

PROPUESTA DE MEJORA PARA LA PRODUCCIÓN DE CREMAS
ESCARCHADAS EN LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC Y HERRAMIENTAS
ESTADÍSTICAS

DANNA SOFÍA ECHEVERRY ANGULO

Informe final de práctica empresarial para optar por el título de Ingeniera
Agroindustrial

PhD. JAIME HUMBERTO MENDOZA

PhD. JHON EDINSON NIETO CALVACHE

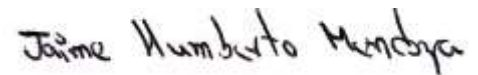
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Popayán, 2022

Nota de aceptación:

Se da cumplimiento a los objetivos del trabajo.

Hay coherencia con los objetivos propuestos.

Integración de propuesta de mejora y control de procesos.



Firma del director

PhD. Jaime Humberto Mendoza



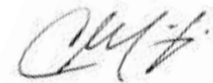
Firma del director

PhD. Jhon Édison Nieto Calvache



Firma del jurado

Yamid Pismag Portilla



Firma del jurado

Carlos Hernán Morales

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. MARCO REFERENCIAL	12
2.1 Localización e información de la organización.	12
2.1.1 Historia.....	12
3. MARCO TEÓRICO.....	13
3.1 Crema Escarchada o Escarchados.....	13
3.2 Manufactura esbelta.	14
3.3 Lean Six Sigma (LSS).....	14
3.3.1 Metodología de mejora de procesos DMAIC.	15
3.3.2 Herramientas de la metodología DMAIC.	16
3.4 Herramientas de la Calidad.	19
4. MARCO HISTÓRICO.	20
5. OBJETIVOS.....	22
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
6. METODOLOGÍA.	23
6.1 Diagnóstico del área de cremas y escarchados.	23
6.1.1 Recopilación de información.	23
6.1.2 Observación.....	24
6.2 Estructuración de la metodología DMAIC.	24
6.2.1 Definir.....	24
6.2.2 Medir.	25
6.2.3 Analizar.	25
6.2.4 Implementar.	26
6.2.5 Controlar.	27
6.2.6 Evaluación del efecto del tiempo de incubación en el proceso de elaboración de las cremas escarchadas de menta.	27
7. RESULTADOS Y DISCUSION.....	33

7.1	Diagnóstico del área de Cremas Escarchadas (Fase I).	33
7.1.1	Recopilación de información.	33
7.1.2	<i>Observación.</i>	39
7.2	Estructuración de la metodología DMAIC.	42
7.2.1	<i>Fase definir.</i>	42
7.2.2	<i>Fase medir</i>	57
7.2.3	<i>Fase analizar.</i>	57
7.2.4	<i>Fase implementar.</i>	58
7.2.5	<i>Fase controlar</i>	58
7.3	Evaluación del tiempo de incubación de las cremas escarchadas.	59
7.3.2	<i>Toma de Grados Brix.</i>	60
7.3.3	<i>Muestra de Colorimetría (L, a, b).</i>	62
7.3.4	<i>Medición del área de los cristales.</i>	65
8.	CONCLUSIONES	69
9.	RECOMENDACIONES	70
10.	BIBLIOGRAFÍA	71
11.	ANEXOS	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Interpretación Cp.

Tabla 2. Interpretación Cpk.

Tabla 3. Información documentada disponible.

Tabla 4. Project Chárter.

Tabla 5. Diagrama SIPOC del proceso de elaboración de cremas escarchadas.

Tabla 6. Factor crítico de calidad.

Tabla 7. Matriz de priorización por tipo de presentación.

Tabla 8. Datos de la información experimental.

Tabla 9. Síntesis de datos sobre pruebas y equipo utilizados durante el proceso.

Tabla 10. Grados brix de licor madre para escarchado de menta.

Tabla 11. Datos de colorimetría y delta E para el patrón y muestras de los 3, 6 y 9 días.

Tabla 12. Datos de área de los cristales en los 9 días de observación a temperatura de 33 °C.

Tabla 13. ANOVA para área vs tiempo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Licor cremas escarchadas o escarchados (Curacao, Anís y Menta), producto artesanal industria licorera del Cauca.

Figura 2. Ciclo de funcionamiento DMAIC.

Figura 3. Aspectos organizacionales Industria Licorera del Cauca.

Figura 4. Identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y posibles amenazas dentro del área de cremas escarchadas.

Figura 5. Aspectos que dificultan la comercialización de las cremas escarchadas.

Figura 6. Unidades de escarchados producidas vs unidades vendidas de los años últimos cinco años (2016 – 2021).

Figura 7. Detalle por producto de datos de la producción vs la comercialización de cremas escarchadas de los años últimos cinco años (2016 – 2021).

Figura 8. Diagrama de flujo elaboración de cremas escarchadas.

Figura 9. Diagrama de operaciones cremas escarchadas.

Figura 10. Grafica de medias con el método LSD para grados Brix.

Figura 11. Representación gráfica de cajas y bigotes para L

Figura 12. Representación gráfica de cajas y bigotes para a*.

Figura 13. Representación gráfica de cajas y bigotes para b*.

Figura 14. Grafica de medias con el método LSD para área de los cristales.

Figura 15. Grafica de cajas y bigotes área de los cristales.

Figura 16. Imágenes de los cristales resultantes de los días 3, 6 y 9 de incubación.

RESUMEN

En vista de la carencia organizacional y aplicativa de procesos de mejora en el área de cremas escarchadas, se estableció una estrategia integral como propuesta para identificar y corregir fallas detectadas tanto en el área estructural, como en el proceso productivo de esta; se realizó un diagnóstico general del área y una guía aplicativa teniendo en cuenta la metodología DMAIC para la obtención de resultados cuantitativos y por ende la ejecución más específica de esta en futuros estudios. Finalmente se determinó el efecto del tiempo de incubación a una temperatura de 33 °C sobre el tamaño y evolución de los cristales de los escarchados, grados brix y color permitiendo hacer un análisis de su evolución a través del tiempo. Todo lo anterior se desarrolló mediante la articulación de diferentes herramientas como Lean, Six sigma y conceptos estadísticos, los cuales fueron apoyados en encuestas a los usuarios internos del área y la aplicación de softwares especializados en el análisis de datos como StatGraphics y análisis de imágenes con el software ImageJ 1.53t.

Como resultado del diagnóstico se encontró la desactualización y faltante de documentación inherente al proceso, la cual fue actualizada y entregada. En la metodología DMAIC con el desarrollo de la fase definir, se logró establecer para las siguientes fases (medir, analizar, implementar y controlar) gracias a datos de los últimos 5 años, el factor crítico de calidad (CTQ), y el establecimiento de métodos para determinar la capacidad del proceso, los gráficos de control, y demás herramientas que contribuirán en la determinación de futuras estrategias de mejora.

Palabras claves: cremas escarchadas, metodología DMAIC, Lean, Six Sigma, StatGraphics, CTQ, capacidad del proceso, gráficos de control.

SUMMARY

Given the lack of organizational and application of improvement processes in the area of frosted creams, it was necessary to establish a comprehensive strategy as a proposal to be able to correct and improve faults detected both in the structural area and in its production process; From the above, a general diagnosis of the area was obtained, an application guide of the final phases of the DMAIC methodology to obtain quantitative results and therefore the more specific execution of this, and finally, an experimental design that allowed to determine in a relevant way the possible variables that influence one of the most important quality factors of frosted creams as a final product (crystallization). All of the above was developed thanks to the articulation of different tools such as Lean, Six Sigma, and statistical concepts, these in turn supported by surveys of internal users in the area, to the application of specialized data analysis software such as StatGraphics, among others. others.

As a result of the diagnosis, the outdated and missing documentation inherent to the process was found, which was updated and delivered. In the DMAIC methodology with the development of the define phase, it was possible to establish the following phases (measure, analyze, implement and control) thanks to data from the last 5 years, the critical quality factor (CTQ), the measurement method that allows determining the capacity of the process, control charts, and other tools that will contribute to the determination of future improvement strategies.

Keywords: *frosted creams, DMAIC methodology, Lean, Six Sigma, StatGraphics, CTQ, process capability, control charts.*

1. INTRODUCCIÓN

La Industria Licorera del Cauca es la empresa de orden gubernamental más importantes de la región, principalmente por su aporte en diferentes sectores socioculturales, es por ello que se busca la mejora en sus procesos y productos de manera continua. La productividad en sus diferentes áreas es la prioridad para seguirse manteniendo como una gran industria, dicha productividad va de la mano con la competitividad que a su vez se asocia con el reconocimiento y prestigio de calidad de la misma ¹, por lo cual se insta a la implementación de acciones de mejora partiendo de un diagnóstico general, identificando las fallas y aplicando metodologías de éxito ya identificados.

El área de cremas y cremas escarchadas es la encargada de elaborar diversos productos de manera manual, por ende, se decidió enfocar este estudio en uno sus productos estrella, debido a su antigüedad, y característica artesanal principalmente, este producto son las cremas escarchadas o escarchados, el cual además de ser emblema dentro de los productos de la Licorera, presenta unas características de calidad especiales y de mayor cuidado. Dichos requerimientos de calidad como lo es el cristalizado o arborización azucarada, se ven afectados por factores internos, como la manipulación de los operarios en la elaboración, y ausencia del control de algunas variables dentro del proceso, como temperatura, humedad relativa y tiempos de incubación. Lo anterior da como resultado, tiempos de proceso variables, baja productividad, incumplimientos en las órdenes de producción y, por ende, insatisfacción de la demanda y objetivos comerciales propuestos por la empresa.

En sentido dentro del estudio se identificaron las dificultades más relevantes del área y a su vez se determinaron cuáles son los puntos a mejorar de manera principal junto algunos factores que influyen en el incumplimiento de los requerimientos de calidad del producto, actualizando y dejando estipulado cuales son los posibles caminos a seguir para la continuidad de este proceso de mejora.

Para lograr todo lo anterior se hizo necesario el uso de herramientas que recogieran de manera integral los aspectos que componen el área y se pudieran evaluar de una manera más detallada; la metodología DMAIC es una estrategia que articula herramientas de Lean y Six Sigma lo que en palabras más sencillas

habla de herramientas de calidad, mejora continua y herramientas estadísticas, sintetizadas en un ciclo determinado por 5 fases (definir, medir, analizar, implementar y controlar), en donde se aplican las herramientas según la conveniencia, con el objetivo de tener mayor precisión y objetividad en cada caso.

Con la primera parte de la propuesta de mejora en el área de cremas escarchadas se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso de elaboración de escarchados el cual se complementa con la primera fase de la metodología DMAIC (definir), en donde se determinó el estado general del área, los puntos de partida y estrategias para corregir parte de las fallas detectadas hasta este punto. Otro de los objetivos fue establecer la metodología DMAIC de manera que permitiera la fundamentación de la propuesta como un sistema de mejora continua dentro del área de manera consecutiva y trascendental; y finalmente evaluar el proceso de elaboración de las cremas escarchadas para lograr identificar una de las variables de procesamiento que generan mayor variación en los parámetros de calidad establecidos para el producto, lo cual se logró ejecutar por medio del planteamiento de un diseño experimental, donde dicha variable se estableció de acuerdo a los resultados y análisis obtenido en las primeras fases de la propuesta.

Se determinó el tiempo de incubación para la formación de cristales como parámetro de calidad de producto final, y 3 variables respuesta (brix, colorimetría y área de los cristales). Lo anterior permitió corroborar la incidencia de estas dentro del proceso de elaboración de cremas escarchadas que requieren un control o estandarización.

Por otro lado, mediante este análisis inicial se lograron determinar ciertas variables como posibles influyentes en la problemática detectada, lo cual se realizó gracias a la observación del proceso de elaboración que resulto fundamental para identificar sus puntos de control y dificultades generales. Por ejemplo, se evidencio la inexistencia de control de variables como presión, temperatura, humedad relativa, entre otros, durante las etapas de proceso y en especial en la etapa de incubación que resulta ser la de mayor cuidado; este proceso de incubación se está realizando con luz y calor suministrada por bombillos, sin control alguno, es decir, no hay existencia de una cámara de control de temperatura y humedad. Lo anterior contribuyo al estudio y propuesta

ya que al ser los cristales de azúcar la condición de calidad principal para determinar el producto terminado, es donde se debe prestar mayor atención a que se cumpla de manera eficiente.

La cristalización es un proceso de separación, donde la sustancia pasa de una fase líquida o gaseosa a una fase sólida (cristales), se requiere que haya una intervención de transferencia de masa por acción de ciertas condiciones específicas, principalmente para que se dé la distribución de tamaño de cristales esperada, en donde estas de igual manera dependen de la velocidad de nucleación y crecimiento, y a su vez estas sus condiciones cinéticas dependen fuertemente de la velocidad de enfriamiento, sobresaturación, agitación y magnitud del ancho de la zona meta estable ². Teniendo en cuenta conceptos teóricos como el anterior y el diagnóstico de partida generado, se fundamentó la etapa de incubación como la más vulnerable y de mayor control dentro del proceso y fue corroborada con el uso de herramientas de calidad como SIPOC, y la observación detallada del proceso.

Algunos de los datos suministrados durante el estudio fueron analizados mediante softwares estadísticos para tener mejor objetividad en los resultados, corroborando a su vez la falta de una estandarización dentro del proceso y las diferencias significativas presentes entre las muestras estudiadas.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Localización e información de la organización.

Esta propuesta de mejora como práctica profesional se realizará en la empresa Industria Licorera del Cauca (ILC), la cual se encuentra ubicada en el suroccidente colombiano, en el departamento del Cauca, en la ciudad de Popayán, calle 4 No. 1E- 40.

La Industria Licorera del Cauca (ILC) al ser una de las empresas más importantes y antiguas del departamento es un pilar fundamental en la económica del mismo, ya que realiza aportes significativos en materia de salud, educación y deporte en la región, por ende, se encarga de mejorar cada día sus actividades en el marco de producción y comercialización de licores de alta calidad. Dicha línea de producción está constituida por los siguientes productos: Aguardiente Caucano Tradicional y sin azúcar, en botellas de 375 cc, 750 cc, 1750cc y PET de 375cc. Además, la ILC produce Ginebra Vickers Gin, Cremas y **Escarchados**, los cuales se han mejorado según los requerimientos del mercado a lo largo de su historia. Esta mejora se ha dado gracias a la implementación de sistemas de gestión con enfoque a procesos y apoyo integral de personal adecuado dentro de cada área ².

2.1.1 Historia.

Sus inicios se remontan al año 1858 en la hacienda Japio, donde se producía el aguardiente a través de alambiques y trapiches, es decir de manera artesanal. Posteriormente, gracias a las mejoras en el campo industrial pasa de ser la antigua “Aguardientera” a ser la fábrica de aguardiente que abastecía al departamento prevaleciendo como proceso semi artesanal la elaboración de cremas y escarchados. Ya en 1972, en la ciudad de Popayán fue constituida como una empresa descentralizada y vinculada a la Secretaría de Hacienda del Departamento, específicamente como una entidad industrial y comercial que tiene una autonomía administrativa y un patrimonio independiente ³.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1 Crema Escarchada o Escarchados.

La siguiente definición no aplica para las cremas que contienen productos lácteos.

Las cremas escarchadas son definidas como bebidas alcohólicas con un contenido mínimo de 250 g de sacarosa por litro y una concentración de 36 grados de alcohol como mínimo; al igual que las cremas, se encuentra compuesta por azúcar refinada, alcohol extra neutro y agua suavizada, sin embargo, requieren un soporte (rama) adecuada dentro del envase (no altera las características propias del producto), sobre el cual se depositan cristales de sacarosa que le dan una apariencia arborescente. Las presentaciones que se manejan dentro del portafolio de productos de la licorera es de 375 cc en sabores como, anís, menta y Curacao. Su variación aparte del soporte está en el proceso de elaboración ya que se requiere de un tiempo de “incubación” para lograr la eficiencia en el proceso de cristalización sobre la rama que da la característica principal del escarchado ⁴.



Figura 1. Licor cremas escarchadas o escarchados (Curacao, Anís y Menta); producto artesanal Industria Licorera del Cauca.

3.2 Manufactura esbelta.

Lean manufacturing tuvo sus inicios en el siglo XX con Henry Ford y Taylor, este último propuso la aplicación de nuevos métodos científicos a los procesos, al personal de trabajo, las maquinarias del área de producción y los tiempos, esto con la finalidad de obtener el mejor rendimiento posible. De este modo la manufactura esbelta es considerada como una filosofía de calidad que integra un conjunto de herramientas que permite la eliminación de desperdicios, los cuales están definidos como todo objeto u acción que no le da valor agregado al producto o servicio, con el fin de reducir costos y aumentar la productividad, reflejada en ingresos para la empresa u organización ⁵.

3.3 Lean Six Sigma (LSS).

El enfoque híbrido Lean Six Sigma, combina la estructura metodológica y herramientas de análisis de datos de Six Sigma con las herramientas de proceso y principios de Lean, la cual permite a las organizaciones tratar con una variedad de problemas, que a su vez integra aspectos humanos y técnicos en la mejora de procesos. Lo anterior basado en una cultura de mejora continua, satisfacción del cliente, participación integral de los empleados y búsqueda de las causas fundamentales para la solución de un problema ⁶.

Lean ha evolucionado a partir de prácticas industriales. El concepto como tal se utiliza con frecuencia como un proxy del sistema de producción de Toyota, que evolucionó a partir de Taiichi Ohno.'s, el cual experimentó y aplicó dicha iniciativa durante tres décadas en Toyota Motor Company a causa de la crisis originada por la segunda guerra mundial, de este modo la aplicación de Lean mejoró el valor percibido para los clientes al generar una producción de una mayor variedad de productos a un menor costo y de mayor calidad mientras se utilizan menos recursos en comparación con las prácticas de producción en masa tradicionales. En otras palabras, con la aplicación de Lean, se elimina el desperdicio de los procesos y se reestructuraron para hacerlos más eficientes, rápidos y ágiles a la hora de responder a las necesidades de los clientes ⁷.

Por otro lado, Six Sigma surge como una iniciativa creada por Motorola para realizar mejoras drásticas en sus niveles de calidad para enfrentar la competencia japonesa a mediados de los 80's a fin de corregir los problemas existentes para lograr éxito mientras se recuperaban de la crisis. De este modo,

Six Sigma persigue la mejora de los procesos y ha evolucionado hasta convertirse en un sistema integral y flexible para lograr, mantener y maximizar el éxito empresarial, impulsado exclusivamente por una comprensión de las necesidades del cliente, uso disciplinado de hechos, datos y análisis estadístico, y atención diligente para administrar, mejorar y reinventar los procesos comerciales es decir la articulación de calidad, eficiencia y nivel de servicio ⁸.

3.3.1 Metodología de mejora de procesos DMAIC.

Dentro de la adopción de las herramientas metodológicas de lean manufacturing de las más utilizadas en la adopción de Seis Sigma como método estructurado de resolución de problemas, es la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Control), conocida como la metodología de mejora plateada por Kaizen ⁹. Esta herramienta funciona mediante el desarrollo de cinco etapas estructuradas paso a paso involucrando una serie de herramientas estadísticas y de calidad pertinentes para cada una.

Fases de la metodología DMAIC. La estructuración de esta herramienta como ciclo, es lo que permiten la resolución del problema identificado en cada fase, para cada una hay una serie de actividades específicas y una pregunta a resolver ¹⁰. Se plantea el desarrollo de la propuesta y cada fase de la siguiente manera: Definir los objetivos de la actividad de mejora; Medir el sistema existente; Analizar el sistema para identificar formas de eliminar la brecha entre el desempeño actual del sistema o proceso y la meta deseada; Mejorar el sistema; Controla el nuevo sistema.



Figura 2. Ciclo de Funcionamiento DMAIC.

Fuente: elaboración propia.

3.3.2 Herramientas de la metodología DMAIC.

Dentro de las herramientas para la aplicación de la metodología DMAIC se encuentran una gran variedad, de las cuales se utilizan las más apropiadas según la información y necesidades del área donde se va a aplicar; a continuación, se definen las que se usarán con mayor frecuencia en una de las etapas del desarrollo de la metodología, inicialmente como medida de control estadístico, en pro de medir la capacidad del proceso y tomar determinaciones respecto a los resultados que se arrojen en él.

Por otro lado, el análisis de la capacidad del proceso permitirá conocer el rendimiento del proceso a corto plazo, teniendo en cuenta los indicadores Cpk (Capacidad real del proceso), y el Cp. (capacidad potencial del proceso). El índice Cp. es el grado de aptitud que tiene un proceso para cumplir con las especificaciones técnicas deseadas; dicho índice mide la dispersión permitida del proceso por la medida de la dispersión real del proceso, en donde la dispersión está relacionada con los límites de especificación.

El Cp. se obtiene según el cálculo expresado en la ecuación (1).

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \rightarrow \frac{\text{Dispersión permitida del proceso}}{\text{Dispersión real del proceso}} \quad E(1)$$

Donde:

- **LSE:** límite de especificación superior.
- **LIE:** límite de especificación inferior.
- σ : representa la dispersión de las variables de calidad del proceso.

Se tendrá en cuenta el resultado del cálculo de la ecuación (1) para posteriormente realizar un análisis cualitativo mediante la interpretación del índice Cp. La tabla 1 a continuación sintetiza la información para cada posible resultado, y de esta manera tomar una determinación basados en ella ¹¹.

Tabla 1. Interpretación Cp.

Valor del Cp	Decisión	Clase de proceso
$Cp. > 2$	Es un proceso altamente confiable, calidad seis sigma.	Clase mundial
$1,33 \leq Cp. \leq 2$	Proceso mas que adecuado.	1
$1 \leq Cp. < 1,33$	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto, lo que indica que es poco confiable.	2
$0,67 \leq Cp. < 1$	No adecuado para el trabajo por lo cual se requiere análisis del proceso y modificaciones para alcanzar una calidad satisfactoria.	3
$Cp. < 0,67$	No adecuado para el trabajo, requiere modificaciones serias.	4

Tomado de: (Bryan Salazar López, 2019) ¹².

El índice Cpk se conoce como índice de Capacidad Real, el cual es la modificación del índice Cp. ya que este no toma en cuenta el centrado del proceso, por tanto, el Cpk permite evaluar también donde se localiza la media del proceso respecto a las especificaciones. Antes de presentar el Cpk, será necesario considerar otros dos índices:

$$Cp = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \rightarrow \text{en caso de especificacion superior.}$$

$$Cp = \frac{\mu - LSI}{3\sigma} \rightarrow \text{en caso de especificacion inferior.}$$

El índice Cpk va a ser igual al Cp cuando la media del proceso se ubique en el punto medio de las especificaciones. Si el proceso no está centrado entonces el valor del índice de Cpk será menor que el Cp.

$$Cpk = \text{menor valor entre } Cpu \text{ y } Cpl \quad E (2).$$

Tabla 2. Interpretación del Cpk.

Valor del Cp	Decisión
Cpk. > 1	El proceso cumple con las especificaciones.
Cpk. < 1	Proceso fuera de las especificaciones.
Cpk. ≤ -0	Media del proceso fuera de las especificaciones.

Tomado de: (Bryan Salazar López, 2019) ¹².

Con el complemento del **Nivel Sigma** como indicador de variación, se podrá determinar cuántas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso, es decir cuan frecuente puede ocurrir los errores.

Otra de las herramientas aplicables es el diagrama o matriz **SIPOC**, denominado así por sus siglas en inglés, Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla o práctica y de esta manera delimitar el área a mejorar.

Por medio de la aplicación del **Análisis del Modo y Fallas Potenciales (AMFP)** como otra herramienta de mejora de procesos, se permitirá rediseñar el proceso, permitiendo evitar las fallas o errores antes de que estos ocurran por medio de la identificación del problema y sus posibles causas. Esta será útil para llevar a cabo la etapa de mejoramiento, en donde se estipulan los responsables y las fechas establecidas para la ejecución de las mismas. La técnica AMEF se basa en observación de procesos y descripciones constantes, por ello su utilización se restringe a casos poco complejos de análisis ¹³.

3.4 Herramientas de la Calidad.

Desde el inicio de los procesos de gestión de calidad se han venido desarrollando técnicas simples y eficientes para solucionar, identificar y clasificar problemas relacionados con la calidad de un proceso, producto o servicio. Las herramientas de calidad son una serie de instrumentos y técnicas soportadas en la filosofía de Gestión y Control de Calidad, donde estas han venido evolucionando a lo largo del tiempo para ser más eficientes.

De este modo, las herramientas de calidad se consolidan como instrumentos determinantes para poder minimizar costos, mejorar la calidad y evidenciar las causas y efectos en los resultados. Las herramientas de calidad son implementadas para minimizar el tiempo de producción, como también mejorar la efectividad en las funciones, estimulando a mejores procesos de trabajo y brindando seguridad al equipo ¹⁴. En ese sentido, dentro de una de las etapas de la metodología DMAIC, se aplicarán las herramientas descritas a continuación ya que se adaptan a las necesidades manifestadas inicialmente para contribuir a la solución del problema expuesto.

- **Pareto:** es un tipo especial de gráfica de barras donde los valores figurados están organizados de mayor a menor. Sirve para identificar los defectos que se producen con mayor frecuencia, las causas más comunes de los defectos o las causas más frecuentes de quejas de los clientes ¹⁵.
- **Ishikawa:** Se trata de una herramienta para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan ¹⁶.
- **Histograma:** es la representación gráfica de un grupo de datos estadísticos. Estos, agrupados en intervalos numéricos o en función de valores absolutos. El histograma es entonces un gráfico que permite mostrar cómo se distribuyen los datos de una muestra estadística o de una población ¹⁷.

4. MARCO HISTÓRICO.

La aplicación de metodologías integradas como las herramientas lean en las organizaciones permiten tener un control asertivo dentro de los procesos generando estabilidad en ellos y reduciendo su variabilidad ¹⁸. A continuación, se hace mención de una serie de estudios e investigaciones en las cuales se aplicaron herramientas y metodologías de manufactura esbelta, obteniendo resultados positivos durante dicho proceso de aplicación.

En el 2021, Gao Montoya, implementa herramientas de Control de Calidad, Mejora Continua en las MYPES de confección como outsourcing, a una empresa que terceriza procesos desde el tejido hasta el acabado de prendas para su exportación, con el fin de mejorar el nivel de calidad en las órdenes de fabricación (disminuir el nivel de reprocesos). En la aplicación de esta propuesta de mejora se capacitó al personal en herramientas de manufactura esbelta, mejora continua y método de autocontrol. Se realizaron mediciones antes y después de la implementación de las herramientas planteadas en la propuesta y se logró observar una reducción de en los niveles de fallos por confección de la MYPES del 27,6% a 20,4%, es decir disminución de los reprocesos, reflejándose en una disminución de costos y un aumento de la productividad ¹⁹.

En este mismo año 2021, Cabezas y Jiménez desarrollaron el diseño de una propuesta de mejora para incrementar la satisfacción del cliente en un restaurante italiano ubicado en la ciudad de Popayán mediante el uso de la metodología DMAIC, permitiendo establecer un plan de mejora en donde evaluaron el proceso actual y el proceso futuro mediante un simulador en el software FlexSim 2021, obteniendo como resultado una disminución del 16% en los tiempos de atención, equivalentes a 5,36 minutos en el tiempo promedio de entrega. Y posterior a ello gracias a la aplicación de herramientas de calidad como los cinco ¿por qué? Y la matriz AMEF, permitió definir las causas y la relación entre estas, para así poder determinar las mejoras requeridas. Por ende, se concluye que la aplicación de la metodología contribuyó a la identificación de la causa del problema principal detectado en el restaurante italiano y su posterior solución ²⁰.

En el 2020, Gonzales, desarrolló una tesis sobre el uso de Herramientas de calidad y programa de fidelización en la empresa Talhum S.A.C. Barranco con el objetivo de identificar cómo las herramientas de calidad se relacionan con el programa de fidelización de clientes, además de establecerse este como su hipótesis principal. Para dicho estudio se usó un diseño no experimental transversal y de enfoque cuantitativo con una población conformada por 50 colaboradores en donde los resultados arrojados permitieron concluir que existe una correlación positiva media entre las variables de estudio, permitiendo aceptar la hipótesis alterna. Lo anterior logró determinar que la aplicación de herramientas de calidad de manera constante aporta orden, facilidad de lectura y disponibilidad de información, lo cual es vital para consolidar un producto y servicio de altísima calidad esperado por los clientes y como consecuencia mejorar la percepción en el mercado nacional, esto apoyado por un programa de fidelización bien estructurado ²¹.

En el 2018. Castaño, usó la metodología DMAIC en un sistema de producción de cerveza artesanal tipo Porter para implementar herramientas que ayudarán a la obtención de un mejor rendimiento en la producción de este tipo de cerveza. El objetivo principal fue proponer un plan para la reducción de variables en el sistema. Dicho trabajo se desarrolló en 2 etapas implementando herramientas Lean; en la primera etapa se trabajó con diagramas SIPOC, diagrama de procesos y determinación de flujos másicos. En la segunda se realizó la medición de variables críticas para identificar cuales estaban bajo control, procedió a la elaboración de gráficos de control. De lo anterior se logró determinar que variables se encontraban por debajo de la media o dentro de las especificaciones, rectificando además que la variable de volumen de alcohol se encontraba bajo control. Lo anterior permitió establecer medidas preventivas mejorando el rendimiento de la producción y reduciendo las variables en dicho sistema ²².

5. OBJETIVOS.

5.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de mejora para la preparación de cremas escarchadas en la Industria Licorera del Cauca mediante la aplicación de la metodología DMAIC y herramientas estadísticas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar el diagnóstico de la situación actual del proceso de producción de cremas escarchadas.

Establecer la herramienta de manufactura esbelta “DMAIC” que permita la fundamentación de la propuesta como sistema de mejora continua.

Evaluar el efecto del tiempo de incubación en el proceso de elaboración de las cremas escarchadas de menta.

6. METODOLOGÍA.

En el desarrollo de la metodología con base en los objetivos propuestos, se abarcaron una serie de ítems que se ejecutaron de acuerdo a las herramientas de apoyo metodológico y los plazos propuestos para cada uno de ellos.

En la primera fase se desarrolló el diagnóstico inicial del área de cremas y escarchados y en la segunda fase, partiendo del diagnóstico estableció los pasos a seguir para la implementación de la metodología DMAIC como herramienta para la fundamentación de la propuesta en pro de mejorar la productividad en el área de cremas y escarchados, la cual tiene como objetivo el desarrollo y ejecución futura de dichas estrategias para obtener resultados más tangibles.

6.1 Diagnóstico del área de cremas y escarchados.

Teniendo en cuenta el área de trabajo involucrada, en primera instancia se hizo la recolección de información que esté relacionada con la productividad dentro del área hasta la fecha, de manera que contribuya al desarrollo del diagnóstico inicial. Lo anterior funcionó como punto de partida para determinar las causas y posible solución del problema expuesto, y principalmente a la estructuración del diagnóstico para el desarrollo de la primera etapa de DMAIC.

6.1.1 *Recopilación de información.*

Dicha información se encontró como, documentación, fichas técnicas de materia prima e insumos, diagramas de procesos o diagramas de flujos existentes a la fecha, entre otros. Además, se realizaron entrevistas al jefe de producción, coordinador y operarios encargados de apoyar el proceso de preparación de las cremas y escarchados a manera de información complementaria.

6.1.2 Observación.

Por medio de la observación se establecieron otros factores a considerar que fueron incluidos como una de las variables dentro del proceso. Lo anterior consistió en observar a los operarios involucrados cuando efectúan su trabajo, mediante un registro sistemático y confiable de comportamientos y situaciones observables. Este proceso se desarrolló en el área de cremas y escarchados mientras se encontraban en turno de producción

En pro de contribuir en la estructuración más completa de esta sección metodológica, se definieron misión, visión, objetivos del área, y, además, se estableció una matriz FODA para tener mayor claridad de su enfoque y alcances como unidad dentro de la organización, y así poder determinar cuáles son los involucrados y hasta donde se puede proyectar y avanzar todas las mejoras.

6.2 Estructuración de la metodología DMAIC.

Partiendo de lo expuesto anteriormente, como segunda fase metodológica, se procedió con el desarrollo de la metodología DMAIC, la cual consta de cuatro etapas, siendo “DEFINIR” la primera de ellas, aplicada de la siguiente manera ²⁴:

6.2.1 Definir.

Dentro de esta etapa se implementaron tres herramientas que permitieron obtener la información necesaria para delimitar los objetivos del proceso y definir su alcance, estableciendo los entregables, sus posiciones y estableciendo responsabilidades. Se empleó una plantilla denominada *Project Chárter*, la cual se establece una carta de compromiso en donde se manifiesta la iniciativa y necesidad del Proyecto de mejora bajo la metodología DMAIC, dentro del documento se plasman ciertos ítems específicos que contendrán el nombre del proyecto, personal involucrado, fecha de inicio y terminación, cronograma de trabajo, actividades a desarrollar, el problema, el objetivo, entre otra información necesaria y pertinente para conocimiento del personal que estará involucrado dentro del desarrollo de todo el proyecto.

También se desarrolló un mapa de proceso usando SIPOC, en donde por medio de una serie de preguntas se hizo relación respecto al proceso considerando Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes. La matriz SIPOC permitió conocer todo lo relacionado dentro del proceso y sus etapas al ser sintetizado de una forma más práctica y a su vez permitió delimitar el área a mejorar.

Al identificar las etapas de elaboración de cremas escarchadas se procedió a actualizar información de proceso y, además, elaborar diagramas de proceso y protocolos pertinentes, donde se describieron las etapas de los procesos, iniciando por la recepción de la materia prima, materiales y empaques, hasta la etapa de almacenamiento y embalaje. En estos se detallarán aquellos factores críticos que se logren identificar dentro de las secciones de cada etapa.

Con esta fase se definió el propósito y alcance del proyecto, esclareciendo sus antecedentes y los requerimientos productivos para lograr una mejor estructuración de la propuesta.

6.2.2 Medir.

En este punto se identificaron las variables críticas del proceso junto con las posibles causas de la variabilidad productiva, y se establecieron de forma sugerida las herramientas óptimas para la recogida de datos y su procesamiento objeto de estudio. Posteriormente, se determinarán los indicadores de calidad que permitan conocer las variabilidades dentro del proceso que afectan el desempeño en el área y de esta forma de las áreas involucradas en general. Por lo cual se realizará una recolección de datos para definir el tamaño de la muestra.

Los datos resultantes deberán ser ingresados a Minitab, Minitab es el software recomendado para el desarrollo de pruebas de dispersión, pruebas de normalidad, cálculo de la capacidad del procesos y nivel sigma del proceso, lo anterior para conocer el rendimiento del proceso a corto y largo plazo con base a los indicadores Cp, Cpk, Pp y Ppk.

6.2.3 Analizar.

Dentro de esta etapa se realizará el análisis de la documentación, datos e información obtenida en las dos etapas posteriores, determinando que está mal

dentro del proceso y las posibles causas junto con su incidencia en cada una de las etapas en el desarrollo de las actividades productivas.

Por medio de un diagrama de Pareto se establecerán las categorías o actividades, las cuales estarán determinadas por los errores más comunes y la frecuencia con la que suceden dentro de un turno, para conocer cuál es el 20% de los errores que generan el 80% de las causas totales. El diagrama anterior será complementado con la herramienta de los **cinco ¿por qué? (5W)**, la cual estará conformada por la información suministrada por los operarios y personal involucrado dentro del proceso, para posteriormente contribuir a la elaboración del **diagrama causa – efecto**. Dentro de este proceso se establecerán como interrogantes el ¿Cómo? Y ¿Por qué? De la problemática, en donde en el proceso de desarrollo pueda haber una integración y participación activa del personal, para que se sientan involucrados dentro del proceso de mejora como tal. Al finalizar se procederá a especificar que la información recolectada es fundamental dentro del proceso pero que no determina la solución exacta del problema, dando a conocer las más relevantes.

Por medio de la **matriz AMEP** nos permitirá identificar si algunas actividades se ven afectadas por una causa en común.

6.2.4 Implementar.

En esta fase se generan posibles soluciones al problema detectado e implementarán las más convenientes, utilizando la simulación. Posteriormente, se utilizan las técnicas de toma de decisiones para ordenar estas alternativas considerando el conjunto de criterios emitidos por los encargados de cada área considerando lo analizado en la investigación, expuesto como resultados y observaciones.

Se iniciará con la estructuración del **Plan de implementación**, en el cual se detalla las actividades a realizar de manera programada, especificando de manera sencilla lo que involucra todo el plan, esto en una tabla que especifique la fecha, actividad o tarea a desarrollar, responsables, apoyo requerido, fecha de entrega y demás requerimientos que se consideren necesarios.

6.2.5 Controlar.

El plan de control que garantizará que la mejora alcanzará el nivel deseado, para ello se establecen las variables e indicadores que deben ser controlados para garantizar un funcionamiento eficiente y productivo dentro del área de cremas y escarchados. Por lo tanto, se realizan planes de control basados en los gráficos de control iniciales y estableciendo otros según los parámetros considerados después del análisis de la información recolectada de todo el proceso productivo.

6.2.6 Evaluación del efecto del tiempo de incubación en el proceso de elaboración de las cremas escarchadas de menta.

En esta parte final de la metodología, se establecieron las variables de entrada y salida que influyen en el proceso de producción, para de esta manera establecerlas dentro del diseño experimental y posteriormente ser evaluadas. De este modo, de acuerdo con lo establecido en análisis preliminares desde la parte del área de producción y diagnóstico del área, se estableció que la variable asociada al procesamiento es tiempo de incubación, y posteriormente como variables respuesta se consideraron involucrar grados brix, colorimetría y área de los cristales.

El diseño experimental empleado fue un diseño completamente al azar de un solo factor (tiempo de incubación). Dicho factor comprenderá tres niveles los cuales serán estudiados por triplicado. Para la generación y análisis de los resultados del diseño experimental se utilizará el software estadístico StatGraphics Centurion XV (02/15/06 V, 2007).

Inicialmente el proceso de incubación se realizó en una cámara térmica de secado por convección forzada – Binder gm BH, que tendrá control de temperatura según se establezca. Los grados brix se medirán inicialmente mediante un refractómetro digital Hanna Instruments. El color se midió mediante un fotocolorímetro Konica Minolta CR-400. Finalmente, para el proceso de medición de los cristales a nivel estadístico se realizó con el software de análisis de imagen llamado ImageJ 1.53t Java 1.8.0.

A continuación, se detalla el proceso realizado para la obtención de las muestras de análisis y ejecución del diseño experimental.

Descripción del proceso de preparación de las muestras experimentales.

Esta parte experimental decidió realizarse en dos locaciones, la primera en donde se haría la preparación del lote de escarchados, y la segunda en donde se haría el control del diseño y las variables a medir. Lo anterior se detalla a continuación.

- La preparación se realizó en área de cremas escarchadas de la Industria Licorera del Cauca para que las condiciones normales de producción se mantuvieran lo más estándar posible.

Cabe mencionar que los días, temperatura y forma de estudio fue previamente analizada según la información y estándares manejados por el preparador de los escarchados de forma habitual.

Teniendo en cuenta el diseño se estimó la producción de un lote de 9 unidades de escarchados de menta para su respectivo estudio. Dicho análisis se realizó por triplicado para cada día de establecido (3, 6 y 9 días).

Como se mencionó, este lote se elaboró bajo las condiciones habituales de producción con el fin de no alterar demasiado las variables. Se tomaron las respectivas mediciones de cada una de las materias primas e ingredientes usados regularmente para esta presentación, y el preparador según formulación fue el encargado de elaborarlos a pequeña escala, usando una olla como marmita, una estufa a gas para el calentamiento, y recipientes previamente adecuados para el uso requerido. El pasa o paso se describe a continuación:

- **Paso 1:** recepción y adecuación de materia prima. En esta etapa se recibió la materia prima, los materiales y utensilios a requerir dentro del proceso. Como materia prima se requirió agua, alcohol, azúcar, colorante y esencia.
- **Paso 2:** pesaje. Se pesó la cantidad necesaria según formulación de las materias primas e ingredientes requeridos para la preparación.

- **Paso 3:** preparación del jarabe. Se hace la mezcla de agua, azúcar y colorante respectivamente.
- **Paso 4:** adecuación del alcohol. Se calienta el alcohol hasta ebullición.
- **Paso 5.** Mezclado: se realizó la mezcla del jarabe, el alcohol y la esencia de manera cuidadosa debido a las altas temperaturas que se manejan.
- **Paso 6:** batido: se revolvieron cuidadosamente hasta que hubo uniformidad y disminución de la temperatura.
- **Paso 7:** envasado: se envasó la preparación en botellas de 375ml, y se les tapó con una tapa corcho plástica de manera provisional, ya que es requerida mientras se hace el proceso de incubación.
- **Paso 8:** almacenado: debido al estudio, fueron empacadas dichas unidades en cajas de cartón y se acondicionaron en una manta térmica para ser trasladadas a las instalaciones de la facultad de ciencias agrarias y laboratorio de biotecnología para tener un control de temperatura desde el primer momento.

De este modo el resto de los análisis para obtener la información de las variables respuesta (brix, colorimetría) se dio en las instalaciones del laboratorio de biotecnología en la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, así como también el control de temperatura y humedad relativa de una manera estable durante los 9 días de análisis. A continuación, se describe los equipos y procesos realizados para la obtención de los resultados del diseño, como grados brix, colorimetría y área de los cristales.

Proceso de toma de datos (brix, colorimetría) y obtención de área de los cristales.

Las condiciones de control para el diseño de manera primordial fueron, temperatura de incubación y humedad relativa, dichas variables se requerían estables durante el tiempo de incubación establecido para las mediciones. Para lograr mantener estas variables se utilizó una cámara de vida útil con control de temperatura y humedad relativa, estableciendo la temperatura a 33 °C como medida principal. Esto permitió un mejor control del proceso de cristalización.

La temperatura escogida para conservar y preservar el proceso de incubación de los cristales en las muestras fue obtenida previamente del promedio y estudio del cuarto de incubación utilizado generalmente en la empresa, esta temperatura

se tomó con ayuda de un higroscopio y fue la más cercana a las condiciones cotidianas del proceso habitual.

- Medición de grados brix.

En la medición de los grados brix se usó un refractómetro digital en donde se tomó una muestra inicial o de partida de la concentración de grados brix que se obtuvo para el primer lote para corroborar que salió con la concentración de azúcar correcta, en el punto apropiado de sobresaturación para dar inicio al proceso de incubación y posteriormente lograr la observación de su concentración en los días siguientes establecidos como 3, 6 y 9, con la medición para cada una por triplicado.

- Medición del color.

Para esta medición del lote en estudio se requirió el uso del espectrofotómetro CM-5 para medición de la intensidad de color en las muestras de estudio. Los datos resultantes fueron condensados en una hoja Excel como se muestra en la tabla 11, en la sección de resultados y discusión.

Con ayuda de este equipo se logró determinar los valores para cada coordenada. La medición se realizó para el lote en diferentes instantes de tiempo (3, 6 y 9 días), donde se obtuvieron resultados cuantitativos para L, a y b; donde L: indica luminosidad; a: coordenadas rojo/verde; b: coordenadas amarillo/azul. Los datos resultantes se analizaron de igual manera con el software StatGraphics el cual es sintetizado gráficamente y analizado según los estándares de color manejados por el patrón de color para la presentación de menta, en nuestro caso.

- En la siguiente tabla se encuentra la descripción de los equipos de medición que se utilizaron para hacer las respectivas tomas de datos en cada caso.

Tabla 3. Síntesis de datos sobre pruebas y equipo utilizados durante el proceso.

PRUEBA	INSTRUMENTO O EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Grado alcohólico	Densímetro	Mide la concentración de alcohol v-v de una sustancia.
Temperatura Ambiente	Termo higrómetro	Es ideal para medir la humedad relativa y la temperatura ambiente de un espacio determinado.
Grados Brix	Refractómetro digital	es un instrumento analítico que usa un sensor óptico de alta resolución para medir la reflexión total de un haz de luz que está en contacto con una muestra.
Colorimetría	espectrofotómetro CM-5	Instrumento de medición de mesa diseñado para evaluar el color y apariencia de muestras opacas, transparentes, y translúcidas.
Temperatura de incubación	Cámara de vida útil	Cámara de calor y secado por convección forzada.
foto área de los cristales	Camará de celular iPhone 11 - gama alta	sistema de tres cámaras de 12 MP (gran angular, ultra gran angular y teleobjetivo).

Fuente: *elaboración propia.*

Los instrumentos y herramientas de trabajo fueron previamente calibrados antes de cada toma o muestra para mayor precisión en los resultados, algunas imágenes de los instrumentos utilizados se encuentran adjuntos en el anexo B.

Por otro lado, resultados obtenidos en los días de observación para grados brix, colorimetría y área de los cristales se describirán de manera más detallada en los resultados y discusión. Los datos fueron sintetizados en tablas de Excel al igual que los resultados gráficos del análisis en StatGraphics.

- Obtención de los cristales.

Ya para el proceso de medición de los cristales se desarrolló en un espacio amplio e iluminado de las instalaciones de la Licorera, debido a que la extracción de estos debió realizarse de manera mecánica con ayuda de un objeto pesado que rompiera el cristal de la botella que los contuvo, lo anterior sin llegar a afectar los cristales de la arborización.

De este modo, se utilizó un martillo pequeño, gafas y guantes de seguridad y se procedió a romper las botellas, al tener ilesos los cristales se codificaron y se pasó a realizarles un registro fotográfico con ayuda de una caja negra de 10cm x 25cm para contener las ramas cristalizadas, una cámara de un sistema de tres cámaras de 12 MP (gran angular, ultra gran angular y teleobjetivo) sostenida por un trípode de 1,10cm para mejor fijación, enfoque y estabilidad; posteriormente analizarlas con ayuda del software ImageJ 1.53t Java 1.8.0. Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA.

7. RESULTADOS Y DISCUSION.

7.1 Diagnóstico del área de Cremas Escarchadas (Fase I).

En esta primera fase metodológica se realiza un diagnóstico del área mediante la recopilación de información que dará claridad a la situación actual como punto de partida del proceso y establecer los objetivos a alcanzar para el eficiente desarrollo del proyecto.

7.1.1 Recopilación de información.

Dentro de la información recopilada como documentación existente involucrada en el proceso de elaboración de cremas escarchadas se encontraron, formatos de recepción de materia prima, de entrega de producto terminado y fichas técnicas en donde en su gran mayoría se encuentran desactualizados o incompletos. Lo anterior permite determinar que se requiere actualizar la información existente y complementar con nuevos formatos requeridos de acuerdo a las nuevas exigencias del proceso para mantener un mejor control.

A continuación, se realiza una tabla en donde se plasma de manera detallada la información mencionada.

Tabla 4. Información documentada disponible.

CODIGO	DOCUMENTO	FECHA	OBS
PR-DP-04	07 - PROCEDIMIENTO PARA PREPARACION Y ENVASADO DE CREMAS ESCARCHADAS	18/08/17	
PR-DP-06	07 - PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	18/10/17	
DO-CC-22	09 - FORMATO DE VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	14/12/20	actualizado
FO-CC-13	FORMATO PARA SOLICITUD DE MATERIA PRIMA	07/09/21	actualizado

FO-CC-14	FORMATO DE INVENTARIO	07/09/21	actualizado
FO-CC-15	FORMATO PARA ENTREGA DE PRODUCCIÓN	07/09/21	actualizado
FO-CC-16	FORMATO DE TRAZABILIDAD	18/10/16	
DO-CC-39	FICHA TÉCNICA PARA CREMAS ESCARCHADAS_PT (MENTA, ANÍS Y CURACAO)	18/10/16	
DO-CC-30	FICHA TÉCNICA PARA ETIQUETAS DE CREMAS ESCARCHADAS	18/10/16	
DO-CC-33	FICHA TÉCNICA ENVASES DE VIDRIO PARA CREMAS ESCARCHADAS	18/10/16	
DO-CC-48	FICHA TÉCNICA PARA CAJA DE CARTÓN CREMAS ESCARCHADAS	18/10/16	
DO-CC-49	FICHA TÉCNICA TAPA GUALA DE CREMAS ESCARCHADAS	18/10/16	
DO-CC-50	FICHA TÉCNICA ETIQUETA CREMAS ESCARCHADAS MINIATURA PT (MENTA, ANÍS Y CURACAO)	18/10/16	
DO-CC-34	FICHA TÉCNICA ENVASE DE VIDRIO CREMAS ESCARCHADAS MINIATURA	18/10/16	
DO-CC-37	FICHA TÉCNICA ÀZUCAR REFINADA	18/10/16	Pendiente
DO-CC-03	FICHA TÉCNICA ALCOHOL EXTRANEUTRO	07/10/21	Actualizada
DO-CC-04	FICHA TÉCNICA AGUA SUAVIZADA	07/10/21	Actualizada
DO-CC-08	FICHA TÉCNICA AGUA POTABLE	07/10/21	Actualizada
DO-CC-47	FICHA TÉCNICA RAMA SOPORTE CREMAS ESCARCHADAS	18/10/16	
DO-CC-51	FICHA TÉCNICA ESENCIA DE MENTA	18/10/16	
DO-CC-52	FICHA TÉCNICA ESCENCIA DE ANIS	18/10/16	
DO-CC-53	FICHA TÉCNICA ESENCIA CARAMELO_CURACAO	18/10/16	
DO-CC-54	FICHA TAPA PROVISIONAL - PLÁSTICA	18/10/16	
DO-CC-55	FICHA TÉCNICA COLORANTE FURTOAROMA	18/10/16	
FO-CC-XX	FORMATO DE LISTA DE PROVEEDORES MATERIAS PRIMAS ESCARCHADOS	2022	NUEVO
FO-CC-XX	FORMATO DE FORMULACIÓN POR LOTE DE ESCARCHADOS	2022	NUEVO

Fuente: elaboración propia.

Dicha información recopilada se generó por medio de la revisión del programa digital de gestión de calidad de la empresa en donde se guarda la información detallada de materia prima y productos como fichas técnicas y formatos, con el fin de garantizar que la información esté al día.

Por otro lado, se realizaron entrevistas al ingeniero de procesos, al coordinador o preparador junto con los operarios del área con el fin de constatar y verificar la información establecida para esta primera etapa, permitiendo tener una misión como razón de ser, una visión como destino fundamental y objetivos específicos claros dentro del proyecto para el área en sí, basados también en lo establecido como organización en general.

- **Misión:** producir y comercializar cremas escarchadas de alta calidad de manera estandarizada y continua para satisfacer las necesidades de los clientes y el mercado, no solo en temporadas especiales sino también durante todo el transcurso del año, aumentando así, el aporte económico a la comunidad como recursos destinados a la cultura, salud, educación y recreación del departamento.
- **Visión:** por medio de la aplicación de procesos de mejora continua, para el 2024 el área de cremas y escarchados será una de las áreas de producción más organizada y estable, superando las necesidades del mercado gracias a la estable producción e innovación de productos, además respetando el medio ambiente y logrando así la generación de nuevos empleos para la región al aumentar la producción en planta.

Objetivos generales del área de cremas y escarchados.

- Estandarizar del proceso productivo de cremas escarchadas.
- Mejorar y optimizar de manera continua el proceso de elaboración de cremas escarchadas.
- Establecer un plan de control de calidad de manera regular.
- Lograr la innovación de nuevos productos.

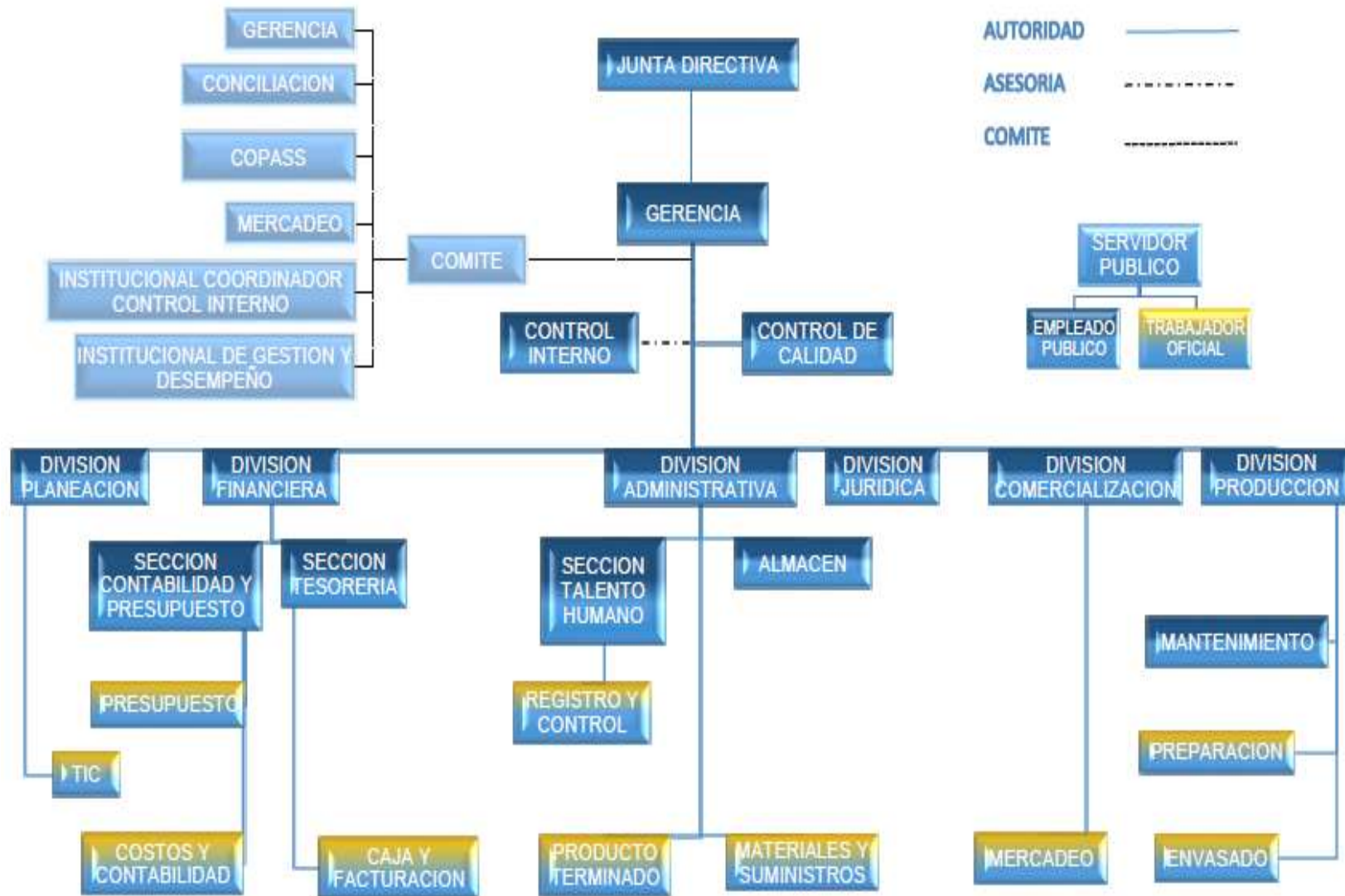
Además, se usó como recurso el organigrama para identificar la jerarquía organizacional con la cual se puedan determinar los recursos humanos que apoyan el proceso. En donde para este caso en específico se identifica de forma

descendente el cargo de mayor a menor autoridad de decisión, de la siguiente manera:

- Junta Directiva.
- Gerencia.
- Control de Calidad.
- División de Producción.
- Mantenimiento.
- Preparación.
- Envasado.

De este modo se encuentra distribuida la jerarquización para el área de cremas escarchadas, en donde como conducto regular cualquier proceso que se desee realizar ya sea de solicitud de materia prima, elaboración o modificación de producto, ingreso o salida de materiales para el mismo fin, debe ser designada desde gerencia como visto de aprobación.

Figure 3. Aspectos organizacionales de la industria licorera del Cauca, 2017.



Tomado de: página oficial Industria Licorera del Cauca, 2021.

A continuación, en la figura 4, se establece una matriz FODA la cual va a permitir mediante la identificación y análisis de los puntos internos y externos del área el desarrollo de manera más asertiva de la planeación y estructuración de la propuesta de mejora.



Figura 4. Identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y posibles amenazas dentro del área de cremas escarchadas.

Fuente: elaboración propia.

Con el desarrollo de la matriz FODA se logró identificar basado en el presente y futuro de la organización y el área de cremas escarchadas, los factores más relevantes internos y externos de la misma, determinando a nivel interno las fortalezas y debilidades y a nivel externo las oportunidades y amenazas para que partiendo de su respectivo análisis se puedan soportar lluvias de ideas u otras herramientas que contribuyan a establecer estrategias de mejora.

De esta manera los planteamientos anteriores permitieron focalizar la propuesta, determinando un punto de partida, dando claridad del alcance del proyecto y lo que se puede lograr en cada etapa.

7.1.2 Observación.

Por medio de la observación del proceso de elaboración de cremas escarchadas en acción, se lograron identificar las etapas, variables y factores más relevantes dentro del proceso que facilitan o dificultan la productividad del mismo. Posteriormente se permitió mejorar, complementar y establecer diagramas necesarios que dan claridad del proceso para quienes están ejecutando o para futuro personal que requiera en sí la información del proceso.

Dicha dio como resultado un lote de 188 unidades de escarchados en sus tres presentaciones (Anís, Menta y Curacao). El proceso productivo inicia en el turno de la mañana aproximadamente a las 6:00am de forma continua hasta la 1:00pm u horas después si es requerido.

En el área se manejan parámetros de verificación y adecuación días antes de la producción, permitiendo corroborar fichas técnicas y calidad de las materias primas a utilizar, por lo cual el día de producción solo se realiza preparación del producto e incubación (almacenamiento temporal) para la formación de los cristales que dan la forma arborescente llamativa del producto y condición de calidad para la comercialización.

A continuación, se realiza una descripción de los pasos del proceso elaboración de escarchados, desde la adecuación de los materiales, insumos y materias primas hasta la distribución del producto terminado.

- **Paso 1:** se realiza la solicitud de las materias primas, insumos y materiales requeridos dependiendo los lotes que se vayan a producir. Sin embargo, tanto envases como ramas, y tapas son materiales que se compran en grandes cantidades por lo cual no se hace solicitud muy frecuente. Dichos materiales pasan por un proceso control de calidad en donde se verifican que venga en las condiciones esperadas y estén con sus fichas técnicas al día.
- **Paso 2:** preparación de la caldera de vapor, del área y equipos involucrados dentro del proceso (marmita, reactor y llenadora).
- **Paso 3:** adecuación de envases y ramas, en donde inicialmente los envases pasan por un proceso de lavado, desinfección, secado. Posteriormente se

adecuan las ramas, seleccionándolas y trocearlas para introducirlas en el envase y ser almacenado listo para llenado de producto.

- **Paso 4:** se realiza la recepción de la materia prima para preparación de los escarchados (alcohol al 97%, agua suavizada, azúcar, esencia y colorante dado el caso). Dichas materias primas pasan por control de calidad para respectivos análisis de laboratorio, físico químicos y microbiológicos.
- **Paso 5:** formulación y pesado de materias primas e ingredientes.
- **Paso 6:** preparación del jarabe. En este punto se hace el calentamiento del agua suavizada en la marmita y posteriormente se adiciona el azúcar, la esencia y el colorante dado el caso. Los ingredientes se adicionan en momentos diferentes, teniendo en cuenta la temperatura y estado del jarabe para el caso de la esencia y el colorante.
- **Paso 7:** Acondicionado y calentamiento del alcohol extra neutro al 96% en el reactor.
- **Paso 8:** mezclado y batido del jarabe y el alcohol extra neutro.
- **Paso 9:** llenado de productos. El producto en este punto pasa mediante tuberías a la llenadora la cual cuenta con 7 boquillas en donde se incrustan los envases, los cuales se llenan gracias a la presión y gravedad, el proceso es controlado por el preparador y un operador el cual se encarga de verificar que los envases estén llenos y retirarlos para el relleno.
- **Paso 10:** relleno de producto y tapado. Debido a que el proceso es verificado de manera manual los envases generalmente salen de la llenadora faltantes de producto, por lo cual se hace un ajuste y también se rellena manualmente de producto hasta el tope de la botella, para ser tapado con una tapa corcho plástica de manera provisional mientras se completa el proceso de incubación (formación de cristales).
- **Paso 11:** verificación del llenado y de la posición de la rama. Aquí un operario se encarga de verificar que la rama esté centrada para que la forma arborescente del escarchado quede centrada.

- **Paso 12:** incubación o formación de cristales. Se le denomina así a esta etapa ya que se requiere de una temperatura media controlada durante un tiempo determinado entre 3 - 9 días para que se dé una correcta formación de cristales. Después del proceso de verificación el producto se organiza en cajas de manera provisional y es llevado al cuarto de incubación, en donde apila o embala de forma que quede inmóvil y guarde temperatura hasta que se logre la estructura arborescente.
- **Paso 13:** verificación de cristalización y de calidad. Al pasar máximo 4 días de incubación se inspecciona para corroborar la formación de cristales de manera correcta, en caso tal de presentar inconvenientes se le adiciona azúcar pulverizada para incentivar la iniciación del proceso de cristalización, posteriormente se deja unos días más para que se complete el proceso esperado. Al pasar los días establecidos y que el proceso de formación de cristales sea exitoso se lleva una muestra al laboratorio para verificar que los grados brix y los grados alcoholimétricos sean los adecuados y poder despacharlos a la etapa de limpieza y lavado superficial, de lo contrario tocaría reajustar o en el peor de los casos desechar todo el lote.
- **Paso 14:** Lavado. En este punto, se lava o limpia la superficie de los envases con agua potable ya que generalmente salen del proceso de incubación con melado del licor en su superficie.
- **Paso 15:** secado y etiquetado. En este paso cuando las botellas están limpias y secas se procede a realizar el tapado y etiquetado manual de cada una de las botellas.
- **Paso 16:** embalaje. Se agrupan las botellas por sabores en cajas de cartón, de 6 unidades cada una las cuales son llevadas a bodega de almacenamiento.

Dentro de todo el proceso de elaboración de los escarchados, cabe resaltar que la articulación del área de control de calidad para verificación de las materias primas, producto en proceso y seguimiento de las variables (grados brix, grado alcohólico y color) durante y después del proceso es indispensable.

7.2 Estructuración de la metodología DMAIC.

A continuación, se desarrolló la segunda fase metodológica por medio de la ejecución de las etapas de la metodología DMAIC (*Definir – Medir – Analizar – Implementar – Controlar*)²⁴.

7.2.1 Fase definir.

En esta fase desarrollada se obtuvo información que ayudo a complementar y fortalecer el proceso de diagnóstico del área y tener mayor idea de cómo se desarrollarán las fases siguientes que permitirán obtener resultados para una futura implementación de la propuesta.

7.2.1.1 Project Chárter.

En esta etapa se usó como herramienta de trabajo inicial la plantilla Project Chárter, la cual sintetiza la información general del proyecto, plasmando de manera clara y ordenada lo más relevante de este a cualquiera que desee conocerlo, así como quienes son los actores del área involucrados en su ejecución.

Tabla 5. Project Chárter

INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO			
1. Generalidades.			
Nombre del proyecto:	PROPUESTA DE MEJORA PARA LA PRODUCCIÓN DE CREMAS ESCARCHADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC Y HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.		
Nombre de la Empresa y ubicación:	INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA, Popayán – Cauca.		
Área de aplicación:	Producción de Cremas y Cremas Escarchadas y/o Manufactura.		
Sección:	Cremas escarchadas.		
Líder estudiantil encargado:	Danna Sofía Echeverry Angulo		
Asesor Estudiantil:	PhD. Jhon Édison Nieto Calvache		
Asesor Empresarial:	PhD. Jaime Humberto Mendoza		
Fecha de aprobación empresarial:	27 de Octubre 2021		
Fecha de aprobación académica:	13 de Enero 2022		
Inicio y Fin del proyecto :	01/01/22 hasta 13/08/22		
2. Objetivo.		3. Alcance del proyecto	
Elaborar una propuesta de mejora para la preparación de cremas escarchadas en la Industria Licorera del Cauca mediante la aplicación de la metodología DMAIC y herramientas estadísticas.		Va desde el diagnóstico del área de cremas escarchadas hasta la estructuración y guía de pasos a seguir para hacer un buen proceso de implementación de la metodología DMAIC, para una continuación del trabajo aquí desarrollado.	
4. Plan metodológico del proyecto.			
Fase I – Diagnostico del área de Cremas Escarchadas			
Entregables	Tareas principales	Inicio.	Finalización.
Fichas técnicas. Formato, lista de Proveedores. Formato de formulaciones. Matriz FODA.	Actualizar información importante para el desarrollo de las actividades del proyecto, como las fichas técnicas de materia primas, insumos y producto terminado referente a los escarchados.	13/01/2022	28/01/2022
Fase II – Metodología DMAIC			
Entregables	Tareas principales	Inicio.	Finalización.

DEFINIR			
• Project Chárter	Definir las actividades a llevar a cabo y su respectivo equipo de trabajo.	04/02/2022	11/02/2022
• SIPOC	Recolectar información de las entradas y salidas del proceso.	04/02/2022	11/02/2022
• Diagramas actualizados.	Realizar los diagramas de flujo (diagrama de flujo, diagrama de operaciones, diagrama de equipos).	04/02/2022	11/02/2022
• PARETO	Recolección de datos históricos de lotes de producción del área de cremas escarchadas.	04/02/2022	11/02/2022
• CTQ – Capacidad del proceso.	Determinar los factores críticos de calidad del proyecto.	04/02/2022	11/02/2022
MEDIR			
• Plan de recolección de datos	Definir la población y la muestra a estudiar.	-	-
• HISTOGRAMA.	Construcción de la tabla de frecuencia	-	-
ANALIZAR			
• 5 ¿Por qué?	Ponderar variables de estudio	-	-
• Diagrama causa – efecto.	Formular preguntas iterativas.	-	-
• Matriz AMEF.	Determinar los posibles modos de falla del problema.	-	-
IMPLEMENTAR			
• Plan de implementación.	Se definen los requerimientos y actividades a desarrollar partiendo del análisis de los datos y resultados recopilados a lo largo de la practica con el fin de establecer de manera clara y especifica el tipo de actividades, involucrados y los límites de estas.	-	-
CONTROLAR			
• Documento de verificación e informe final.	Entrega del plan de control a manera de informe final.	-	-
Fase III - Análisis del proceso de elaboración de cremas escarchadas (prueba piloto).			
Entregables	Tareas principales	Inicio.	Finalización.
• Diseño experimental.	Ingresar los datos en el software StatGraphics.	28/06/2022	19/07/2022
• Resultados y análisis.	De acuerdo a los resultados arrojados por el ANOVA, presentar un análisis.	25/07/2022	13/08/2022
5. Problemas y riesgos potenciales.			
Riesgo	Descripción		

Ausencia de personal capacitado	Al personal contratado no se le realiza un pre ingreso o proceso de capacitación de manera previa o continua sobre el desarrollo de los procesos productivo dentro del área y productos a desarrollar.	
Alzas y escasas de materias primas.	A nivel regional el departamento del Cauca suele ser el principal afectado por problemáticas socioeconómicas que se pueden presentar de manera recurrente por la inestabilidad económica del país, lo que deriva en la dificultad en el momento de adquirir algunas materias primas.	
Alteración del orden público a nivel regional y/o nacional.	La zona del Cauca también es afectada de manera frecuente por movilizaciones y paros de parte de las comunidades indígenas y campesinas.	
Error en la toma de datos.	Falla del componente humano.	
6. Equipo del proyecto		
Cargo	Nombre	Área
Ingeniero de proceso	Jaime Humberto Mendoza	PRODUCCIÓN
Preparador	José Antonio Burbano	CREMAS Y ESCARCHADOS
Operario a cargo	Sebastián Palechor	CREMAS Y ESCARCHADOS
Líder estudiantil a cargo del proyecto	Danna Sofía Echeverry Angulo	LÍDER DEL PROYECTO
Asesor Académico.	John Édison Nieto Calvache	DOCENTE UNICAUCA
7. Autorización		
Aprobado por el patrocinador del proyecto:		Fecha:
Aprobado por el líder estudiantil a cargo:		Fecha:

Fuente: elaboración propia.

Lo expuesto en la tabla 4 plasma el alcance del proyecto, estableciendo un punto de partida y final, especificando mediante un cronograma lo que se ejecutará en cada fase aplicativa y el tiempo para cada una, permitiendo reconocer los entregables y lo que abarca cada uno.

De este modo también se permitió identificar los posibles problemas que se pueden presentar en el transcurso de la ejecución del proyecto, de los cuales se mencionan tres como principales; la ausencia del personal capacitado (el preparador), alzas o escasez en las materias primas por factores externos o alteración del orden público que impida la libre circulación del comercio a nivel general, y por ultimo posibles errores en la toma de datos que corresponden a fallas humanas.

Posteriormente ya hacia el final de la tabla (ítem 6) se describe el personal involucrado en la ejecución del proceso practico y productivo de la propuesta, permitiendo así establecer responsabilidades, comprometiéndolos de manera más específica al área cremas escarchadas.

7.2.1.2 SIPOC.

En la siguiente tabla se plantea el proceso productivo de la elaboración de cremas escarchadas desde el momento de la solicitud por parte del cliente hasta la distribución del producto listo para comercialización, especificando que personal se encuentra involucrado a lo largo de este, permitiendo la identificación de la influencia de estos en cada una de las etapas.

Tabla 6. Diagrama SIPOC del proceso de elaboración de cremas escarchadas. Homogéneo

DIAGRAMA SIPOC
PROCESO DE ELABORACION CREMAS ESCARCHADAS – INDUSTRIAL LICORERA DEL CAUCA

PROVEEDOR (S)	ENTRADA (I)	PROCESO (P)	SALIDA (O)	CLIENTES (C)
/	Pedido del Cliente	ORDEN DE PRODUCCIÓN ↓	Notificación de pedido	Preparador
Preparador	Materia prima (Alcohol, agua, azúcar, colorante, saborizante)	RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA ↓	Materia prima en cuarentena	Control de Calidad
Control de Calidad	Materia prima verificada	PREPARACIÓN DEL JARABE + ALCOHOL ↓	Mezcla sobresaturada	Preparador
Preparador	Mezcla sobresaturada	PRODUCTO HOMOGÈNEO ↓	Producto verificado	Operario
Operario	Producto verificado	ENVASADO ↓	Producto envasado	Operario
Operario	Producto envasado	INCUBACIÓN ↓	<u>Producto Cristalizado</u>	Preparador
Preparador	Producto cristalizado	VERIFICACIÓN PRODUCTO EN PROCESO ↓	Producto Escarchado	Operario
Operario	Producto escarchado	ADECUACIÓN DE PRODUCTO TERMINADO ↓	Producto completado	Operario
Operario	Producto completado	EMPACADO ↓	Producto empacado	Operario
Operario	Producto empacado	ALMACENADO ↓	Producto en estibas	Operario
Operario	Producto estibado	DISTRIBUCIÓN	Producto en exhibición	Cliente

Fuente: elaboración propia.

Según lo planteado en la matriz SIPOC de la tabla 5 se observa cual es el personal involucrado dentro del proceso productivo, los cuales están determinados por: el ingeniero de proceso, el preparador y los operarios, en donde el preparador cumple un papel crucial para lograr la entrega de un producto de calidad al cliente, siendo esta la prioridad. De este modo, teniendo en cuenta el proceso, la cantidad de producción de escarchados está determinado básicamente por el/los clientes que requieran dicho producto siempre y cuando este dentro de la temporada en que se realizan los lotes de manera general, posteriormente es el ingeniero de producción el encargado de generar la orden de pedido al preparador el cual se remite siempre al apoyo de los operarios quienes acompañan la ejecución de proceso hasta el final.

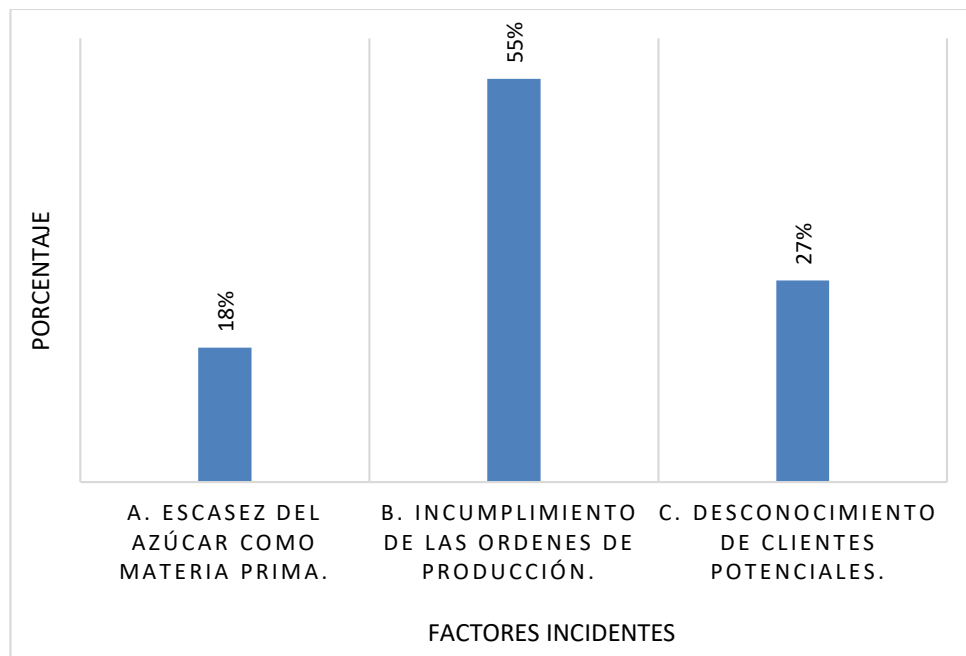
El preparador, aunque resulta ser pilar fundamental, delega funciones operativas que requieren el cuidado o control de ciertas variables de proceso importantes para que a la final se logre el producto esperado (crema escarchada o cristalizada). En ese sentido, depende de las actividades realizadas por el operario que el producto cumpla con las especificaciones o características de calidad esperadas para el cliente.

La matriz SIPOC muestra cuáles son las posibles etapas en dónde se pueden encontrar defectos o afecciones del proceso productivo, lo cual permitió evidenciar en primera instancia que existe una etapa de cuidado y control (la incubación) para evitar el reproceso o pérdida de parte o totalidad del lote producido, por lo tanto, será tenido en cuenta en otras fases del estudio para analizar la influencia de esta sobre las fallas potenciales del área de cremas escarchadas como tal.

Teniendo en cuenta que el objetivo es mejorar el proceso de elaboración de las cremas escarchadas, todo el análisis y el estudio se desarrolla de manera interna, en donde los involucrados para la obtención del producto con las características de calidad esperadas es el preparador y los operarios, por lo cual se utiliza la herramienta llamada VOC (Voz del Cliente) considerando a dichos involucrados como usuarios o clientes internos. Con la herramienta VOC, se pretende determinar cuáles son las razones más relevantes por las cuales se ve afectada la calidad del producto dentro del proceso, teniendo en cuenta que la manipulación por parte de los operarios en cada una de las etapas.

7.2.1.3 Voz del Cliente (VOC).

Se recopiló la información mediante encuestas que permitieron reconocer falencias en el área de producción y poder determinar cuáles generan actualmente mayor inconveniente para el desarrollo de las actividades de producción y comercialización de cremas escarchadas, los datos suministrados por parte de los usuarios o clientes internos (ingeniero de producción, preparador y operarios), fueron plasmados en la figura 3.



Nota: figura elaborada mediante Excel. Fuente: elaboración propia.

Figure 5. Aspectos que dificultan la comercialización de las cremas escarchadas.

Por medio de la figura anterior podemos evidenciar que el factor de mayor incidencia es el incumplimiento de las órdenes de producción, el desconocimiento de clientes potenciales y la escasez de materia prima (de calidad). Esta técnica es el procedimiento que consiste en la selección de la muestra por el método de muestreo por conveniencia la cual al ser una técnica de muestreo no probabilístico no se le puede establecer el nivel de confianza.

Lo anterior fue establecido gracias a la ejecución de una encuesta, por lo cual se permitió definir el nivel el criterio que tiene mayor incidencia según los operarios del

área, dicho resultado fue obtenido a partir de la pregunta: ¿Cuál es el mayor inconveniente para la comercialización de cremas escarchadas que se presenta con mayor frecuencia? La respuesta que tuvo mayor votación el incumplimiento de las ordenes de producción como factor crítico con el 55% de los votos, seguida del desconocimiento de clientes potenciales con un 27% y finalizando con la escasez o difícil consecución del azúcar como materia prima de calidad con un 18% (ver anexo A, ítem 4); teniendo en cuenta esto se definió como variable crítica de estudio el incumplimiento de las ordenes de producción y se determinó de manera consecuente cuales pueden ser dichos factores incidentes en este.

Posteriormente para construcción del CTQ se hizo uso de una de las encuestas y de datos históricos sobre la producción y ventas de cremas escarchadas en los últimos cinco años (anexo A, ítem 13), permitiendo determinar los requerimientos de calidad y definiendo basado en ello el porcentaje de aceptación mínimo de unidades de escarchados producidos. Dichos datos también permitieron evidenciar por qué también se habla de un desconocimiento de clientes potenciales con la segunda mayor votación, ya que en ocasiones mercancía que no se vende en cierta temporada es almacenada para la siguiente por desconocer la demanda.

7.2.1.4 Critical to Quality (CTQ).

Tabla 7. Factor crítico de calidad.

VOC/Queja	Característica de calidad / Problema clave	CTQ - Necesidades	Medición / Indicador	Meta	Límite de especificación inferior (LEI)
Incumplimiento en las órdenes de producción.	Espacio de producción inadecuado	Entregar la cantidad de unidades solicitadas manteniendo sus características de calidad	Unidades de entrega	100% de las unidades producidas	95% de unidades producidas
	Falta de capacitación				
	Proceso artesanal				
	No hay control de variables de proceso				
	Difícil consecución de materia				
	Equipos de procesos en mal estado				
	Inadecuado diligenciamiento de los registros				
	Área de incubación inadecuada				

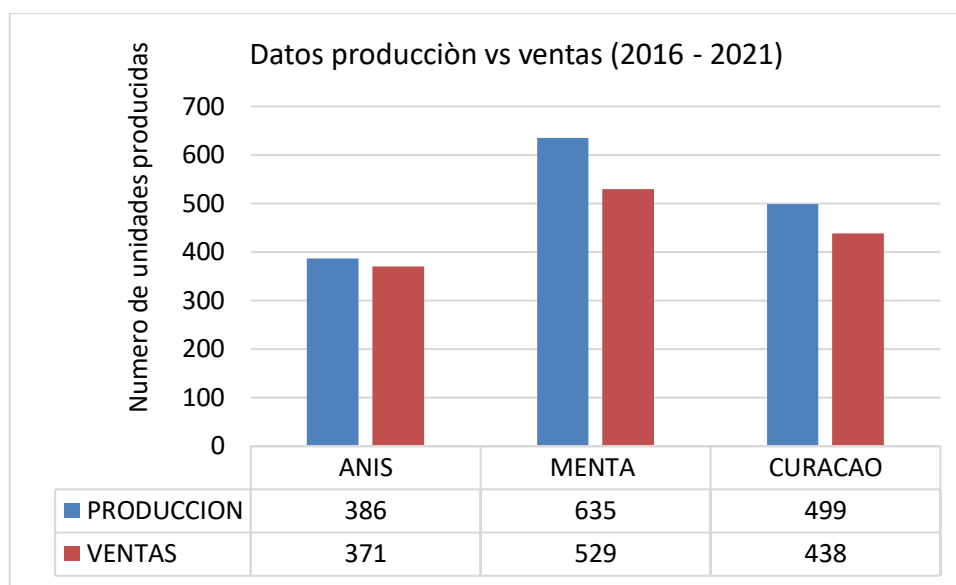
Fuente: elaboración propia.

Por ende, una vez establecido el inconveniente que influye en el incumplimiento de las órdenes de producción, se establecieron las posibles variables que contribuyen a que esto suceda y se determinó que puede estar relacionada con diferentes factores de tipo logístico, estructural y del tiempo de concesión de la materia prima (azúcar), el tiempo de formación de los cristales en la arborización de azucarada y el tiempo general de la producción, entre otros. A su vez se logró establecer el indicador a considerar dentro la ejecución del proyecto, la meta a la cual se espera llegar dentro de su contexto, entrega del 100% de las unidades producidas y en nuestro caso la determinación del límite de especificación inferior, el cual hace referencia a la entrega por lo menos del 95% de las unidades producidas.

De este modo y correlacionando lo mencionado la tabla del CTQ, fue importante realizar la observación y análisis de los datos históricos de los 5 últimos años de

producción de cremas escarchadas, datos arrojados de producción y ventas de los años 2016 al 2021 (datos totales), con el fin de obtener mediante datos estadísticos la información que sustenta la variabilidad en la producción y ventas del producto, y evidenciar gráficamente que independientemente el sabor de estos, su producción es discontinua e impredecible. El diagrama de barras a continuación servirá como criterio de evaluación y soporte de las encuestas desarrolladas.

7.2.1.5 Diagrama de barras.

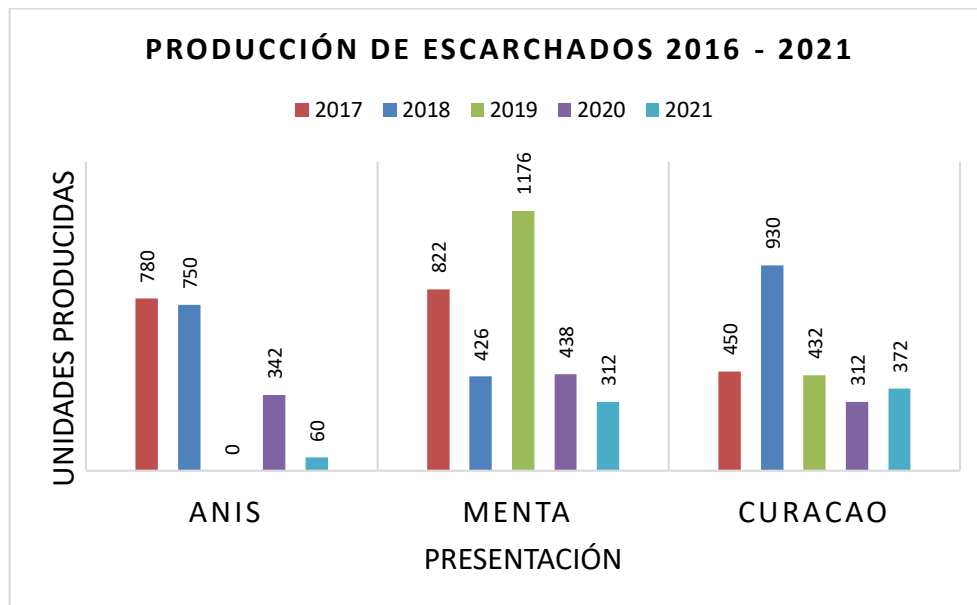


Nota: figura elaborada mediante Excel. Fuente: elaboración propia.

Figure 6. unidades de escarchados producidas vs unidades vendidas de los últimos cinco años (2016 - 2021).

En la figura 6, se evidencian los promedios de las unidades producidas versus las unidades vendidas durante los últimos cinco años, lo cual ratifica que aproximadamente del 100% de las unidades producidas solo se estaría comercializando el 88% de estas, dando como resultado la disminución del 12% de los ingresos totales esperados en cada proceso productivo (anexo A). Cabe aclarar que existe evidencia de datos que no están registrados, como producto no conforme que ha sido desechado durante estos últimos cinco años.

Teniendo en cuenta que para la producción de cremas escarchadas se presenta una variedad de tres presentaciones, se permite realizar mediante la ejecución de un diagrama de barras de la información histórica más detallado, cuál de estos productos se puede determinar cómo variable crítica dentro de la familia de sabores de escarchados ofertados en el área, que ha tenido mayor dificultad en su producción y comercialización.



Nota: figura elaborada mediante Excel. Fuente: elaboración propia.

Figure 7. Detalle por producto de datos de la producción vs la comercialización de escarchados de los últimos cinco años (2016 - 2021).

Los datos anteriores sintetizados en los diagramas permiten conocer la información de ventas histórica de cada familia de productos o presentación de escarchados, dicha datos fueron necesarios para desarrollar la matriz de priorización.

7.2.1.6 Matriz de priorización.

Según lo desarrollado en puntos anteriores se estableció la materia prima e insumos como uno de los puntos críticos, por otro lado, se establecieron otros dos factores como producto terminado conforme y ventas de cada presentación. Estos criterios fueron establecidos y evaluados con el equipo de trabajo involucrado en el proceso,

en donde cada uno recibió una puntuación de 1 a 5, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto.

Tabla 8. Matriz de priorización por tipo de presentación.

Familia productos	Criterios									Total
	Materia prima e insumos			Producto terminado conforme			Ventas			
	Promedio	Peso	Total	Promedio	Peso	Total	Promedio	Peso	Total	
Anís	4,7	50%	2,35	3,9	25%	0,975	3,2	25%	0,8	4,13
Menta	4	50%	2	3,9	25%	0,975	4,3	25%	1,075	4,05
Curacao	3,1	50%	1,55	3	25%	0,75	3,9	25%	0,975	3,28

Nota: El personal operario, preparador e ingeniero de producción, fueron los encargados de diligenciar la matriz de priorización. En la Tabla anterior se muestra el promedio de las respuestas obtenidas. Fuente: *Elaboración Propia.*

Con el proceso desarrollado en la tabla 7 se evidencia que la presentación con mayor puntaje fue la de Anís con 4,13, seguido de Menta con 4,05 y Curacao 3,28 respectivamente. Según los criterios de presentaciones son aquellas que tienen mayor dificultad en la consecución de materias primas, mayor dificultad para formación de producto terminado no conforme y facilidad en las ventas. Con base en lo anterior, se estableció que los escarchados de anís son los que presentan mayor inconveniente en la producción, ya que arrojó un mayor puntaje, lo cual hace priorizarlo, para ello, en la siguiente fase se deberá establecer un plan de recolección de datos donde se defina la información y la cantidad de datos necesarios a recolectar para dar validez a la investigación y posteriormente lograr aplicar un plan de implementación basado en la metodología y resultados obtenidos hasta ahora.

Basado en lo anterior se procede a revisar y estructurar los diagramas y esquemas que permitan dar una mejor interpretación de las etapas del proceso.

- Estado actual del área de cremas escarchadas: basada en la información y datos recolectados se plasma a continuación una serie de diagramas que permiten entender el proceso de elaboración de cremas escarchadas y la distribución del área. Cabe resaltar, que dentro de la información documentada existente del área hasta la fecha no existía un diagrama de operaciones o de equipos y diagrama de flujo presente no había sido actualizado desde el año 2017 y además no presenta la claridad apropiada para que cualquier operario del área entienda el proceso de manera satisfactoria y sin equivocación.

A continuación, se plasman y detallan de manera relevante la actualización de diagramas de flujo con sus respectivas materias primas y variables de control y además un diagrama de operaciones y equipos con las consideraciones pertinentes para su ágil interpretación.

- ✓ Esquema o diagrama de flujo del proceso de elaboración de cremas escarchadas con el descriptivo de materias primas e insumos correspondientes a cada etapa y a su vez sus variables de proceso.

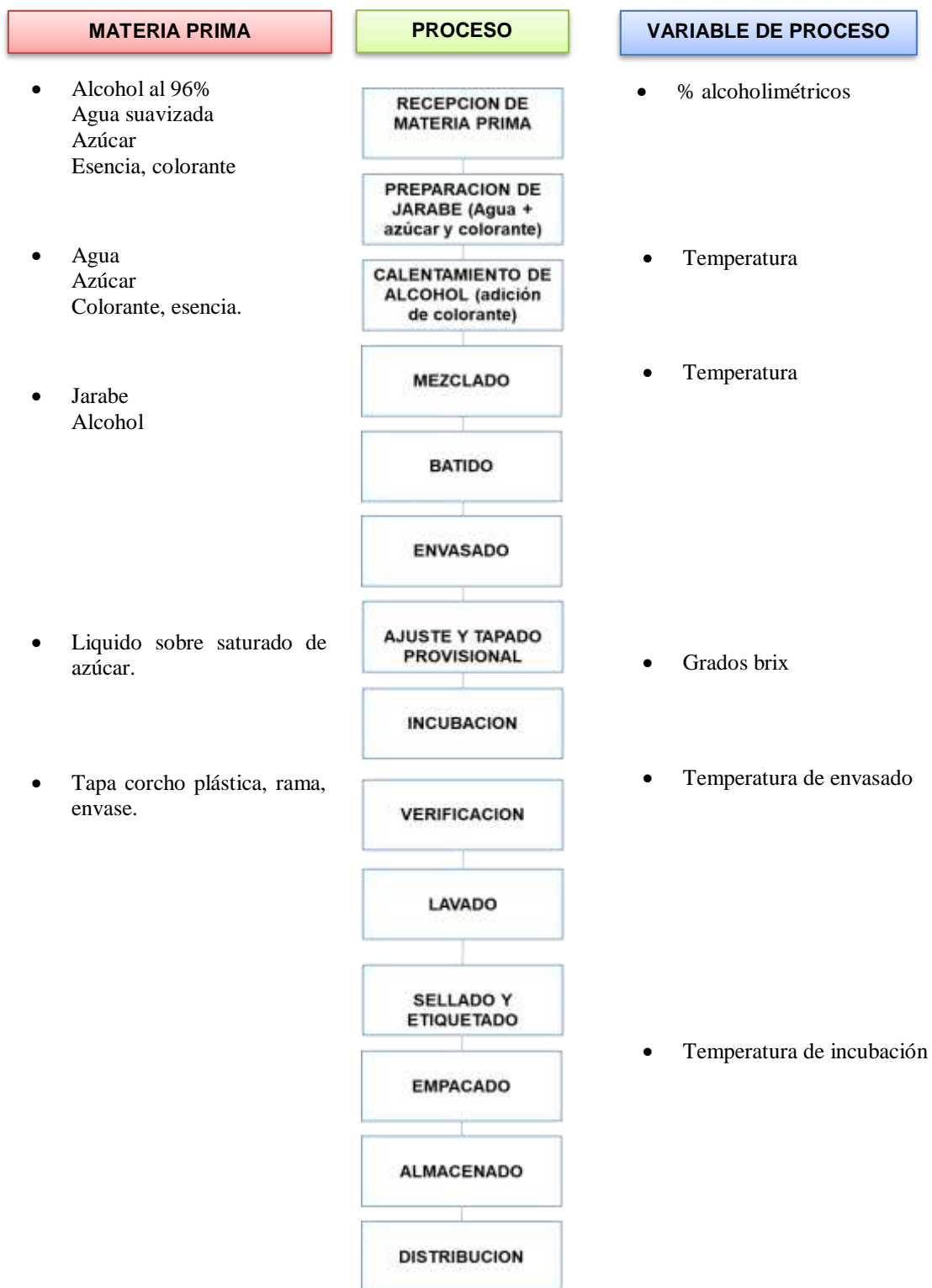
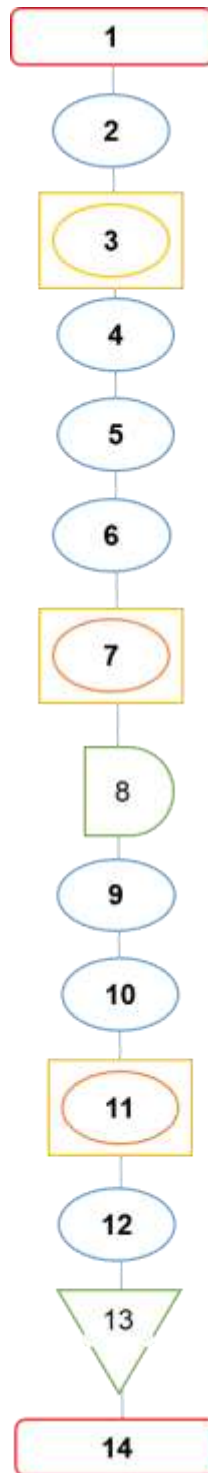


Figura 8. Diagrama de flujo elaboración de cremas escarchadas.

- Significado simbología de procesos.**
- OPERACIÓN.
 - INSPECCÓN.
 - ◻ ACTIVIDAD COMBINADA
 - ➡ TRANSPORTE.
 - ▽ ALMACENAMIENTO.
 - D DEMORA.
 - ➔ LINEA DE FLUJO.
 - ▭ INICIO/TERMINACION.



1. Recepción de materia prima.
2. Preparación de jarabe.
3. Acondicionamiento de alcohol y adición de esencia.
4. Mezclado.
5. Batido.
6. Envasado.
7. Ajuste y tapado provisional.
8. Incubación.
9. Verificación.
10. Lavado.
11. Sellado y etiquetado.
12. Empacado.
13. Almacenado.
14. Distribución.

Figura 9. Diagrama de operaciones cremas escarchadas.

7.2.2 Fase medir

7.2.2.6 Plan de recolección de datos.

Para el plan de recolección de datos deberán establecerse directrices basadas en ecuaciones y estrategias para determinar el tamaño de la muestra inicialmente. Considerando los factores hallados en fases anteriores se determinan a continuación cuáles serán los factores a medir y plasmados dentro de los diagramas de control.

- ✓ Unidades conformes vs Unidades producidas.

Con lo anterior se determinará el porcentaje de unidades no conformes que están fuera de los límites de control y que forman parte del incumplimiento de las unidades de producción para la demanda. Dicha recolección de datos será plasmada y ejecutada en herramientas como Excel que faciliten su diligenciamiento para determinar la capacidad del proceso.

7.2.2.7 Capacidad del proceso.

En este punto después de haber determinado el tamaño de la muestra y las consideraciones a tener en cuenta para obtener los datos se procede a realizar los gráficos de control. La capacidad de proceso es el grado de aptitud que tiene un proceso para cumplir con las especificaciones técnicas deseadas. Cuando la capacidad de un proceso es alta, se dice que el proceso es capaz, cuando se mantiene estable a lo largo del tiempo, se dice que el proceso está bajo control, cuando no ocurre esto se dice que el proceso no es adecuado para el trabajo o requiere de inmediatas modificaciones. La información hallada en este punto nos informara con exactitud cuál es el estado real del proceso de manera cuantitativa para así establecer estrategias de mejora.

7.2.3 Fase analizar

En esta fase se deberá determinar cuáles son las afecciones o fallas del proceso con apoyo de los resultados obtenidos en la fase anterior, por consiguiente, con el

apoyo de herramientas como el diagrama causa y efecto se determinarán las causas que contribuyen al incumplimiento de las órdenes de producción.

7.2.4 Fase implementar

Se establecerá de basados en esta investigación un plan de implementación mediante un formato dinámico en el cual se detalle las actividades a realizar de manera programada, especificando de manera sencilla lo que involucra todo el plan, esto en una tabla que especifique la fecha, actividad o tarea a desarrollar, responsables, apoyo requerido, fecha de entrega y demás requerimientos que se consideren necesarios, en pro de que se inicie a ejecutar el plan de implementación de una manera clara y ordenada.

La fase de implementación en nuestra investigación no se realizó, puesto que un proceso de implementación se requiere que el tiempo aplicativo sea no menor a 15 meses aproximadamente, dado el caso y las condiciones analizadas para el área de cremas escachadas; dicho tiempo es requerido para poder realizar las observaciones adecuadas de acuerdo a la cantidad de producción de escarchados estimado como numero de observaciones apropiadas y el acuerdo con la empresa según pedidos.

Estas observaciones recopilaran la información pertinente para obtener resultados cuantitativos del proceso y así ser ejecutadas mediante el software recomendado para el respectivo análisis y aplicación de las herramientas cuantitativas sugeridas por la metodología.

En ese sentido, la propuesta de mejora aquí desarrollada, funciona como una base investigativa y aplicación metodológica integral, de la mejor forma para el desarrollo adaptado a el área de cremas escarchadas de una metodología de calidad que ha demostrado tener éxito en diferentes ámbitos empresariales a lo largo de la historia.

7.2.5 Fase controlar

De este modo en esta fase se deberá establecer un plan de control que permita verificar el rango de los datos obtenidos en las observaciones en un tiempo determinado a manera de monitoreo del proceso, dicho plan puede estar estructurado como un formato que contenga los gráficos de control con los límites establecidos gracias a el análisis resultante de la fase de medición y análisis de la

implementación desarrollado con la metodología. Dicho formato puede ser un Excel para diligenciamiento ágil y dinámico, donde se pueda corroborar que los procesos están dentro de los límites y rangos de control.

7.3 Evaluación del tiempo de incubación de las cremas escarchadas.

Teniendo en cuenta que uno de los factores influyentes en el incumplimiento de las ordenes de producción es la dificultad para cristalizar o la inexistencia de los cristales, se determinó esto como uno de los factores principales de estudio, ya que esto genera inconformidad en los estándares de calidad para el producto terminado impidiendo su comercialización como tal; por consiguiente, por medio del diseño experimental tomaron como variables de entrada y respuesta los siguientes factores con el fin de determinar la incidencia del tiempo de incubación en la evolución de los cristales de azúcar en los escarchados.

Cabe resaltar que dentro de la elaboración del proceso solo se realizó control de las variables con el apoyo del área de control de calidad en donde se determinó el grado alcoholimétricos, y grados brix con los que se realizó el envasado, sirviendo estos como datos de partida.

- Factor de entrada: TIEMPO DE INCUBACIÓN.
- Variables respuesta: ÁREA DE CRISTALES, ° BRIX, COLORIMETRÍA.

A continuación, en la tabla 9, se sintetiza la información más relevante del diseño aplicado según lo descrito en la sección metodológica.

Tabla 9. Datos de la información experimental.

INFORMACION EXPERIMENTAL	
Unidades experimentales	9 unidades
Presentación	Menta
Tiempo de análisis	9 días
Análisis de muestras	triplicado
Días de observación	3, 6 y 9 días
Temperatura de incubación	33 °C
Variables respuesta	Colorimetría, Brix y área de los cristales.
Software de procesamiento de los datos	StatGraphics.
Software análisis de las imágenes de los cristales.	ImageJ 1. 50i.

Fuente: *elaboración propia.*

7.3.2 Toma de Grados Brix.

A continuación, en la tabla 10 se registran los datos obtenidos de la medición de los grados brix para cada muestra en su día correspondiente, para la medición de esta variable se utilizó un refractómetro digital marca el cual se observa en la imagen 5 del anexo b.

Tabla 10. Grados brix de licor madre para escarchado de menta.

GRADOS BRUX		
MUETRA	PROMT	DESVESTA
DIA 3	53,2	0,2
DIA 6	52,4	0,6
DIA 9	51,3	0,3

En la tabla anterior se encuentran condensados los datos promediados de las réplicas de cada muestra en cada tiempo determinado, lo cual se ingresó al software StatGraphics teniendo como resultados diferencias significativas entre cada muestra.

En las siguientes figuras se ven reflejados los resultados del análisis de varianzas arrojados por el software para la medición de grados brix con variable de entrada, tiempo para los días 3,6,9 como A, B, C.

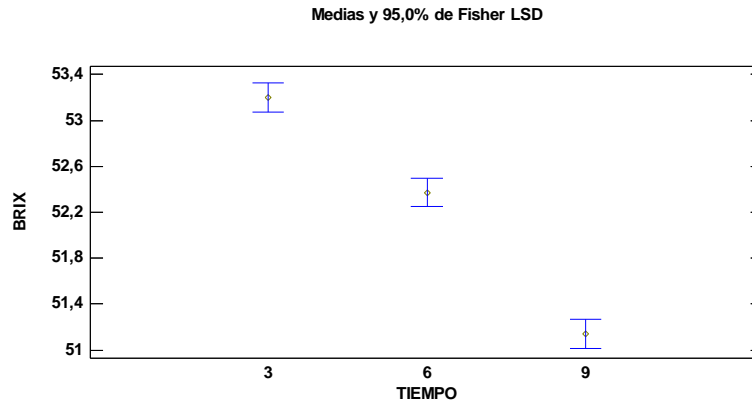


Figura 10. Grafica de medias con el método LSD para grados Brix.

Se puede observar, según el método LDS de medias (diferencias mínimas significativa) con un nivel de confianza de 95% que A presenta mayor concentración de azúcar, y a medida que pasa el tiempo va disminuyendo, reflejando la diferencia también entre B y C, siendo C para el día 9 el que presenta la menor concentración de azúcar ($^{\circ}$ Brix). Esta disminución de $^{\circ}$ brix a medida que pasa el tiempo, es atribuible al proceso de cristalización que se generó en los días de ensayo, dado que, en este proceso de transferencia de masa, el producto sobresaturado pasa por unas fases en las cuales hay una reducción de la concentración de azúcares por la formación de los cristales, en este caso sobre rama presente dentro de la solución, la cual funciona como punto de iniciación del proceso.

En nuestro caso el proceso de cristalización se da por la sobresaturación del licor madre con azúcar, la cual después de pasar su proceso de calentamiento a la incubación, el licor empieza a enfriarse de manera controlada, y al tener la rama como soporte, el exceso de azúcar abandona la solución, y a su vez la pequeña evaporación del agua y alcohol presente también se ira evaporando, es por ello que desde el día uno, si las condiciones son apropiadas, se observa lo que vemos en la gráfica, la disminución consecutiva de los $^{\circ}$ brix de la solución por ausencia de azúcar en solución al haberse convertido en cristales; este proceso es consecutivo y progresivo hasta que la solución llegue a un punto de equilibrio ²⁵. Por ende, las

condiciones de temperatura y pureza dentro de la solución sobresaturada que representa la crema escarchada deben ser las óptimas para que se dé el proceso de manera exitosa.

De esta forma, la conclusión práctica del experimento es que los grados brix para cada muestra en la medida que pasa el tiempo variaron respectivamente, mostrando una clara disminución y estadísticamente arrojando las diferencias entre sí, lo cual era lo esperado como confirmación de un proceso de cristalización apropiado.

7.3.3 Muestra de Colorimetría (L, a, b).

Para poder realizar el análisis colorimétrico se tomó una muestra patrón de uno de los lotes de menta de producto terminado que figura en el área de calidad como referente para próximas producciones. Cabe resaltar que este es un patrón que no se encuentra estandarizado, es decir que solo se tomó como producto de referencia para poder establecer un comparativo con las unidades experimentales.

Para efectos del análisis se utilizó un delta E, basado en el espacio de color CIELAB expresado en las coordenadas (L, a*, b*). Esta métrica esta sintetizada en la siguiente ecuación, la cual sirvió de soporte para hacer el comparativo de los resultados para cada muestra en los días de análisis (3, 6 y 9) con respecto al referente de color del escarchado de menta patrón.

- Diferencia total de color:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L *)^2 + (\Delta a *)^2 + (\Delta b *)^2}$$

Los datos y resultados fueron sintetizados en la tabla 11, en donde se puede observar que los deltas de color hallados son relativamente altos, por lo cual la precisión de color es menor según la comparación entre los dos puntos cromáticos, la muestra para cada día de estudio y el patrón dentro del espacio cromático CIELAB ²⁶.

Tabla 11. Datos de colorimetría y delta E para el patrón y muestras de los 3, 6 y 9 días.

MUESTRA	COORDENADAS	PROMEDIO	DESVESTA	ΔE
PATRON	L*	81,01	0,44	-
	a*	-53,83	1,41	
	b*	82,16	2,00	
DIA 3	L*	79,65	0,42	20,54
	a*	-40,83	0,73	
	b*	66,31	0,41	
DIA 6	L*	76,27	3,19	25,39
	a*	-37,78	2,10	
	b*	63,06	2,25	
DIA 9	L*	77,71	0,29	24,71
	a*	-37,84	0,27	
	b*	63,61	0,18	

En cuanto al gráfico de diagrama de cajas simultáneo, se muestra la comparación de los tratamientos A, B y C con respecto a sus medias, de los cuales A y C, muestran ser diferentes entre sí, sin embargo, se presenta mayor variabilidad en B, la cual se traslapa con A y C, lo cual permite inferir que en el día 6 hay mayor estabilidad de color entre las muestras, en este caso la luminosidad, pero a su vez en las otras coordenadas de color presentan mayor variabilidad.

Teniendo en cuenta las coordenadas colorimétricas obtenidas y según el referente CIELAB en su diagrama de cromaticidad, podemos considerar que las muestras para los días 3, 6 y 9 en las coordenadas a* y b*, con respecto al patrón son más claras o iluminadas, menos verde y más amarillas²⁷. Ya considerando las gráficas de cajas y bigotes también se observa una variabilidad entre las muestras y los días de incubación, tanto para las coordenadas a* y b* en donde el día 6 muestra sesgo de variación entre las tonalidades, amarillo – verde, la cual debería mantenerse al ser muestras de un mismo lote.

Gráficos resultados de datos analizados por StatGraphics para colorimetría (L, a, b).

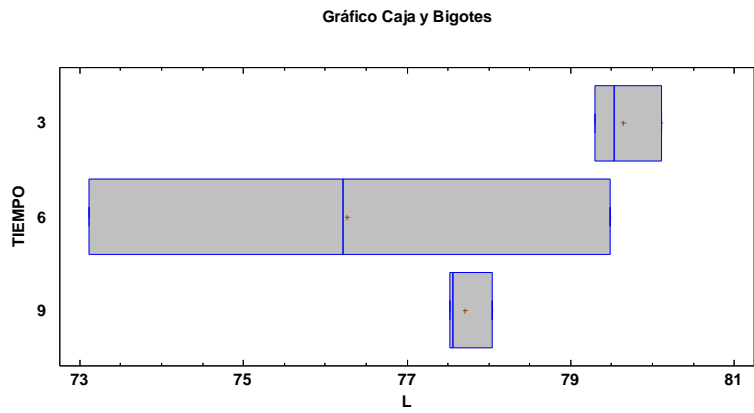


Figura 11. Representación gráfica de cajas y bigotes para L .

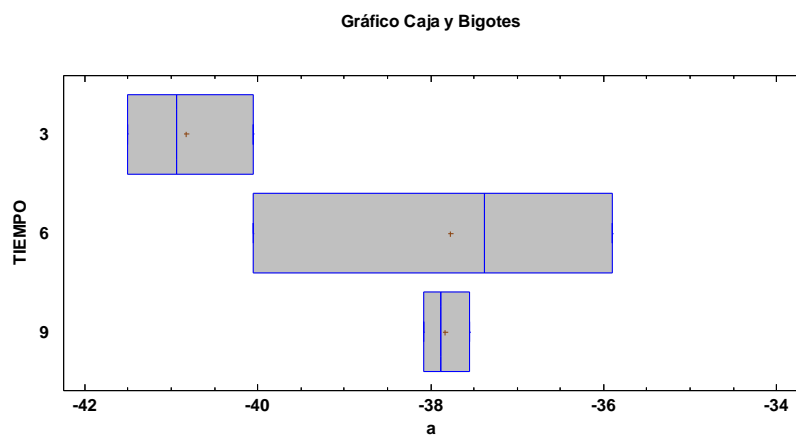


Figura 12. Representación gráfica de cajas y bigotes para a^* .

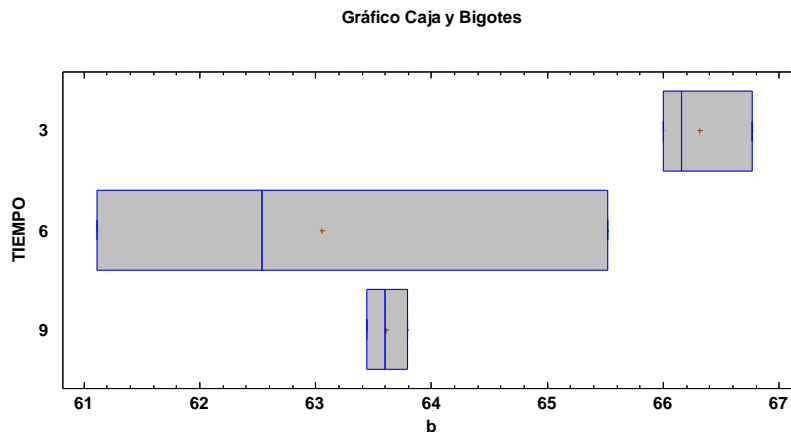


Figura 13. Representación gráfica de cajas y bigotes para b^* .

De este modo se confirma que no hay uniformidad en el color entre las muestras, y tampoco con la muestra patrón, esto puede deberse a la falta de estandarización del proceso y por ende del producto como tal, la inexistencia de un color estandarizado o tolerancia de color para este producto. La tolerancia hace referencia a la diferencia entre la muestra y el estándar o patrón ya establecido, ahora bien, dichos valores de tolerancia deben ser suministrados o definidos por la empresa, manejándose como estándar de calidad para el producto terminado según referencias de atributos, que en algunos casos determinados por el consumidor ²⁶.

Debido a lo anterior no se podría determinar si el color contrastado es bueno o malo con respecto al patrón o las condiciones esperadas por el consumidor, por lo tanto, se hace necesario establecer los rangos de tolerancia de manera estandarizada como se mencionó anteriormente y así poder tener mayor seguridad de que la producción de futuros escarchados tendrá el color esperado.

7.3.4 Medición del área de los cristales.

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por el software y el anova, se muestra que existe diferencias significativas entre el área de los cristales de azúcar para cada periodo de tiempo, lo cual se puede observar gráficamente las figura 13 y 14, resultados del procesamiento del promedio de datos que se muestran en la tabla

12, los cuales permitieron comparar las medias entre las muestras para los días 3,6 y 9, resultado sintetizado en la tabla 13, ver anexo a, ítem 14.

Tabla 12. Datos de área de los cristales en los 9 días de observación a temperatura de 33 °C.

AREA DE LOS CRISTALES		
TIEMPO DE INCUBACION	PROMT (mm2)	DESVESTA
DIA 3	2,92	0,79
DIA 6	8,83	6,81
DIA 9	23,34	10,63

Según la síntesis se observa una diferencia estadísticamente significativa entre la media de área entre un nivel de tiempo y otro, permitiendo corroborar que de acuerdo a los resultados generales el proceso de cristalización influenciado por el tiempo y la temperatura se genera de manera satisfactoria, logrando la formación de cristales más grandes y mejor estructurados a lo largo del tiempo según se muestra en los siguientes gráficos.

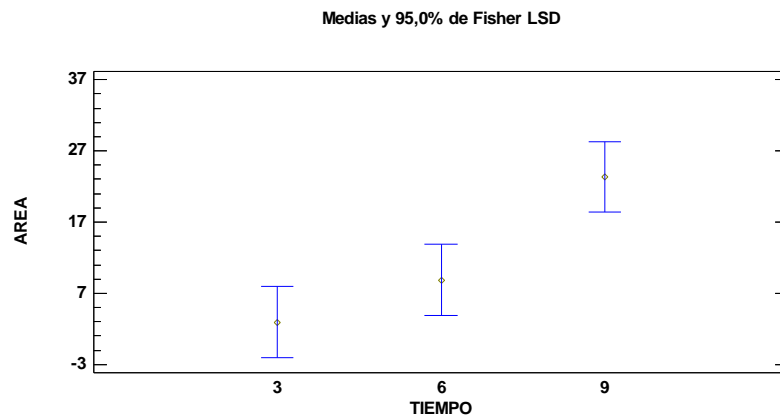


Figura 14. Grafica de medias con el método LSD para área de los cristales.

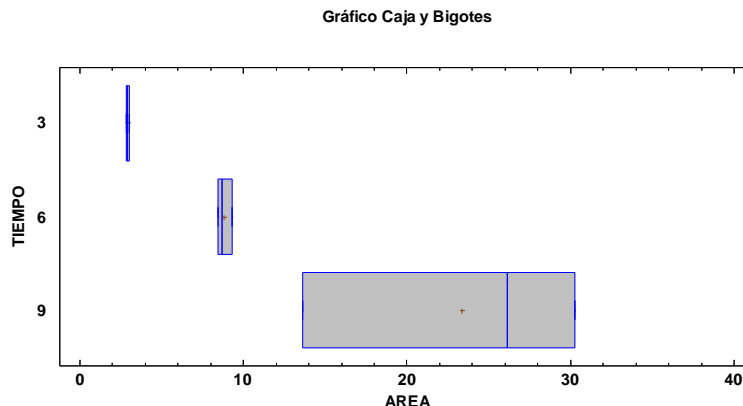


Figura 15. Grafica de cajas y bigotes área de los cristales.

Tanto en el método gráfico de LSD (comparación de medias) y el de cajas y bigotes se evidencia la progresividad en el crecimiento de los cristales dadas las condiciones de temperatura, observándose de manera más relevante en la figura 14 como entre el día 3 y 6 una variabilidad de más 4mm, la cual se ve aun mayor del día 6 al 9. Lo que se evidencia con los resultados ya expuestos el establecer las condiciones adecuadas de temperatura, logra realizar un mejor proceso de nucleación y migración de las fases líquida a sólida, ya que como se mencionó inicialmente, las condiciones cinéticas para el proceso de transferencia de masa cuando son adecuadas se dan los resultados esperados, en este caso la formación de cristales.

Teniendo en cuenta las investigaciones basadas en el mismo principio de cristalización, se logra confirmar que factores como el tiempo de incubación y la temperatura contribuyen en la formación de cristales en una solución saturada, tal es el caso del estudio sobre la formación de cristales en licor escarchado realizada en el 2008, en donde se utilizaron diferentes niveles de concentración (-10% y -5%) con respecto al patrón, a diferentes temperaturas para evaluar la velocidad de cristalización de los escarchados, teniendo como resultado que la estabilidad y formación de los cristales en una solución saturada (licor madre), es afectada por el comportamiento del contenido de azúcar a diferentes temperaturas a través del tiempo ²⁷. Lo anterior refuerza la conclusión de nuestro análisis.

De acuerdo a los resultados generales, el proceso de cristalización se da de manera satisfactoria, por lo cual se considera el tiempo de incubación como un factor fundamental en el proceso de calidad del producto terminado, ya que este influye

de manera significativa en la formación de los cristales, evidenciando que hay formación de cristales más grandes y mejor estructurados a lo largo del tiempo. En la siguiente figura se muestra los cristales extraídos para análisis en los diferentes periodos de tiempo analizados.



DIA 3

DIA 6

DIA 9

Figura 16. Imágenes de los cristales resultantes de los días 3, 6 y 9 de incubación.

Por lo tanto, la información suministrada, da las bases para lograr la estandarización los tiempos de producción de escarchados según conveniencia y estándares establecidos por el área de cremas y escarchados.

8. CONCLUSIONES

El diagnóstico inicial permitió determinar la desactualización e inexistencia de documentación del proceso de elaboración de cremas escarchadas, ausencia de control de algunas variables de proceso, lo cual ha generado incumplimientos en las ordenes de producción y comercialización.

Los resultados obtenidos en la primera etapa metodológica permitieron actualizar documentos pertenecientes al área de cremas escarchadas, como protocolo de procedimientos, fichas técnicas, diagramas de flujo y de operaciones, matriz FODA, entre otros, y así poder mantener un orden y claridad de los procedimientos acorde a los requerimientos de la empresa.

Por otro lado, la aplicación de la metodología DMAIC en su primera fase, definir, se establecieron herramientas como Project Chárter que da claridad frente a lo desarrollado, generando un panorama de entregables y herramientas para futuros estudios. Además, el diagrama SIPOC permitió determinar de manera enfática los involucrados en las entradas y salidas del proceso de elaboración de cremas escarchadas y su responsabilidad dentro del mismo.

Se logró identificar que el escarchado de anís, es la presentación que genera mayores incumplimientos en las ordenes producción, mediante el análisis de datos históricos de los últimos 5 años de producción y comercialización de cremas escarchadas.

Con el desarrollo del diseño experimental se logró identificar la influencia del tiempo incubación en el tamaño de los cristales durante los 9 días de análisis.

lo que es un referente de calidad del mismo, y por medio del análisis de dichos datos obtenidos mediante el software encontrando diferencias significativas entre cada una de las muestras respectivamente permitiendo soportar la teoría expuesta, fundamentando que, en las condiciones propicias, la cinética del proceso cristalización se da de manera satisfactoria logrando la nucleación y formación de cristales de manera progresiva.

9. RECOMENDACIONES

Generar la sistematización de datos que permita la actualización constante con información sobre, inventarios, proveedores, unidades producidas, unidades no conformes, formulación, clientes, solicitud de materias primas y materiales, entre otros, para el proceso de elaboración de cremas escarchadas.

Implementar la propuesta de mejora con el uso de la metodología DMAIC usando como herramienta principal los datos registrados en el informe de pasantía aquí sustentado.

Realizar un estudio en el cual se involucren factores como la temperatura, el tiempo de incubación para estandarizar productos escarchados con cristales más uniformes en todos los lotes de producción.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Santisteban Esparraga, J. L. Plan de mejora basado en la manufactura esbelta, para incrementar la eficiencia del área de producción en la empresa Maxi Perú SAC, Chiclayo–2020.
2. INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA. (2019). Documento de inducción a la industria licorera del cauca (ILC) “cauca, territorio de paz”. Popayán.
3. INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA. (2019). Documento políticas y desarrollo empresarial (ILC) “cauca, territorio de paz”. Popayán.
4. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Bebidas Alcohólicas Cremas. Definiciones, NTC 1035 [en línea]. Bogotá D.C.: El Instituto. 2005. 1 p.
5. Sánchez, Gabriela P y Ramírez, Arturo C. Una propuesta de innovación en productividad empresarial. En: Digital Publisher [en línea]. Quito: Universidad Técnica de Ambato, julio de 2019. vol. 2, nro. 5. p. 94. [Consultado: 02 de octubre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.33386/593dp.2019.5-1.133>.
6. BARRIENTOS RIVERA, Jordi Raúl y GAMBOA RICALDI, Martin Mario. Propuesta de aplicación de la metodología SMED en una línea de envasado de bebidas carbonatadas. Trabajo de Investigación para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima. Universidad Tecnológica del Perú. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. 2019. 18 p.
7. ARESTEGUI, José Luis T. y JIMENEZ, Daniela V. ESTANDARIZACIÓN DEL NIVEL DE LLENADO PARA EL FORMATO VIDRIO 330 ML SIN GAS MEDIANTE LA METODOLOGIA DMAIC EN LA EMPRESA CERVECERÍAS CUSCO SAC. Trabajo de Investigación para obtener el título de Ingeniero Industrial. Cuscú. Universidad Andina del Cusco. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escola professional de Ingeniera Industrial. 2019. 12 p.
8. Susilawati, Anita. Productivity enhancement: lean manufacturing performance measurement based multiple indicators of decision making in:

German Academic Society for Production Engineering [in line]. Indonesia: Universitos Riau; febrero de 2020. vol. 2, nro. 5. p. 343 - 359. [Consultado: 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11740-021-01025-7>

9. Gutiérrez Humberto, D. la V. R. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. 3 ed. 2017. 3 p.
10. González, R. G., León, S. J., Ramírez, I. G., & Pérez, J. E. C. G. (2021). DMAIC–SIX SIGMA: DMAIC Six Sigma. Revista Relayn-Micro y Pequeñas empresas en Latinoamérica, 5(3), 164-190.
11. Hernandez, Carlos P y Da Silva, Felipe P. Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. En: Revista Scielo [en línea]. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente, enero - abril de 2016. vol. 36, nro. 1. p. 13-14. [Consultado: 13 de octubre de 2021]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S222461852016000100010&script=sci_arttext&tlng=pt.
12. Bryan Salazar López. (2019). Capacidad de procesos | Ingeniería Industrial Online. Capacidad de procesos. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/capacidad>
13. Asociación Española para la Calidad. (s. f.). AEC - Diagrama SIPOC. Recuperado 13 de octubre de 2021, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>
14. Costa Luan B.; Filho Moacir G.; Fredendall Lawrence D y Ganga Gilberto M. Lean six sigma in the food industry: Construct development and measurement validation. In: Revisit El Sevier [in line]. Brazil: Federal University of Shao Carlos, Department of Industrial Engineering, June of 2020. vol.1. [Consultado: 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107843>
15. Elementos básicos de un diagrama de Pareto - Minitab. (s. f.). Recuperado 23 de mayo de 2021, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/>

16. Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa) - Progreso Lean. (s. f.). Recuperado 23 de mayo de 2021, de <https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>
17. SALAZAR, Cecilia y DEL CASTILLO G, Santiago. fundamentos básicos de estadística. 1 ed. Quito: Sin Editorial. 2018, 40, p. ISBN: 9789942306166.
18. Costa Luan B.; Filho Moacir G.; Fredendall Lawrence D y Ganga Gilberto M. Lean Six sigma in The industry: Construct development and measurement validation. In: Revisit El Sevier [in line]. Brazil: Federal University of Shao Carlos, Department of Industrial Engineering, June of 2020. vol.1. [Consultado: 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107843>
19. Ordoñez, Joseph A. y Castañeda, Arturo T. Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC. Trabajo de Investigación para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima. Pontifica Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. 2021. 30 - 36 p.
20. Cabezas, Silvana M. y Jiménez, David G. Diseño de una propuesta de mejora para incrementar la satisfacción del cliente en el restaurante italiano mediante la metodología DMAIC. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Popayán. Fundación Universitaria de Popayán. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial. 2021.
21. Gonzales, Ángela y Reátegui, Ignacio P. Herramientas de calidad y programa de fidelización en la empresa Talhum S.A.C. Barranco. Trabajo de grado para optar al título de profesional en administración. Lima, Perú. Universitaria de Cesar Vallejo. Facultad de ciencias Empresariales. Programa de Ingeniería Industrial. 2020.
22. Castaño, Salustia M. propuesta de implementación de la metodología DMAIC en el sistema de producción de la cerveza artesanal "Porter". Trabajo de grado para optar al título de maestro en Ingeniería de la Calidad. Xalapa, México. Universitaria Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. 2018.
23. Ramírez, S. Condiciones de fabricación de cremas escarchadas para

mantener estable los grados Gay-Lussac y brix en la industria licorera del cauca "ILC". Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias 2018.

24. Cabezas, Silvana M. y Jiménez, David G. Diseño de una propuesta de mejora para incrementar la satisfacción del cliente en el restaurante italiano mediante la metodología DMAIC. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Popayán. Fundación Universitaria de Popayán. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial. 2021.
25. Quintana Hernandez, P. A; Uribe Martínez, V. Análisis comparativo de ecuaciones cinéticas tipo ley de potencia y difusión-integración en la cristalización por enfriamiento de azúcar de caña
26. Durmus, D. CIELAB color space boundaries under theoretical spectra and 99 test color samples. Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania. 2020.
27. Muñoz, Muñoz D. y Labia A. Formación de cristales de azúcar en el proceso de licores escarchados. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias 2008.

11. ANEXOS

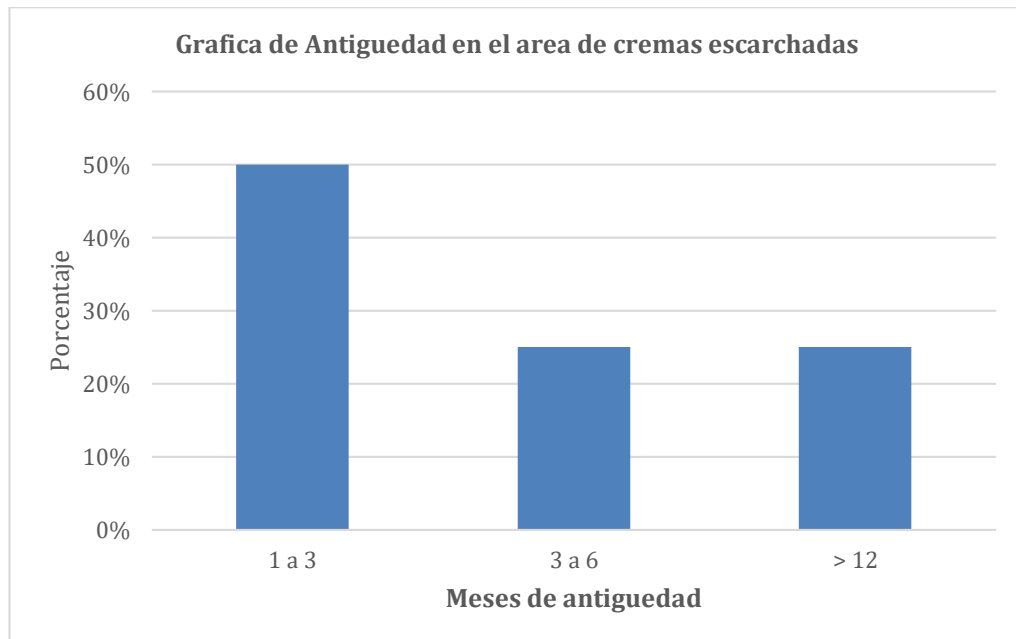
Anexo A: encuesta operarios área de cremas escarchadas, Industria Licorera del Cauca.

En pro del desarrollo de la actividad practica enfocada en la mejora de los procesos dentro del área de escarchados, se les pide a los operarios que por favor brinden unos minutos de su tiempo para responder la siguiente encuesta.

La encuesta consta de 10 sencillas preguntas con opciones de respuesta variable múltiple y de opinión libre, dicha encuesta fue aplicada a cada uno de los 8 trabajadores del área entre preparador y operarios.

1. ¿Cuánto tiempo lleva usted trabajando en el área de cremas escarchadas?

- a) 1 a 3 meses.
- b) 3 a 6 meses.
- c) Más de 12 meses.



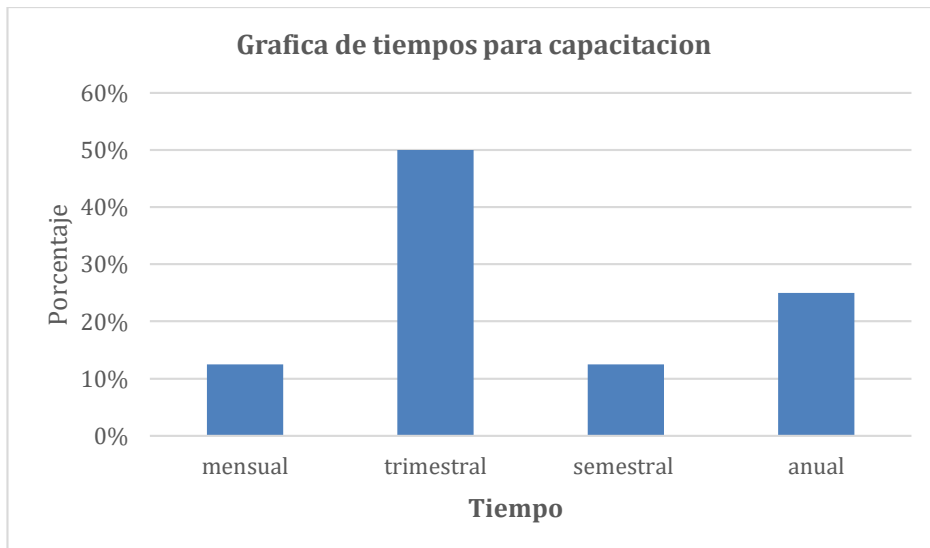
2. ¿Tiene claridad sobre el proceso de la elaboración de cremas escarchadas?

- a. SI. b. NO.

El 100% de los encuestados manifestó tener claro conocimiento sobre la elaboración de cremas escarchadas.

3. ¿Cada cuánto cree usted que deba capacitarse sobre la elaboración de escarchados, manejo del área y demás procedimientos que se ejecutan en ella?

- a) Mensual.
- b) Trimestral.
- c) Semestral.
- d) Anual.



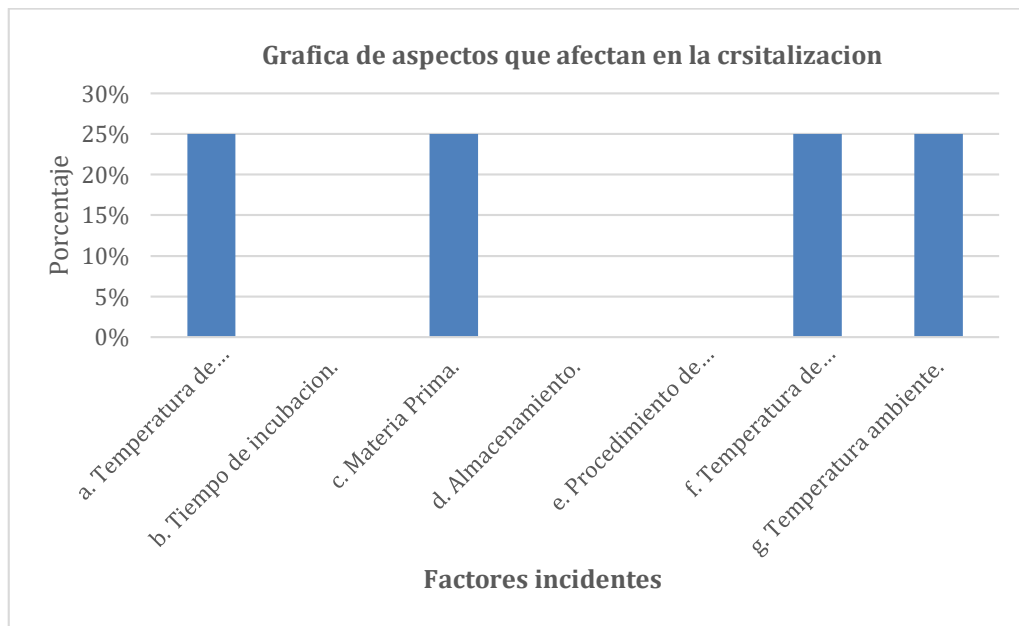
4. ¿Cuál es el sabor de cremas escarchadas que se produce más en el área de cremas escarchadas?

- a) Curacao.
- b) Anís.
- c) Menta.



5. ¿Qué aspecto considera usted que puede afectar la cristalización de los escarchados?

- a) Temperatura de preparación.
- b) Tiempo de incubación.
- c) Materia Prima.
- d) Almacenamiento.
- e) Procedimiento de envasado inadecuado.
- f) Temperatura de incubación.
- g) Temperatura ambiente.



6. ¿Cree usted que los escachados deberían producirse de manera continua (todo el año) y no solo por temporadas?

a) SI.

b) NO.

El 100% de los operarios encuestados manifestaron estar de acuerdo con que la producción de escarchados sea durante todo el año, al igual que el producto principal de la organización, aunque en proporciones diferentes ya que es una bebida artesanal de uso en ocasiones especiales.

7. ¿Para qué temporadas cree usted que deberían producirse escarchados?

a) Semana Santa.

b) Mitad de año.

c) Fin de Año.

d) A, B y C.

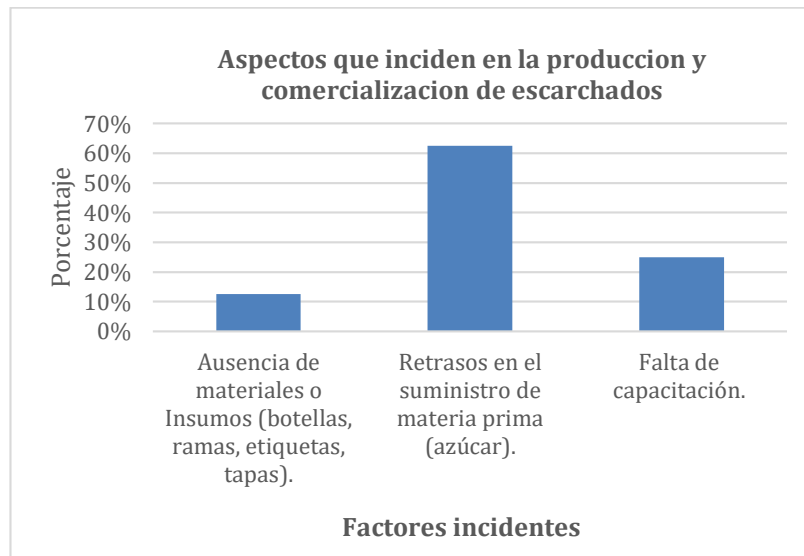


8. ¿Qué factor cree usted que genera mayor incidencia en los retrasos de producción y comercialización de escarchados?

a) Ausencia de materiales o Insumos (botellas, ramas, etiquetas, tapas).

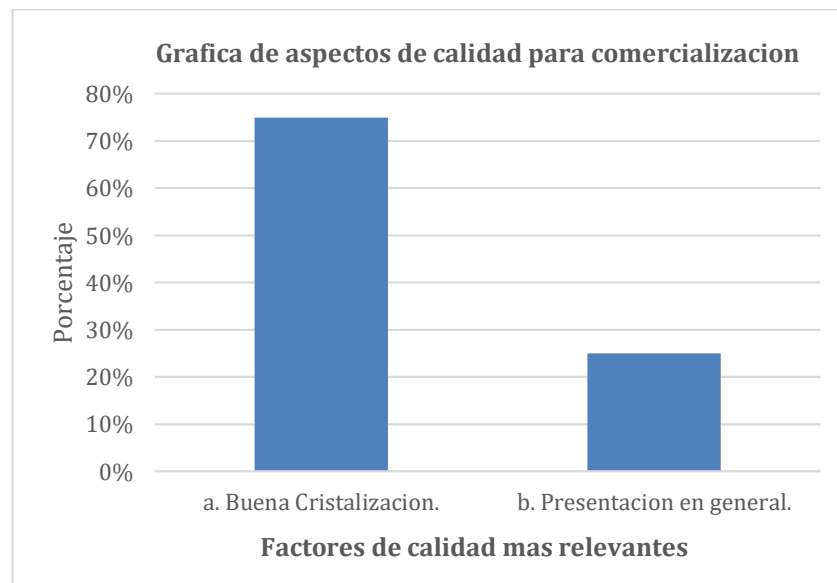
b) Retrasos en el suministro de materia prima (azúcar).

c) Falta de capacitación.



9. ¿Qué aspecto de Calidad se debe mantener para la venta de los escarchados?

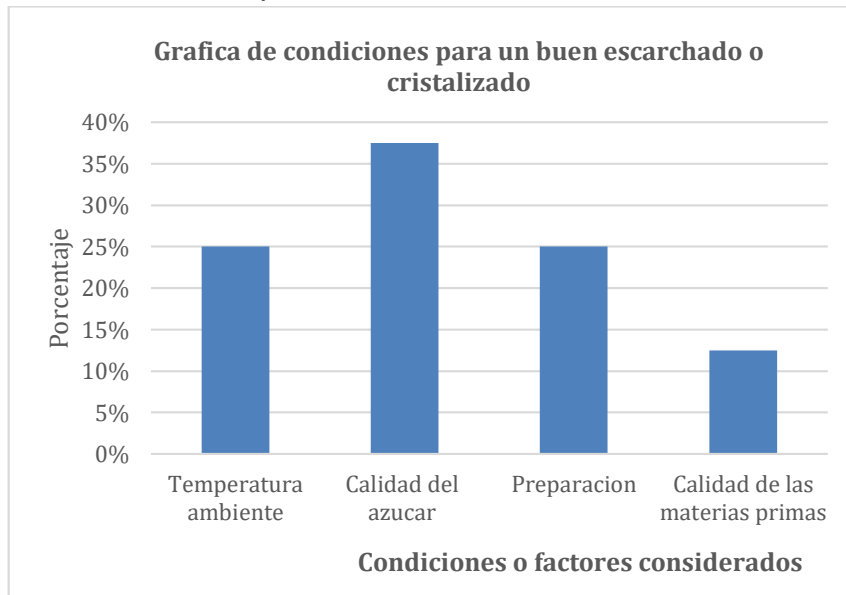
- a) Presentación en general.
- b) Buena cristalización.



10. ¿Cuáles son las condiciones que cree usted que pueden dejar como resultado un buen escarchado?

- a) Temperatura ambiente
- b) Calidad del azúcar

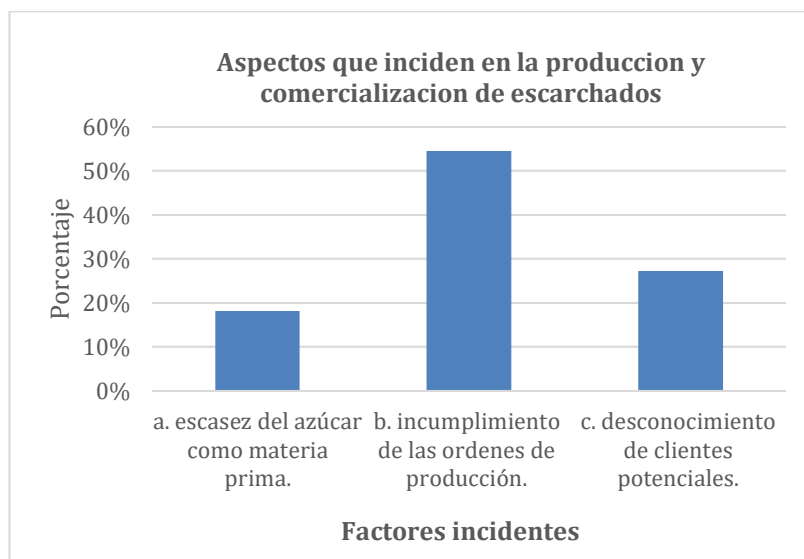
- c) Preparación
- d) Calidad de las materias primas



11. ¿Cuántas unidades de cremas escarchadas se elaboraron según pedido en los últimos 5 años?

12. ¿Cuál es el mayor inconveniente para la comercialización de cremas escarchadas que se presenta con mayor frecuencia?

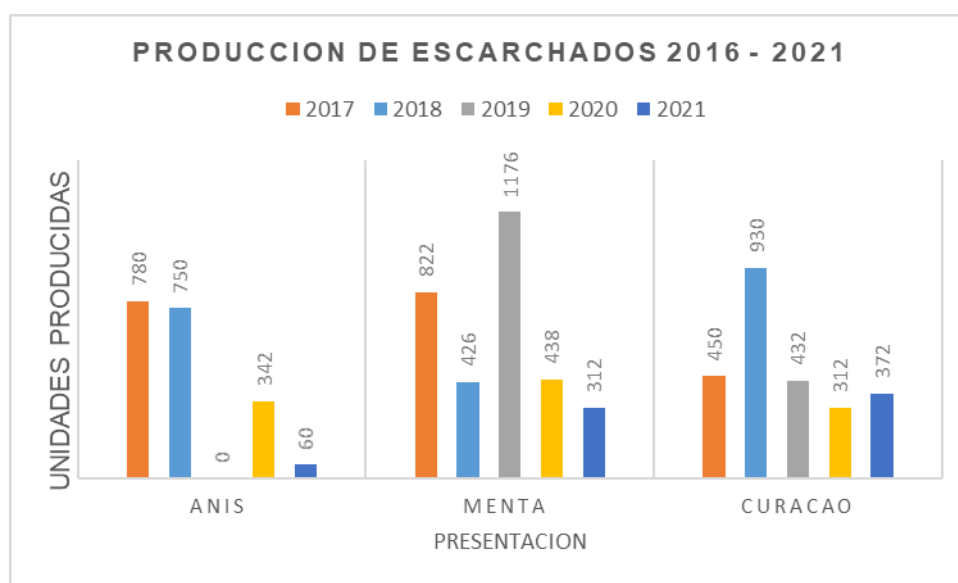
- a. escasez del azúcar como materia prima.
- b. incumplimiento de las ordenes de producción.
- c. desconocimiento de clientes potenciales.



13. Datos de los últimos cinco años de unidades producidas vs unidades vendidas.

PRODUCTO ESCARCHADO	UNIDADES PRODUCIDAS					
	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
ANIS	780	750	0	342	60	386
MENTA	822	426	1176	438	312	635
CURACAO	450	930	432	312	372	499

PRODUCTO ESCARCHADO	UNIDADES VENDIDAS					
	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
ANIS	708	762	0	324	60	371
MENTA	708	498	708	282	450	529
CURACAO	342	978	402	288	180	438



14. ANOVA para área en la medición de área de los cristales resultado del StatGraphics.

15. Tabla 13. ANOVA para área vs tiempo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	662,445	2	331,222	13,25	0,0063
Intra grupos	150,013	6	25,0022		
Total (Corr.)	812,458	8			

Anexo b: en este anexo se encontrará una serie de imágenes donde se muestran algunos de los equipos e instrumentos utilizados en el desarrollo de la práctica y experimento de análisis del proceso de elaboración de cremas escarchadas.



Imagen 2. Espectrofotómetro G-5



Imagen 3. Termohigrometro.



Imagen 4. Cámara de vida útil con control de T y Humedad relativa.



Imagen 5. Refractómetro digital opti brix 40 - 95.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios quien siempre ha obrado a lo largo de este tiempo para el cumplimiento de mis proyectos y propósitos personales, por la endereza, constancia, sabiduría y paciencia que ha puesto en mí, en pro de fortalecerme de forma integral.

¡Gracias Dios por ser mi roca y satén ante todo pronóstico!

Gracias a mis padres e hijo, que han sido la motivación para levantarme y trabajar duro por mis sueños y objetivos, es su bienestar el que me hace soñar con que todo es posible, y que siempre que haya consistencia y disciplina habrá una recompensa gratificante.

Finalmente agradezco a mis docentes y amigos quienes fueron mi segundo hogar, por su apoyo, palabras de aliento, concejos y enseñanzas; este fue el entorno que contribuyo a mi crecimiento personal y profesional, su paciencia, compañía y amistad alegraron mis días en el paso por mi alma mater.