la implantación del registro.	Segunda prueba con el segundo ensayo registro y la metodología a ocupar	El jefe de Calidad revisará el proceso de trazabilidad con los nuevos cambios
2	Se creó el primer ensayo del registro de trazabilidad Se estudió la App más factible.	Tercera prueba con el tercer ensayo registro y la metodología a ocupar	Se realizará una socialización a los partes interesados
3	Se estudió la factibilidad del uso de la metodología digital o manual	Aprobación del registro final Se realizará los cambios de HR	Se procede supervisar la implementación del registro.
4	Primera prueba con el primer ensayo del registro y la metodología a ocupar	Se actualizará en el proceso de trazabilidad con el registro a implementar.	Se procede supervisar la implementación del registro.

2.4 Fase de implementar

Realizar una socialización a parte interesadas como son el área de Calidad y Producción y entrega formal de la documentación de nuevo registro de MICROS EN EL BLENDER y actualización de Hojas de Ruta para los productos que correspondan.

Análisis ABC

Se desarrolló la cuantificación del costo (inversión) y del beneficio (ahorro). Detallando las siguientes variables:

- a. Costo de Devoluciones
- b. Costo de reproceso por devolución

- c. Costo Total Anual de Reproceso actual
- d. Reducción estimada de devoluciones
- e. Ahorro en Costo de Reproceso
- f. Ahorro en pérdidas de cliente (estimado)
- g. Beneficio total (ahorro)

2.5 Fase de controlar

El proceso de control requiere de un plazo mínimo de 6 meses. Pero se va a implementar lo siguiente:

- a. Plan de control checklist diario del registro: el supervisor de Calidad debe asegurar que el registro cumpla correctamente.
- b. Auditorias mensuales: se debe asegurar que la documentación se encuentre actualizada, organizada, correctamente llenando y al día.
- c. Carta de control P teniendo un historial se puede realizar un comparativo del año anterior con la nueva implementación del registro.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

A continuación, se presentan los resultados de las fases DMAIC y de las herramientas Six Sigma que se detallaron en la metodología.

3.1 Análisis de las 6 M en el diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa utilizado en este estudio se representa en la figura 3 que muestra las posibles causas primarias y secundarias que inciden en el problema del pesaje de micros, organizadas jerárquicamente en seis categorías 6M: Mano de obra, métodos, maquinaria, medio ambiente, medición y material.

Mano de obra

- Falta de capacitaciones: no se evidenció un cronograma de capacitaciones programado para garantizar que el proceso se cumpla como lo que establece la HR.
- Inconsecuencia en el protocolo de la HR: no se respeta las indicaciones establecidas en la Hoja de Ruta.
- Error humano: Descuido, distracciones o falta de concentración al momento de pesar.

Métodos

- Falta de trazabilidad en los insumos: se identificó que los lotes que se encuentran en la HR no corroboran con el pesaje de micros.
- Falta de supervisión: no hay presencia de un supervisor de pesaje que garantice que los lotes utilizados en micros se encuentren en la HR.
- Falta de precisión en el proceso: los lotes de los insumos que se encuentran en HR no corroboran a la realidad. Se utilizó un sistema (FIFO), lanzado por el sistema.

Maquinaria

- Balanza descalibrada: se verificó que existe un cronograma de calibración para la balanza.

- Batería baja o fallas eléctricas: si comprobó presencia de cargadores en buen estado para las maquinas.

Medio Ambiente

- Distancia de recorrido: se presentó recorridos largos para traer los insumos.
- Ventilación: se aseguró que hay un extractor de polvos.

Medición

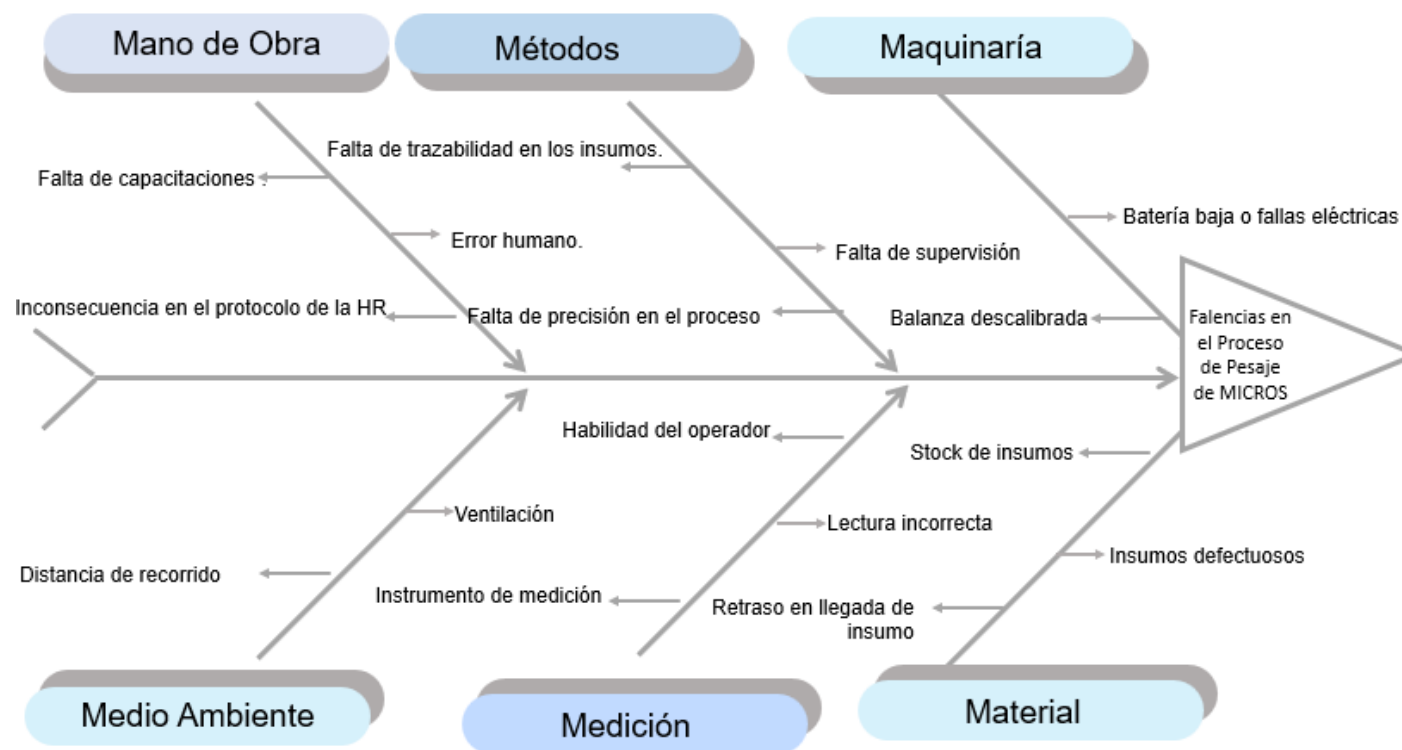
- Habilidad del operador: el operario comprobó el pesaje de cantidades correcto por medio de un sistema de cantidades donde se encuentra cargado la fórmula de la premezcla a elaborar.
- Instrumento de medición: se verificó que los equipos se encuentran en buen estado.
 - Lectura incorrecta: No se comprueba los lotes que se utiliza para el pesaje sean los que establece la HR.

Material

- Stock de insumos: se identificó que al no tener las cantidades suficiente los insumos para elaborar la premezcla, se procedió a elaborar otro producto con los insumos disponibles utilizando diferente lote.
 - Retraso en llegada de insumo: ocasionó que la trazabilidad de los productos se pierda y no corrobore los lotes mencionados en la HR.
 - Insumos defectuosos: el insumo no cumple con los estándares de calidad, se para el proceso de producción.

Figura 3.

Diagrama de Ishikawa de los problemas de trazabilidad en el área de pesaje

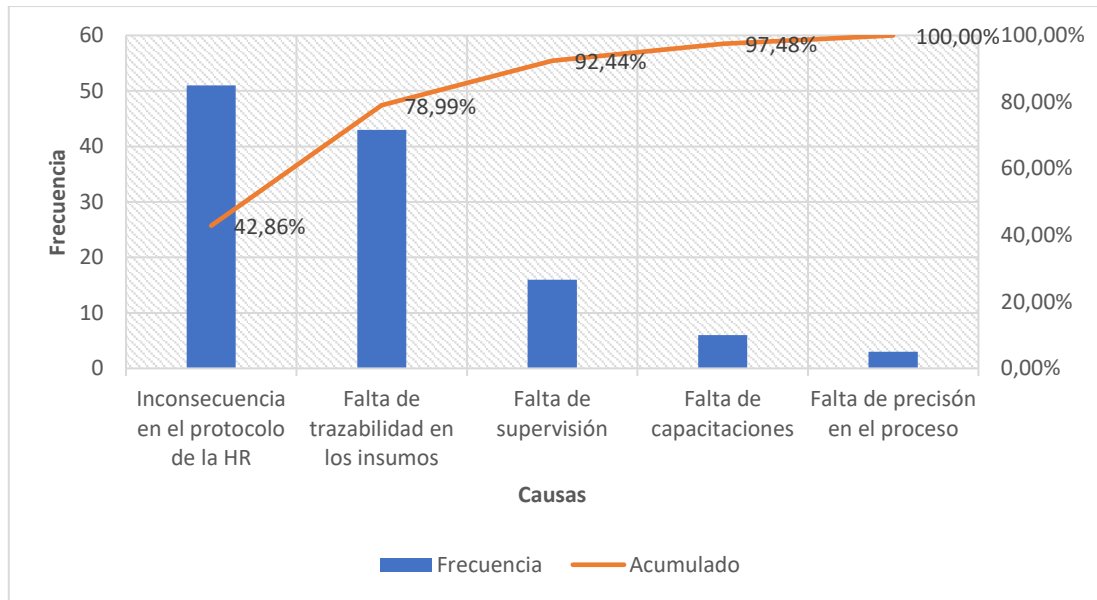


Al aplicar el principio de pareto (Tabla 7), se seleccionó las 5 causas con los porcentajes más altos identificados en el diagrama de Ishikawa para su análisis detallado con el diagrama de pareto (Figura 4) e identificar la causa vital.

Tabla 7.

Identificación de la causa más prioritaria

6's M	CAUSA	PRIORIDAD	PORCENTAJE DE INCIDENCIA (%)
Mano de obra	Falta de capacitaciones	MEDIO	85
	Inconsecuencia en el protocolo de la Hoja de Ruta	MEDIO	75
	Error humano	BAJO	55
	Falta de trazabilidad	ALTO	95
Métodos	Falta de supervisión	MEDIO	65
	Falta de precisión en el proceso	ALTO	90
Maquinaria	Balanza descalibrada	BAJO	45
	Batería baja o fallas eléctricas	BAJO	50
Medio Ambiente	Distancia de recorrido	BAJO	50
	Ventilación	BAJO	40
Medición	Habilidad del operador	BAJO	40
	Instrumento de medición	MEDIO	70
	Lectura incorrecta	MEDIO	60
Material	Stock de insumos	MEDIO	60
	Retraso en llegada de insumo	MEDIO	60
	Insumos defectuosos	MEDIO	60

Figura 4.*Diagrama de Pareto*

De acuerdo con este análisis, las causas vitales en las que se debe enfocar los esfuerzos en mejorar es la **falta de trazabilidad en los insumos**, seguido de la inconsecuencia en el protocolo de la HR. Las causas vitales como: falta de supervisión, falta de capacitación y falta de precisión en el proceso de pesaje, no generan un impacto tan significativo.

3.2 Análisis de trazabilidad

En base al análisis previo se determinó que la **FALTA DE TRAZABILIDAD** de los insumos es la principal causa para considerar para las mejoras propuestas. Para ello, se detectó aquellos productos que no coinciden entre la HR y el pesaje de micros (Tabla 8). El período considerado para este estudio abarcó desde el año 2024 hasta la primera semana de septiembre 2025 obteniéndose el dato historio de 481 productos producidos.

Tabla 8.

Registro de productos que no coinciden entre la HR y el pesaje de micros

Fecha	Producto	Fecha	Producto
1/1/2024	Bizcochox Chocolate Costa	30/11/2024	Pancake Agua
3/1/2024	<u>Bizcochox Chocolate Sierra</u>	01/12/2024	Pancake Agua
8/1/2024	Torta Red Velvet Ya	03/12/2024	Pancake Leche
14/1/2024	Pancake Agua	07/12/2024	Quequex Naranja Costa
2/2/2024	Pancake Agua	08/12/2024	Quequex Naranja Sierra
23/2/2024	Pancake Leche	9/12/2024	Torta Red Velvet Ya
26/2/2024	Quequex Naranja Costa	10/12/2024	Bizcochox Chocolate Costa
20/3/2024	Quequex Naranja Sierra	18/12/2024	Bizcochox Chocolate Sierra
23/3/2024	Bizcochox Chocolate Costa	2/2/2025	Pancake Agua
29/3/2024	Bizcochox Chocolate Sierra	16/2/2025	Pancake Leche
31/03/2024	Torta Red Velvet Ya	22/2/2025	Pastelerax
13/4/2024	Pastelerax	23/2/2025	<u>Pastelerax</u>
2/5/2024	Pastelerax	12/4/2025	Bizcochox Vainilla Costa
6/5/2024	Bizcochox Vainilla Costa	10/5/2025	Bizcochox Vainilla Sierra
22/5/2024	Bizcochox Vainilla Sierra	19/6/2025	Torta Red Velvet Ya
6/6/2024	Quequex Vainilla Costa	23/6/2025	Bizcochox Chocolate Costa
7/8/2024	Quequex Vainilla Sierra	27/6/2025	Bizcochox Chocolate Sierra
27/8/2024	Pancake Agua	3/7/2025	Torta Red Velvet Ya
28/8/2024	Bizcochox Vainilla Sierra	8/7/2025	Pancake Agua
30/8/2024	Quequex Vainilla Costa	9/7/2025	<u>Torta Red Velvet Ya</u>
3/9/2024	Pancake Agua	4/8/2025	Bizcochox Chocolate Costa
7/9/2024	Pancake Leche	22/8/2025	Bizcochox Chocolate Sierra
9/11/2024	Quequex Naranja Costa	24/8/2025	Pastelerax
14/11/2024	Pancake Agua	25/8/2025	Pastelerax
27/11/2024	Quequex Naranja Sierra	29/8/2025	Pastelerax
30/11/2024	Quequex Naranja Sierra		

Como se puede apreciar en la tabla 8, el 10% de productos de lotes no inciden entre el pesaje de la Hoja de Ruta con el pesaje del 2024 se ha realizado 481 productos con pesaje de

micros, de los cuales 51 no coincide el lote entre la Hoja de Ruta con el pesaje. Se ha registrado 3 devoluciones por fallas de trazabilidad en un tiempo promedio de registro de 6 minutos. Las oportunidades de defectos 5 insumos que rotan constantemente.

Cálculo de la Carta de control P

Se realizó una tabulación de los datos históricos (Tabla 9), en el período 2024 hasta inicios de septiembre 2025, para determinar el cálculo de control P y conocer el estado actual del proceso y poder proyectar una mejora en el proceso con la mejora en el proceso de trazabilidad.

Línea Central ($\bar{P}$)

$$\bar{P} = \frac{\sum D_i}{\sum n_i}$$

$$LC = \frac{3}{51}$$

$$\overline{LC} = 0,058$$

Este resultado muestra que el 5.8% de los productos han sido históricamente defectuosos.

Límites de Control (LSC y LCI)

$$LCS/LCI = LC \pm 3 \sqrt{\frac{LC (1 - LC)}{n_i}}$$

$$LCS/LCI = 0,058 \pm 3 \sqrt{\frac{0,058 (1 - 0,058)}{51}}$$

$$LCS = 0,058 + 0,098 = 0,156$$

$$LCI = 0,058 - 0,098 = 0,04$$

En base a los datos histórico de la tabla 8, el proceso se considera estable y predecible mientras la proporción de defectos de cualquier muestra esté entre 4.0% (LCI) y 15.6% (LCS), con una expectativa promedio del 5.8%. Se debe trabajar para reducir la cantidad de defectos y mejorar el proceso. Para luego determinar un plan de acción por medio de la metodología Project Charter (Tabla 10) para cuantificar el problema a resolver.

Tabla 9.*Tabulación y agrupación por subgrupo*

Año	Mes	n_i	D_i	$\overline{P_i} = \frac{D_i}{n_i}$
2024	Enero	4	1	0,25
	Febrero	3	0	0
	Marzo	4	0	0
	Abril	1	0	0
	Mayo	3	0	0
	Junio	1	0	0
	Julio	0	0	0
	Agosto	4	0	0
	Septiembre	2	0	0
	Octubre	0	0	0
	Noviembre	5	0	0
	Diciembre	7	0	0
	Enero	0	0	0
	Febrero	4	1	0,25
	Marzo	0	0	0
	Abril	1	0	0
	Mayo	1	0	0
	Junio	3	0	0
	Julio	3	1	0,33
	Agosto	5	0	0
Total		51	3	0,83

Project Charter

Con esta metodología se puede cuantificar el problema a resolver, tal como se detalla en la tabla 10.

Tabla 10.

Registro aplicando la metodología Project Charter

Título del Proyecto:	Implementación de registro de trazabilidad y control de calidad en micros.				
1) Contexto del problema:	El 10% de los registros de lotes en pesaje de micros no corresponde a los lotes de los insumos que se encuentran en la Hoja de Ruta.				
2) Alcance del Proyecto:	El área de pesaje de micros de premezclas de pastelería.				
3) Benéficos esperados	Mejorar la trazabilidad y control de calidad de los productos de pastelería.				
4) Meta y Objetivos cuantificables:	KPI	Línea Base	Actual	Meta	Ideal
	Reducir los errores de trazabilidad del 10% al 2% en un plazo de 21 meses en el pesaje de micros.	30%	10%	2%	0%
5) Evaluar el diseño del equipo de trabajo y roles definidos	En el área de pesaje se presenta un auxiliar que pesa la fórmula de micros y un ayudante da soporte en los insumos que necesita.				
6) Recursos necesarios	Mano de obra, balanza, palas para pesar, extractor de polvos, sacos para colocar los micros, lector de lotes (software)				
7) Posibles riesgos y restricciones	Ralentiza el proceso, necesitan más manos de obra, software no amigable.				

Con base al conocimiento del proceso general de la elaboración de una premezcla de pastelería, se procedió a profundizar las falencias en el proceso de pesaje de micros. Se detectó inconsistencia en la HR en el pesaje de micros al no utilizar los lotes de los insumos que se menciona.

Análisis de DPMO

Una vez identificado el problema se prosigue a determinar los defectos por millón de oportunidades con los datos de la tabla 8.

$$DPMO = \frac{\text{Total de Defectos}}{\text{Total de Unidades Producidas} \times \text{Oportunidades de Defecto por unidad}} \times 1000\,000$$

$$DPMO = \frac{3}{487 \times 5} \times 1000\ 000$$

$$DPMO = 1,23203 \text{ ‰}$$

Por cada millón de oportunidades de defecto, se encuentra un 0,1232 ‰ de defectos, lo que se considera bueno, pero hay un margen de mejora.

Nivel Sigma Inicial: Se estableció el nivel inicial 4. Esto demuestra que hay un control considerable sobre el proceso y se puede apuntar a niveles de calidad aún más alto a través de la mejora continua.

3.3 Evaluación de herramientas digitales y registros

3.3.1 Identificación de aplicaciones para el registro

Por medio de un estudio de tiempos y de eficiencia de la App se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 11.

Tabla 11.

Identificación de App para registro digital

Producto: Chantilly Ya			
App	Google lens	Microsoft lens	CamScanner
Tiempo	7 min y 50 s	12 min y 21 s	15 min y 53 s

Una vez identificado la App más factible se procedió a realizar un análisis entre el registro digital y manual, como se detalla en la tabla 12.

Tabla 12.*Resultados de tiempos de estudio en el registro manual y digital*

Producto	Chantilly Vainilla	
Réplica	Registro Digital	Registro Manual
1	8 min y 38 s	3 min y 14 s
2	10 min y 14 s	4 min y 59 s
3	7 min y 50 s	3 min y 24 s
Promedio	8 min y 34 s	3 min y 32 s
Desviación estándar	1,527	0,577

Prueba t Student

Para confirmar que los resultados prácticos obtenidos en la tabla 12 sean los óptimos, se prosigue a calcular por medio de una prueba *t Student* con $\alpha=0.05$.

Hipótesis nula: μ manual = μ digital

Hipótesis alternativa: μ manual $\neq$ μ digital

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{8 - 3}{\sqrt{\frac{(1,527)^2}{3} + \frac{(0,577)^2}{3}}}$$

$$t = 5,33$$

Con este resultado, $p > 0,05$ se rechaza la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa. Por lo tanto, con suficiente evidencia estadística se puede afirmar que el tiempo de llenado promedio del método digital es significativamente más lento que el tiempo de llenado promedio del método manual.

Con la implantación del nuevo registro se espera tener un 2% de errores en la trazabilidad durante un periodo de 6 meses.

3.3.2 Ventajas y desventajas de las aplicaciones digitales utilizadas

Con base a la evaluación de las aplicaciones utilizadas se realizó un cuadro de ventajas y desventajas para la elección de la App más eficiente, tal como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13.

Ventajas y Desventajas de las aplicaciones a utilizar

Aplicaciones	Ventaja	Desventaja
Google Lens	Gratuito Convierte la imagen en texto en un solo paso	No detecta las letras que se encuentran traspuestas. Arrojando un texto erróneo.
Microsoft lens	Gratuito Ancla la nuble de Microsoft	Convierte la imagen en un archivo de texto. Se demora en esperar que se convierta. Publicidad a cada momento.
CanScam	Gratuito	Convierte la imagen en un archivo de texto. Se demora en convertir la imagen en texto. Publicidad

Con base a los resultados obtenidos se concluye que la App más factible es Google lens, considerando que no detecta las letras que se encuentras traspuesta. Pero arroja un resultado más rápido y preciso.

3.3.3 Comparación de métodos: digitales vs manual

La cámara no detecta las letras cuando se presenta palabras transpuesta, esto generó un error en la colación del lote del producto. Además, demoró más tiempo porque se escribió digitalmente el lote como se puede observar en el Anexo 2.

Al realizar una réplica de 3 veces del pesaje del mismo insumo se concluye que, por una diferencia de 5 min 2 s la mejor metodología a ocupar en manual. Un tiempo significativo y con menor riesgo de errores.

3.4 Cambios documentales

Hoja de ruta

Se procedió a realizar una actualización en la Hoja de Ruta únicamente a los insumos que pertenecen al listado de mezclado microingredientes en el blender. Con el apartado LOTE (S) DE MICRO INGREDIENTES.

LOTE(S) DE MICRO INGREDIENTES	
PESO TOTAL DEL BIN (KG)	

Este registro anclado con la HR, por lo cual se realizó una modificación en los ítems de insumo, añadiendo un apartado de “LOTE (S) MICROS” que corresponde a cada pesaje mayores a 80 kg a todos los 23 productos activos que se encuentran. Es decir, a parte de la creación del nuevo registro se debe actualizar las HR ya extintas hasta la implementación de este.

Actualización del procedimiento de trazabilidad

Se detalló paso a paso el proceso a implementar del REGISTRO DE MEZCLADO DE MICROINGREDIENTES EN EL BLENDER en el Procedimiento de Trazabilidad elaborado por el Departamento de Aseguramiento de la Calidad.

Se procedió a realizar una socialización de la implementación del REGISTRO DE MEZCLADO DE MICROINGREDIENTES EN EL BLENDER a las áreas interesadas: Calidad y Producción. Se explicó sobre el problema identificado, concientización a los operarios de la importancia de la trazabilidad y el uso del registro. Para la identificación de los lotes de microingredientes se debe enumerar consecutivamente en la parte superior del saco y debe ser visible tal como lo indica los anexos 2 y 3.

Se procedió a realizar una supervisión al operario del pesaje en las tres primeras elaboraciones del producto y se garantizó el adecuado uso del registro. El registro continuará en control por 6 meses a partir de 01 de septiembre 2025. El área de Calidad realiza el control diario en la verificación del correcto llenado del registro, el mismo será anexado en la Hoja de Ruta y verificado por el jefe de Producción. Se implementó un registro para garantizar que los lotes que se utilicen en la elaboración de la premezcla sea los reales.

3.5 Análisis ABC

Desde inicios del año 2024 hasta inicios de septiembre 2025 (21 meses) se registró que un 10% de productos de lotes no coinciden entre el pesaje con la Hoja de Ruta. Realizando un simulacro de los datos históricos de 21 meses se procedió a la cuantificación de los beneficios para prevenir futuras pérdidas.

1) Cuantificación del costo (La inversión)

La implementación del registro no tiene ningún costo.

Tiempo promedio de registro: 6 minutos

MO: \$1000 X 21 meses

2) Cuantificación del Beneficio (El ahorro)

Problema actual: se ha registro 5870 unidades de devoluciones en el 2024 hasta septiembre 2025.

Tabla 14.
Cuantificación de costos beneficios

Concepto de beneficio	Cálculo	Costo / Ahorro en 21 meses
Costo de Devoluciones	Biscocho Chocolate (\$4,09 x x 3490 unidades)	\$14.272,10
	Pastelera (\$3,50 x 1750 unidades)	\$6.125,00
	Torta red velvet (\$1,90 x 630 unidades)	\$1.197,00
	$\sum$ Costo de Devoluciones	\$21.596,10

Costo de reproceso por devolución	por \$ 150 (incluye M.O., envió e inspección)	\$150
Costo Total Anual de	5970 devoluciones x \$150	\$895.500
Reproceso actual		
Reducción estimada de devoluciones	Reducir el 10% de 597 devoluciones evitadas en devoluciones 5970	21 meses
Ahorro en Costo de	597 devoluciones evitadas x	\$89.550
Reproceso	\$150 devoluciones	
Ahorro en pérdidas de cliente (estimado)	5 clientes x \$3,500 valor promedio	\$17,500
Ahorro de Costo de	Reducir el 10% de	\$2.179,05 devoluciones
Producto Evitado	devoluciones 21.596,10	evitadas en 21 meses
Beneficio total Bruto (ahorro mínimo)	$\sum$ <i>Reproceso + Clientes</i>	\$109.229,05

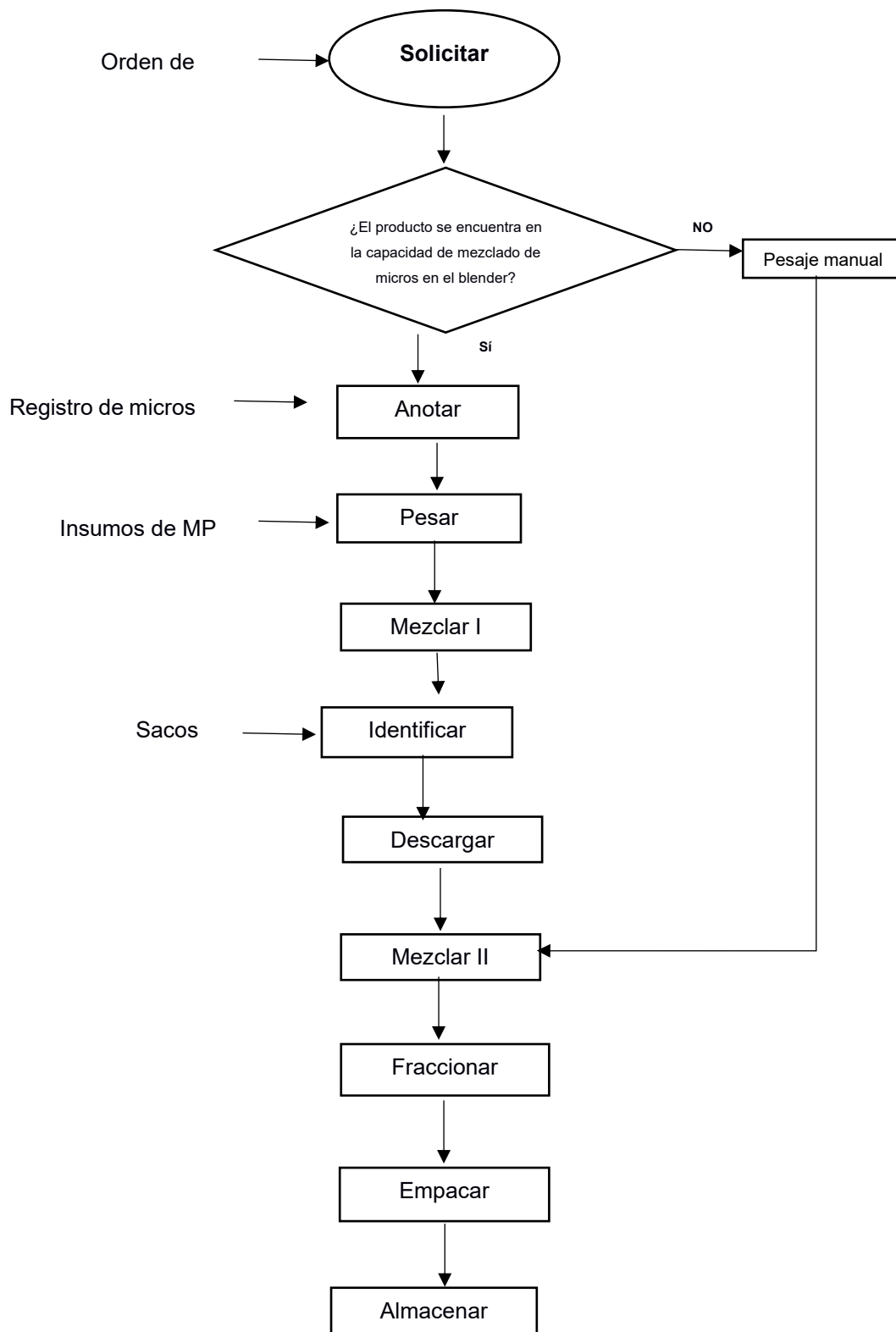
Beneficio Neto= Beneficio Total – Costo inversión

Beneficio Neto= \$109.229,05 – \$1000 = \$108.229,05

En base al análisis costo – beneficio se muestra un impacto económico positivo en el proceso de la empresa. El costo de la inversión es nulo, pero se considera un valor por la MO, la reducción proyectada en las devoluciones se traduce en un ahorro explícito de \$1.000 en inversión, más un beneficio estimado de 109.229,05. Esto resulta en un beneficio neto de \$108.229,05 para la empresa en los 21 meses. La implementación no solo mejora la trazabilidad de los productos sino también es financieramente rentable. Ya que la mejora no contiene un costo de software.

Figura 5.

Diagrama de flujo del proceso implementado el registro de trazabilidad



Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Mediante la aplicación de herramientas de la metodología Six Sigma, tales como el Diagrama de Ishikawa y el Diagrama de Pareto, se determinó que la falta de trazabilidad de los insumos constituye la causa prioritaria del problema, con una incidencia acumulada del 78,99%. A partir de este hallazgo, se desarrolló e implementó el Registro de Mezclado de Microingredientes, orientado a mejorar la trazabilidad y el control de calidad en la producción de premezclas de pastelería, con información más precisa y verificable del proceso. Se calculó la carta de control P de datos históricos del 2024 hasta inicios de septiembre de 2025 y se determinó una proporción de defectos se encuentra entre 4.0% (LCI), 15.6% (LCS) 0.058% (LC), lo que me indica que el proceso presenta desviaciones de defectos en el proceso de trazabilidad del pesaje de microingredientes. La aplicación del ciclo DMAIC y del Project Charter permitió establecer una meta cuantificable: reducir los errores de trazabilidad del 10% al 2% en un plazo de seis meses. El análisis de desempeño arrojó un DPMO de 1.232%, equivalente a un nivel Sigma 4, lo cual evidencia un control sólido del proceso y un potencial de mejora hacia niveles de excelencia en calidad.
- El análisis estadístico t Student ($\alpha = 0,05$) confirmó la existencia de una diferencia significativa entre los métodos manual y digital. La herramienta Google Lens mostró eficiencia relativa, pero presentó limitaciones al no detectar palabras transpuestas, generando errores en la identificación de lotes y mayor tiempo de registro. Mientras que, con el registro manual se tuvo mayor precisión y eficiencia, reduciendo los tiempos promedio de llenado de 8.34 a 3.32 minutos, con una diferencia de 5.02 minutos a favor de su implementación. Este resultado respalda la adopción del método manual como la solución más confiable para el proceso de pesaje y control de trazabilidad.

- La implantación del registro manual evidencia un impacto económico positivo y medible en el proceso productivo. El análisis costo–beneficio determinó un beneficio total de \$18.380,05 y un beneficio neto de \$17.380,05 para un periodo de 6 meses, sin requerir inversión adicional en infraestructura o software.

4.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar una actualización de la Hoja de Ruta para obtener datos más reales y buscar una solución para que la Hoja de Ruta se encuentre lista en el momento que inicia el pesaje manual y de microsingredientes.
- En un futuro no se descarta la utilización de un registro digital, para anotar los lotes de manera más rápida y que se encuentren anclados en la nube. Se recomienda la implementación de una herramienta digital más adecuada y didáctica como una Tablet para anotar los lotes.
- El registro continuo en la fase de control por un periodo de 6 meses. Se realizará un seguimiento para evaluar la evolución de este.

Referencias

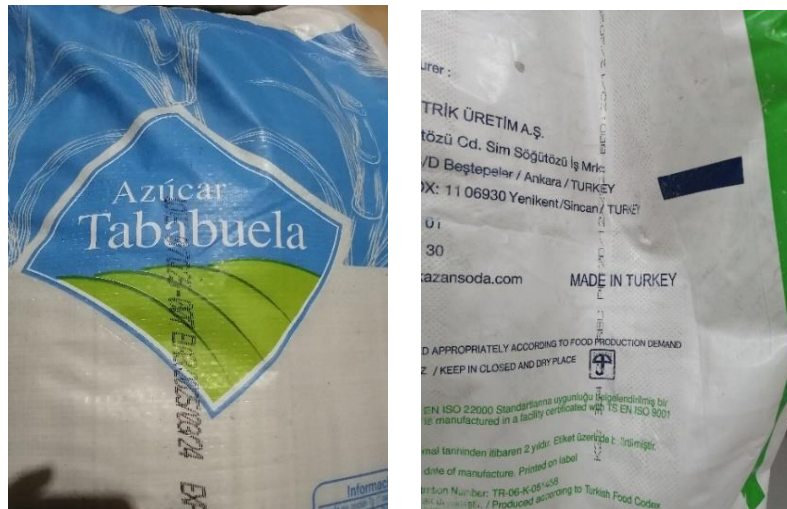
- Codina, L. (2024). Base de datos académica The Lens: solucionando el problema de la solución de problemas. Lluís Codina. <https://www.lluiscodina.com/lens/>
- CamScanner. (2021). CamScanner: escaneo de texto e imagen y reconocimiento, conversión en línea de formato PDF a documento de Word. <https://www.camscanner.com/es-es>
- García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo: México: McGraw Hill.
- García, V. (2023). Aplicación del ciclo DMAIC para la disminución del sobrepeso en el área de empaqueo de galletas, en una empresa de alimentos de la ciudad de Quito. Universidad Politécnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26607>
- Escobar, M. (2013). Diseño de una guía para el desarrollo de un sistema de trazabilidad en la línea de producción de pasteles de una panadería semi industrial en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Fernández, Y. (2021). Google Lens: todo lo que puedes hacer con la aplicación de Google. Xataka Basics: <https://www.xataka.com/basics/google-lens-todo-que-puedes-hacer-aplicacion-google>
- Franco, D., García. H., Pérez. & Campos, J. (2017). Propuesta de un plan de mejora y un plan de trazabilidad para la panificadora San Gabriel. Universidad Nacional Alierta y a distancia UNAD.
- Niebel B. W. & Freivalds, A. (2014). Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. México: McGraw Hill
- Symestic. (2024, 30 agosto). DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Symestic. <https://www.symestic.com/en-us/what-is/dmaic#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20DMAIC?,aumentar%20la%20satisfacci%C3%B3n%20del%20cliente.>

- Ramirez, R. (2021). Project charter: Qué es, cómo hacerlo y consejos. <https://miro.com/>. <https://miro.com/es/gestion-proyectos/que-es-project-charter/>
- The Advisory Management Group. (2013). Six Sigma: A complete step-by-step guide. The Management Advisory Group.

Anexo 1. Formato de Registro de Mezclado de Microingredientes en el blender

Logo – nombre de la empresa	PROCEDIMIENTO DE TRAZABILIDAD						R-AC-09.1 Revisión:01 Pág:1 de 1
	REGISTRO DE MEZCLADO DE MICROINGREDIENTES EN EL BLENDER						
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:				RESPONSABLE:			
CLIENTE:				VERIFICADO POR:	JEFE DE PRODUCCIÓN		
ORDEN DE FABRICACIÓN:				FECHA DE PESAJE:			
PASOS DEL PROCESO							
1)EN LA FILA DE LOTE (S) DE MICROINGREDIENTES, ASIGNAR UN NÚMERO CONSECUTIVO A CADA NUEVO LOTE QUE SE REGISTRE, A PARTIR DEL 1.							
2) EN LA PRIMERA COLUMNA DE NÚMERO DE LOTES DE MICROINGREDIENTES, ANOTAR LOS LOTES CORRESPONDIENTES A CADA INSUMO.							
3) A PARTIR DE LA SEGUNDA COLUMNA, SE DEBE COLOCAR UNA MARCA DE VERIFICACIÓN (✓) ÚNICAMENTE SI EL LOTE DEL INSUMO ES IGUAL AL ANTERIOR.							
CÓDIGOS	INSUMO	LOTE (S) DE MICROINGREDIENTES					
		NÚMERO DE LOTES DE MICROINGREDIENTES					
*NOTAS							
En el caso de utilizar dos o más lotes de un mismo insumo separar por una slider (/)							
Una marca de verificación (✓) indica que el lote es igual al anterior. Únicamente se debe anotar el LOTE de un insumo si es DIFERENTE.							
Un Lote de Microingredientes corresponde a una columna de número de lotes de microingredientes. Se debe colocar en la Hoja de Ruta solamente el número de Lote de Microingredientes.							
N° de Edición	Cambios realizados						
08/2025	Creación del registro de mezclado de microingredientes en el blender						

Anexo 2. Lotes transpuestos difícil de detectar con las herramientas digitales



Anexo 3. Formación de palet para el pesaje de microingredientes.

