

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Propuesta de Práctica Dirigida presentada a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Plan de soluciones estructuradas para el problema de la variabilidad en el proceso que afecta el contenido de sodio en un producto frito, mediante la metodología DMAIC de *Lean Six Sigma*

Elaborado por:
María José Serrano
Carné: B36633

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Junio, 2019

TRIBUNAL EXAMINADOR

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Elaborado por:

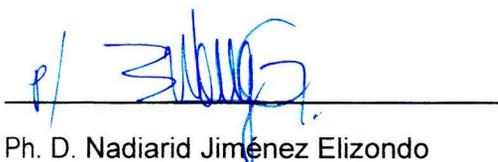
María José Serrano

Aprobado por:



M. Sc. Marcia Cordero García

Directora del Proyecto



Ph. D. Nadiarid Jiménez Elizondo

Asesora del Proyecto



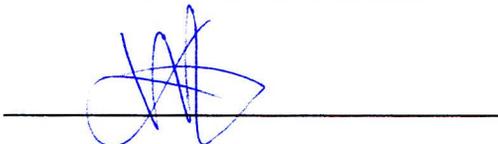
MAP. Georgina González Chacón

Asesora del Proyecto



M Sc. Natalia Barboza Vargas

Presidente del Tribunal Examinador



M Sc. Ileana Alfaro Álvarez

Profesora designada

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

El presente proyecto final de graduación posee confidencialidad parcial según los requerimientos de la empresa que financió el proyecto. La confidencialidad parcial representa una protección para la empresa interesada frente a posibles competidores, además de proteger sus productos. Según lo anterior, el presente se publica codificando y restringiendo la información que presente un riesgo.

DEDICATORIA

“A mis papas, gracias por el apoyo siempre”

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mis papas y hermanos, gracias por estar ahí, por ser el mejor soporte, por apoyarme en todo momento y por siempre impulsarme a dar lo mejor.

Agradezco a la empresa solicitante del presente, por toda la ayuda en la realización de este proyecto, en especial al señor Randall Salazar, por su dedicación durante el proceso.

A todo el personal de la Escuela de Tecnología de Alimentos y el CITA, por su ayuda a lo largo del proyecto; en especial a Giova y Luis por su indispensable apoyo en el laboratorio y los consejos en el camino, a Elba y las asistentes del proyecto por su ayuda en los paneles sensoriales y a Camacho y Alonso por toda la ayuda y chineos a lo largo de la carrera.

Gracias especiales a Nadia, por guiarme durante este proceso, por atender mis dudas, por su disponibilidad, su entrega y por siempre estar presente en los altos y bajos. A Marcia, muchas gracias por su dedicación, apoyo, disponibilidad y aporte tan detallado y minucioso. A Georgina, gracias por su apoyo y aporte tan valioso al proyecto.

A todos mis amigos y amigas de la carrera, Michi, Jess, Meme, Xime, Rody y Rebe, gracias por todas las experiencias y momentos que compartimos para llegar a este momento. A mis amigas de la vida y a Sergio, gracias por ser mi compañía indispensable y ser parte de este logro.

A todos los profesores, compañeros y amigos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ABREVIATURAS	xiii
RESUMEN.....	xv
I. JUSTIFICACIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos	5
III. MARCO TEÓRICO	6
3.1 Los <i>snacks</i> salados	6
3.1.1Tendencias en el consumo de <i>snacks</i>	6
3.1.2El sodio en los <i>snacks</i> salados y su efecto en la salud	7
3.1.3 Políticas y esfuerzos para la reducción de sal/sodio en los alimentos	10
3.1.4Proceso de elaboración de los <i>snacks</i> salados	12
3.2 Análisis sensorial de los alimentos.....	17
3.2.1Pruebas de discriminación.....	18
3.2.2Pruebas de umbrales.....	20
3.2.3Pruebas de aceptación	23
3.3 Estrategia <i>Lean Six Sigma</i>	24
3.3.1Definir	26
3.3.2Medir.....	27
3.3.3Analizar.....	28
3.3.4Mejorar y controlar	30

IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	34
4.1 Localización del proyecto	34
4.2 Materias primas	34
4.3 Equipo utilizado en el procesamiento	35
4.4 Pruebas definitivas	36
4.4.1 Definición del problema	36
4.4.2 Evaluación de la situación actual del problema mediante la medición de los parámetros de la línea de proceso.....	37
4.4.3 Evaluación de la situación actual del problema mediante la medición de las características sensoriales del producto terminado	43
4.4.4 Establecimiento de las principales causas que generan el problema en la variabilidad del contenido de sodio en el producto	46
4.4.5 Evaluación y escogencia de las soluciones requeridas para la r edución de la variabilidad en el contenido de sodio en el producto	49
4.4.6. Desarrollo de una propuesta de implementación de las soluciones identificadas.....	51
4.5 Análisis fisicoquímico	52
4.5.1 Contenido de humedad	52
4.5.2 Contenido de lípidos	52
4.5.3 Contenido de sodio	52
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1 Definición del problema	53
5.2 Descripción de la situación actual	56
5.2.1 Evaluación de los parámetros del proceso actual.....	56
5.2.2 Evaluación sensorial de la situación actual del producto	65
5.3 Análisis y definición de las principales causas del problema.....	67
5.4 Determinación de las soluciones requeridas para la reducción de la variabilidad	73
5.4.1 Evaluación de las posibles soluciones.....	73
5.4.2 Priorización de las posibles soluciones	76
5.4.3 Costos asociados a la implementación de las soluciones	79

5.5	Propuesta de implementación y control para la solución del problema ...	83
5.5.1	Etapa de implementación	83
5.5.2	Etapa de control.....	93
VI.	CONCLUSIONES	102
VII.	RECOMENDACIONES.....	103
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
IX.	ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva psicofísica para la determinación del umbral de un estímulo (Lawless y Heymann, 2010).	21
Figura 2. Ejemplo de histograma de la prueba Justo-Correcto (Lawless y Heymann, 2010).	24
Figura 3. Ejemplo de Diagrama SIPOC para el proceso del servicio empapelado de paredes de una empresa (Serpell, 2010).....	27
Figura 4. Esquema del Diagrama de ishikawa (Simon, 2017).	29
Figura 5. Ejemplo de un Diagrama de Pareto (Grima y Tort-Martorell, 1995)....	29
Figura 6. Ejemplo de una matriz de decisión para seleccionar la mejor solución (Gutiérrez y de la Vara, 2009).....	31
Figura 7. Ejemplo de Reporte A3 (Fuente: Elaboración propia).....	33
Figura 8. Diagrama esquemático de la línea de proceso utilizada para la elaboración del producto X en la empresa Y.	35
Figura 9. Medición del intervalo de incertidumbre en la curva psicofísica para la determinación del JND (Lawless y Heymann, 2010).	45
Figura 10. Plantilla del cuestionario de las 6 M's para la determinación de posibles causas.	47
Figura 11. Plantilla de evaluación de las posibles causas planteadas.	49
Figura 12. Matriz de selección utilizada para la priorización de soluciones.	50
Figura 13. Gráfico de control para el contenido de sodio del producto X muestreado entre los meses de mayo y junio 2018 (LEI: Límite de especificación inferior, LES: Límite de especificación superior, ESP: Especificación).	53
Figura 14. Diagrama SIPOC para la línea de proceso del producto X en la empresa Y.	55
Figura 15. Representación de las variables respuesta del proceso de producción del producto en estudio respecto a los componentes principales 1a y 2ª.	57
Figura 16. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1a y 2a, mostrando la categorización por la cantidad de producción del lote (de 550 a 1690 kg).	58

Figura 17. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1a y 2a, mostrando la categorización por el rango de cohesividad del sazónador (alta, media, baja).	61
Figura 18. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1a y 2a, mostrando la categorización por el rango de humedad del sazónador (alta, media, baja).	61
Figura 19. Representación de los parámetros de proceso de la producción del producto en estudio respecto a los componentes principales 1b y 2b.	63
Figura 20. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1b y 2b, mostrando la categorización por el operador a cargo de la producción (E o M).....	64
Figura 21. Línea de mejor ajuste para la frecuencia de aciertos para determinar el umbral de diferencia JND del producto X.....	65
Figura 22. Histograma del atributo salado en la escala justo correcto para cinco muestras del producto X, con diferentes contenidos de sodio (reportados entre paréntesis en g/100 g de sodio).....	66
Figura 23. Diagrama de Ishikawa (causa y efecto) para el problema en la variabilidad del contenido de sodio del producto X.	68
Figura 24. Diagrama de Pareto para la determinación de la causa principal al problema en la variabilidad del contenido de sodio en el producto X.	71
Figura 25. Esquema de soluciones propuestas para el problema en la variación del contenido de sodio, generadas a partir de lluvia de ideas para las causas determinadas con mayor peso.....	73
Figura 26. Diagrama de Gantt de la propuesta para la solución al problema en la variabilidad del contenido de sodio del producto X.	91
Figura 27. Plantilla para la elaboración del protocolo de producción.	94
Figura 28. Plantilla para la elaboración del documento de registro de pruebas en planta.	95
Figura 29. Plantilla para el procedimiento del entrenamiento de los operarios. .	96
Figura 30. Plantilla para la herramienta de validación de nuevos proveedores de materias primas.	97

Figura 31. Plantilla para los procedimientos de medición de los parámetros de calidad.	98
Figura 32. Ejemplos de gráficos de control para parámetros críticos.....	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Otros efectos adversos del consumo en exceso de sal.	8
Cuadro II. Contenido de sodio aproximado en varios grupos de alimentos (OMS, 2012).....	9
Cuadro III. Distintos tipos de ingredientes utilizados en la formulación de un sazonador para snacks salados (Seighman, 2001).	16
Cuadro IV. Comparación del contenido de sodio en las materias primas declarado en la especificación del proveedor contra lo determinado químicamente en cada lote de producción evaluado.	59
Cuadro V. Escala de evaluación utilizada para la elaboración de la matriz de solución de las soluciones requeridas para la reducción del problema.	76
Cuadro VI. Matriz de evaluación de las soluciones al problema en la variabilidad del contenido de sodio en el producto X, para su priorización (basándose en la escala planteada en el Cuadro IV)	77
Cuadro VII. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Protocolo de Producción. ...	79
Cuadro VIII. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Mano de obra.	80
Cuadro IX. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Materia Prima.....	80
Cuadro X. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Parámetros de Calidad y Control.	81
Cuadro XI. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Protocolo de Producción.....	83
Cuadro XII. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Mano de Obra.	85
Cuadro XIII. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Materia Prima.....	87
Cuadro XIV. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Parámetros de Calidad y Control.	89

ABREVIATURAS

AFC: *Alternative Forced Choice*

ANDEVA: Análisis de varianza

AOAC: *Association of Official Analytical Chemists*

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

BF: Base frita antes de aplicar el sazónador

CITA: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimento

DAP: Diferencia apenas perceptible

DMAIC: *Define* (definir), *measure* (medir), *analyze* (analizar), *improve* (mejorar), *control* (controlar)

ENT: Enfermedades no transmisibles

FQ: Físico-químico

JAR: *Just about right*

JND: *Just noticeable difference*

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud

MP: Materias primas

MS: Ministerio de Salud

p: Probabilidad del modelo

PCA: *Principal components analysis*

PC1: Componente principal 1

PC2: Componente principal 2

PMI: *Project Management Institute*

PT: Producto terminado

RPM: Revoluciones por minuto

RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano

SIPOC: *Suppliers* (suplidores), *inputs* (entradas), *process* (proceso), *outputs* (salidas), *consumers* (consumidores)

UV: *Unit variance*

RESUMEN

Serrano Gutiérrez, María José

Plan de soluciones estructuradas para el problema de la variabilidad en el proceso que afecta el contenido de sodio en un producto frito, mediante la metodología DMAIC de Lean Six Sigma.

Tesis en Ingeniería de Alimentos, San José, CR:

MJ Serrano G., 2019

141 pag.: 32 il.-69 ref.

El presente proyecto plantea una propuesta para disminuir la variabilidad en el proceso que afecta el contenido de sodio en la línea del producto llamado X de una empresa productora de *snacks* fritos, mediante el desarrollo de un plan de soluciones estructuradas utilizando la metodología DMAIC de *Lean Six Sigma*; con el propósito de tener un mayor control sobre el contenido de sodio y de ese modo poder implementar posteriormente una reducción en el contenido de sodio.

Se definió el siguiente problema para el proyecto: “Entre los meses de mayo-junio del 2018, en la empresa Y en la línea de *pellets* en el producto X se detectaron contenidos de sodio muy variables que van entre 1700-2400 mg/100 g; los cuales sobrepasan el contenido de sodio declarado en la etiqueta nutricional del producto”.

Se evaluó la situación actual del problema midiendo parámetros de la línea de proceso y las características sensoriales del producto, donde se evidenció que el volumen de producción, el operario a cargo y las características del sazónador tenían un efecto sobre la variabilidad en el contenido de sodio. Además, se determinó que el JND del producto es 0,2 g/100 g y el contenido de sodio ideal para el consumidor según el sabor salado es un valor cercano a 1,85 g/100 g, por lo que un 73 % de los productos evaluados se encuentran por encima del valor ideal.

Se establecieron 17 principales causas al problema utilizando herramientas de evaluación, luego se plantearon y priorizaron 13 propuestas para su solución, las cuales se agruparon en cuatro grupos según afinidad: (1) Protocolo de Producción, (2) Mano de Obra, (3) Materias Primas y (4) Parámetros de Calidad y Proceso.

Por último, se desarrolló una propuesta de implementación de las soluciones, donde se elaboró un acta de proyecto para cada uno de los cuatro grupos. Utilizando un Diagrama de Gantt, se definió que se requiere un total de siete meses para la implementación de dichas soluciones y mediante la evaluación del Costo-Beneficio se determinó que es necesario una inversión de ¢1.655.000,00 para su ejecución.

I. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, las enfermedades no transmisibles (ENT) han sido las causantes de alrededor del 70 % de las muertes a nivel mundial; las cuatro ENT más comunes son las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y las enfermedades pulmonares crónicas. En el 2015, el 45 % de las ENT se debió a enfermedades cardiovasculares (OMS, 2015). Según Mozaffarian, *et al.* (2014) una de cada cinco muertes por enfermedades cardiovasculares se atribuyen al consumo de sodio por encima del nivel recomendado. La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece la recomendación de consumir 2,0 g/día de sodio o 5,0 g/día de sal (OMS, 2012). En el caso específico de Latinoamérica y el Caribe la proporción de muertes cardiovasculares asociadas al sodio fue cercana a un 15 %, para el año 2010 (OMS, 2012).

El sodio está presente en la mayoría de los alimentos procesados y en alimentos frescos como la leche, carne y mariscos. A su vez, las personas tienden a adicionar voluntariamente un mayor contenido de sodio al utilizar la sal de mesa en sus comidas, lo que lleva a un consumo de concentraciones de sodio mayores al valor diario recomendado. Esta realidad ha llevado a analizar los contenidos de sal o sodio, específicamente, consumidos por persona. Según Powles *et al.* (2013), el promedio de sodio consumido por un adulto en el 2010 fue de 3,95 g/día, lo cual equivale a 10,06 g/día de sal (asumiendo que la única fuente de sodio es la sal). Dicho valor excede el nivel de sodio recomendado por la OMS en un 50 % (1,95 g/día).

Dentro del promedio de sodio consumido por un adulto, 181 países sobrepasan el nivel de sodio recomendado; lo cual implica que un 99,2 % de la población adulta mundial consume sodio en exceso. En el caso específico de Costa Rica, en el año 2010, el consumo promedio para adultos con una edad igual o mayor a los 20 años fue de 3,18 g/día (Powles *et al.*, 2013). Debido al alto consumo de sodio a nivel mundial y las complicaciones de la salud que este implica, se

comenzaron a desarrollar programas para combatir dicho problema. En el 2004, la OMS estableció la “*Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud*”; y en el 2009, la Organización Panamericana de la Salud implementó la “*Declaración de la política para reducir el consumo de sal en las Américas*”.

En el 2011, Costa Rica se une a estas iniciativas al establecer el “*Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021*” (Ministerio de Salud, 2011). De acuerdo con el Ministerio de Salud (2011), «Este plan tiene como meta lograr la reducción del consumo de sal y de sodio en la población nacional, y el contenido de sodio en los alimentos para alcanzar progresivamente la recomendación de la OMS (5 g sal o 2 g sodio/persona/día)». En el plan se habla de abarcar los alimentos procesados que presenten una mayor incidencia en el consumo de sodio.

Carmona *et al.* (2014), determinaron el contenido de sodio en los grupos de alimentos líderes en ventas en los supermercados de Colombia a partir de las etiquetas nutricionales; y comprobaron que los siguientes grupos de alimentos poseen el mayor contenido de sodio en orden descendente: condimentos y especias (5829 mg sodio/100 g porción), salsas y aderezos (2426 mg sodio/100 g), comida lista para consumir (1929 mg sodio/100 g), carnes procesadas (1068 mg sodio/100 g) y *snacks* (721 mg sodio/100 g). Por otro lado, según un estudio realizado en Colombia por Gaitán *et al.*, (2015), los grupos de alimentos con mayor aporte de sodio a la dieta en orden descendente (excluyendo alimentos naturales y alimentos con menos de 35 mg/porción) son: panadería (30,5 %), embutidos (9,2 %), caldos/cremas/aderezos (7,4 %), preparaciones tradicionales (7,2 %), quesos/lácteos (7,1 %) y *snacks* (4,5 %).

A partir de la creación de dicho plan, el interés de las empresas nacionales de alimentos por reducir el contenido de sodio en sus productos se incrementó. Una empresa nacional de *snacks* fritos mostró interés en reducir el sodio en uno de sus productos más consumidos, llamado por la empresa “X”. Estos consisten en una base de harina de trigo extruida y frita a la cual se le aplica un sazónador en

polvo. El interés de realizar la estrategia de reducción de sodio en el producto X radica en que, al evaluar el contenido de sodio reportado en etiqueta en todos los productos de la empresa, estos presentaron el valor mayor. Según la etiqueta nutricional presente en el empaque, el producto X contiene 1410 mg de sodio por 100 g de producto; lo cual para un paquete de 60 g equivale el 42 % del valor diario recomendado.

En el caso de los *snacks* fritos, el mayor contenido de sodio proviene de la sal o el sazónador aplicados de forma superficial. La sal en los *snacks* tiene una función sobre el sabor, dado que no solo aporta su propio sabor salado, sino que también realza otros sabores presentes (Ainsworth & Plunkett, 2007). Por lo que, una reducción de sodio en dichos alimentos va a tener un gran impacto sobre la percepción sensorial del consumidor. Al trabajar con productos fritos en los cuales el principal contenido de sodio proviene del sazónador aplicado, se debe considerar que dicho valor va a depender específicamente de la cantidad de sazónador adherida a la superficie de la base frita. La adherencia de un sazónador se va a ver afectada por múltiples variables y condiciones en el proceso. Un ejemplo son las características del sazónador como la fluidez y el tamaño de partícula (Sa-Uram, 2004), las características de la base frita definidas por las condiciones del proceso de fritura (Tainter & Grenis, 2001; Enggalhardjo & Narsimhan, 2005) y las condiciones de la operación de dosificación del sazónador.

El verificar la estandarización en la línea de producción es un punto clave en el logro de una reducción de sodio efectiva. Por lo que, antes de realizar una estrategia de reducción de sodio se debe garantizar que la variación asociada al proceso haya sido controlada. Al evaluar la línea de producción del producto X, dando seguimiento a cinco lotes de producción, se encontró el problema de que la variabilidad en el contenido de sodio en el producto terminado es muy elevada, presentando rangos máximos de 700 mg de sodio /100 g de producto (entre 1700 y 2400 mg de sodio /100 g). Por lo que, en las condiciones actuales de la línea de proceso no se puede realizar una estrategia de reducción de

sodio, sino que se deben evaluar opciones para la disminución en la variabilidad del proceso.

Para el control de la variabilidad en el proceso existen herramientas como *Lean Six Sigma* basadas en las estrategias *Lean Manufacturing* y *Six Sigma*. *Lean Manufacturing* es una metodología desarrollada con el objetivo de mantener la mejora continua de los procesos de producción a partir de la reducción del desperdicio (Shah *et al.*, 2008). *Six Sigma* se define como un proceso disciplinado que se enfoca en desarrollar productos casi perfectos y consistentes, eliminando las causas de errores y variabilidad en el proceso (Drohomeretski *et al.*, 2014). En muchas organizaciones los pasos de *Six Sigma* se describen como DMAIC: definir, medir, analizar, implementar y controlar.

Por lo tanto, *Lean Six Sigma* se define como una estrategia de negocios y al mismo tiempo una metodología que incrementa el rendimiento del proceso, lo que resulta en mejores resultados y una mayor satisfacción del cliente (Snee, 2010). Es por eso que este proyecto tiene como objetivo desarrollar un plan de soluciones estructuradas mediante la metodología DMAIC de *Lean Six Sigma*, el cual pueda ser aplicado por una empresa de fritura nacional para solventar el problema en la variabilidad del contenido de sodio del producto X. Disminuir la variabilidad en la línea brindaría múltiples beneficios a la empresa, dado que se reducen desperdicios y se mejora el control del proceso. Al obtener un mayor control del proceso, la empresa tendría la posibilidad de aplicar una estrategia de reducción del contenido de sodio en el producto, cumpliendo con los objetivos propuestos por el “*Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021*” y los requerimientos de salud del consumidor.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Desarrollar un plan de soluciones estructuradas para el problema de la variabilidad en el proceso que afecta el contenido de sodio en la línea de proceso de un producto frito con sazonador en polvo, mediante la metodología DMAIC de *Lean Six Sigma*.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual del problema mediante la medición de los parámetros de la línea de proceso y las características sensoriales del producto terminado.
- Establecer las principales causas que generan el problema en la variabilidad en el proceso que afecta el contenido de sodio en el producto, mediante herramientas de análisis y priorización.
- Identificar las soluciones requeridas para la disminución de la variabilidad en el proceso que afecta el contenido de sodio en el producto a través de un proceso de evaluación y escogencia de posibles soluciones.
- Desarrollar una propuesta de implementación de las soluciones identificadas.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Los *snacks* salados

3.1.1 Tendencias en el consumo de *snacks*

Existen múltiples definiciones de lo que es un *snack*, en la literatura, algunas de ellas se refieren a la hora del día de la comida, el tipo de comida, la cantidad consumida, el lugar donde se consume o bien una combinación de estos factores. Para esta investigación, se utilizará la definición propuesta por Hess *et al.* (2016), la cual dice que son "alimentos ricos en energía y pobres en nutrientes, con altos contenidos de sodio, azúcar y/o grasa como respostería, chips salados y bebidas azucaradas". Además, existen muchas formas de clasificar los *snacks*, uno de los más utilizados por los fabricantes se divide en primera, segunda y tercera generación. Los *snacks* de primera generación son todos aquellos productos naturales/convencionales, como por ejemplo nueces, palomitas de maíz y papas tostadas. La segunda generación está conformada por los productos elaborados a partir de un solo ingrediente y una sola forma, como los chips de tortillas de maíz. Por último, la tercera generación son todos los *snacks* compuestos por muchos ingredientes y los formados a partir de *pellets* (Dubey y Bhattacharya, 2014).

Dentro de los *snacks* salados los tipos más comunes son las papas tostadas, tortillas de maíz, extruidos, semillas y palomitas; los cuales se comercializan en distintas formas y con grandes variedades de condimentos. Según Tristán, la composición de las ventas de los tipos de *snacks* salados en orden descendente es la siguiente: chips (24 %), extruidos (24%), semillas (17%), tortillas de maíz tostadas (9%), palomitas (6%), y pretzels (2%) (2012).

El mercado de los *snacks* va en aumento debido a los cambios en el estilo de vida de los consumidores a nivel mundial. Según el estudio de mercado realizado por "Research and Markets", se predice que entre el 2016 y el 2024 el mercado de *snacks* dulces y salados aumentará con una tasa de crecimiento anual de 6,17 % (Grand View Research, 2016). La prevalencia de niños (2-18

años) consumidores de *snacks* en Estados Unidos, aumentó de 74% en los años 1977-1978 a un 98 % en los años 2003-2006; dentro de los cuales los *snacks* salados fueron los que experimentaron un mayor incremento en su consumo en las últimas tres décadas (Piernas y Popkin, 2010).

3.1.2 El sodio en los *snacks* salados y su efecto en la salud

Según Mozaffarian *et al.* (2014), una de cada cinco muertes por enfermedades cardiovasculares se atribuyen al consumo de sodio en exceso. En el caso específico de Latinoamérica y el Caribe la proporción de muertes cardiovasculares asociadas al sodio fue cercana a un 15 %, para el año 2010 (OMS, 2012). El sodio es el principal catión del líquido extracelular y su función fundamental es mantener la presión osmótica del fluido extracelular (Belitz *et al.*, 2009). Este elemento se encuentra mayoritariamente en el plasma (10 %), el líquido intersticial (30 %) y los huesos (40 %) (Michell, 2014); y la cantidad necesaria para una función corporal adecuada es de 0,2-0,5 g/día (OMS, 2012).

El sodio presenta consecuencias sobre las enfermedades cardiovasculares debido a que tiene un efecto sobre la presión arterial, donde un exceso de sodio en la dieta aumenta la presión arterial y por ende la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Chrysant, 2016). Además, su consumo en exceso también puede producir otros efectos nocivos en la salud, un resumen de estos se presenta en el Cuadro I.

Cuadro I. Otros efectos adversos del consumo en exceso de sal.

Efecto Adverso	Fuente
Cáncer de estómago El exceso de sal aumenta la probabilidad de que ocurra la infección de <i>Helicobacter pylori</i> lo cual conduce a cáncer gástrico	Tsugane <i>et al.</i> , 2004
Enfermedades renales El exceso del consumo de sal aumenta la secreción urinaria de proteínas, lo cual aumenta el deterioro de la función renal	Du Cailar <i>et al.</i> , 2002
Osteoporosis Al aumentar la ingesta de sal, se aumenta la absorción intestinal del calcio y la movilización del calcio de los huesos; lo cual genera deficiencias	Devine <i>et al.</i> , 1995

Debido a todos los efectos nocivos a la salud que ocasiona el consumo de sodio en exceso, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta de 2,0 g/día de sodio o 5,0 g/día de sal para los adultos (≥ 16 años); y en el caso de los niños (2-15 años) recomienda reducir el valor de 2,0 g/día de sodio según los requerimientos de energía de cada individuo (OMS, 2012). De igual forma, según Powles *et al.* (2013) el promedio de sodio consumido por un adulto en el 2010 fue de 3,95 g/día, equivalente a 10,06 g/día de sal (asumiendo que la única fuente de sodio es la sal); lo cual sobrepasa casi al doble los valores recomendados por la OMS.

Los *snacks* salados se encuentran dentro de la lista de alimentos con el mayor contenido de sodio, como se muestra en el Cuadro II. Según un estudio realizado por Montero *et al.* (2015), donde se analizaron las marcas de *snacks* más consumidas en Costa Rica divididas en tres tipos (extruidos, fritos y tostados), los *snacks* extruidos tienen un promedio de 1112 mg sodio/100 g, los *snacks* fritos 460 mg sodio/100 g y los *snacks* tostados 699 mg sodio/100g.

Cuadro II. Contenido de sodio aproximado en varios grupos de alimentos (OMS, 2012).

Grupo Alimenticio	Contenido de sodio (mg/100 g)
Sal de mesa, bicarbonato de sodio, polvo de hornear	38 000
Sopas en polvo, caldos deshidratados	20 000
Salsa de soya	7 000
<i>Snacks</i> (ej. palomitas, <i>pretzels</i> , papas tostadas)	1 500
Tocineta	1 500
Salsas y untables	1 200
Queso maduro	800
Vegetales procesados	600
Mantequilla/Margarina	500
Queso fresco	400
Pescado procesados	400
Cereales y productos a base de cereales (ej. pan, cereal de desayuno, repostería)	250
Pescado fresco	100
Huevo	80
Leche	50
Vegetales frescos	10
Frutas frescas	5

Los elevados aumentos en el consumo de *snacks* salados combinado con los altos contenidos de sodio que presentan estos alimentos, tienen un efecto importante sobre el sodio total que los consumidores están ingiriendo y es por

dicha razón que los *snacks* son considerados dentro de las campañas de reducción de sodio. Por ejemplo, en Estados Unidos los niños con edades entre 2-5 años presentan un consumo promedio de 434 mg sodio/día provenientes de *snacks* (Shriver *et al.*, 2018). En países como Australia, Holanda, Dinamarca y Francia el consumo de *snacks* de personas entre 2-18 años y mayores de 19 años aporta un 11-17 % y 6-12 % del valor diario recomendado de sodio, respectivamente (Auestad *et al.*, 2015).

3.1.3 Políticas y esfuerzos para la reducción de sal/sodio en los alimentos

El inicio de la campaña de reducción de sodio en los alimentos comenzó en el 2003, cuando la OMS en conjunto con la FAO realizaron un análisis de todas las causas de enfermedades cardiovasculares y concluyeron que efectivamente el consumo de sodio en exceso tenía un efecto directo sobre dichas enfermedades; por lo que surgió la meta de reducir el consumo de sodio a 2 g diarios (OMS, 2003). Para combatir la morbilidad y mortalidad asociadas a una alimentación poco sana, la OMS elaboró la “*Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud*”. El documento mencionado fue realizado con el fin de impulsar a los Estados miembros a elaborar «políticas, estrategias y planes de acción nacionales para mejorar el régimen alimentario y fomentar la actividad física» (OMS, 2004).

En consecuencia, al llamado de la OMS, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) realizó una declaración política titulada “*Prevención de las Enfermedades Cardiovasculares en las Américas mediante la Reducción de la Ingesta de Sal Alimentaria de Toda la Población*”. Como su nombre lo menciona, el objetivo de la declaración política es lograr una disminución gradual y sostenida del consumo de sodio hasta alcanzar la meta propuesta por la OMS (2,0 g/día) para el 2020; basándose en tres pilares: «reformulación de alimentos y comidas; concientización del consumidor y campañas de educación; y realización de alteraciones ambientales para elegir las opciones saludables más fáciles y accesibles para todas las personas» (OPS, 2009).

En el 2011, Costa Rica se une a estas iniciativas al establecer el “*Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021*”. De acuerdo con el Ministerio de Salud (2011) «Este plan tiene como meta lograr la reducción del consumo de sal y de sodio en la población nacional, y el contenido de sodio en los alimentos para alcanzar progresivamente la recomendación de la OMS (5 g sal o 2 g sodio/persona/día)». Para la elaboración, coordinación y validación del Plan Nacional se conformó un Equipo Conductor Nacional integrado por representantes del Ministerio de Salud y de INCIENSA. Además, para implementar la validación se cuenta con la participación de organizaciones, instituciones y empresas listadas a continuación: ACDYN, CCCR, CACIA, CCSS (Desarrollo de Servicios de Salud), Colegio de Médicos y Cirujanos, CONAPROSAL, INA, ITCR, MEIC, OMS, OPS, PMA Y UNED.

Además de las políticas mencionadas anteriormente, existen diferentes esfuerzos que se están realizando en todo el mundo para combatir la problemática del sodio. Trieu *et al.* (2015) realizaron un estudio con el fin de proporcionar una visión general de las iniciativas que se están llevando a cabo a nivel mundial para la reducción de sal o sodio en los alimentos y descubrieron que existen 75 países donde se ha efectuado una estrategia nacional para la reducción de sal/sodio. De los países mencionados, 33 han implementado acción legal para la declaración obligatoria del contenido de sodio en los empaques y la implementación de impuestos, 12 países han reportado reducciones en la ingesta de sal de la población, 19 han reducido el contenido de sodio en los alimentos y 6 han conseguido mejorar la concientización y la actitud de los consumidores hacia el consumo de sal/sodio.

Estas tendencias de reducción de sodio a nivel global han despertado el interés de las empresas alimentarias costarricenses por comenzar a posicionarse en el mercado como alimentos bajos en sodio. Aun cuando la declaración de “bajo en sodio” no siempre es fácil de alcanzar en algunas categorías de alimentos, las empresas están conscientes de la obligación que tienen por cumplir con el Plan

Nacional establecido, por lo que el desarrollo e implementación de estrategias de reducción de alimentos procesados en Costa Rica va en aumento.

3.1.4 Proceso de elaboración de los *snacks* salados

La elaboración de *snacks* está constituida por tres etapas generales: preparación de la materia prima, cocción y salado o saborización; dependiendo del tipo de snack que se procese estas etapas van a estar compuestas por diferentes operaciones.

- **Preparación de la materia prima:** En esta etapa se preparan las materias primas con el objetivo de obtener la base del snack que cumpla con los criterios de calidad y sensorial establecidos por el productor. Por ejemplo, para *snacks* de primera generación se realizan operaciones como selección, lavado, pelado y rebanado. Por el otro lado, cuando se desean producir *snacks* de la segunda generación se realiza una masa a base de harina, agua y condimentos, mediante operaciones de hidratación, mezclado y calentamiento (Matz, 1984). Además en algunas ocasiones las masas son extruidas para obtener la forma deseada, y a su vez son necesarias las operaciones de hidratación y cocción de la masa. En otras ocasiones se realiza un proceso de extrusión y secado para generar *pellets*, los *pellets* son productos semi-acabados que luego de una cocción se transforman en el producto terminado. Estos son usualmente formulados a partir de una mezcla de almidones y harinas (Dubey y Bhattacharya, 2014).
- **Cocción:** El principal objetivo de esta etapa es la transformación del alimento en un producto con una mejor calidad, dado que se dan cambios deseables en la textura, sabor y color del producto; y a su vez debido a procesos de calentamiento y deshidratación el producto presenta una mayor estabilidad microbiológica. Las operaciones normalmente utilizadas en esta etapa para la preparación de los *snacks* son fritura, horneado y tostado (Berk, 2009).

- **Salado/Saborización:** la saborización y la aplicación de sal se realizan justo a la salida de los freidores u hornos, cuando la base del snack sigue caliente. Las saborizaciones se realizan a partir de sazonadores los cuales se aplican mediante un tambor rotatorio en forma sólida como un polvo fino o en forma líquida como una base oleosa (Seighman, 2001).

3.1.4.1 Operación de fritura

El proceso de fritura se define como «un proceso de cocción y secado mediante la inmersión de un producto en aceite de grado alimentario a temperaturas entre 150-200 °C, donde la humedad del alimento sale en forma de vapor» (Ahmed y Rahman, 2012). La operación involucra una transferencia simultánea de masa y energía, llevada a cabo en cuatro etapas. Comienza con el calentamiento inicial, donde la temperatura superficial del alimento se iguala a la temperatura de ebullición del agua a la presión de trabajo por medio de convección del aceite al alimento y conducción dentro del alimento, sin ocasionar la evaporación de agua. En una segunda etapa, se da la ebullición superficial en la cual se producen burbujas, se comienza a crear la corteza y se provoca un cambio de convección natural a convección forzada. Además, se da un aumento en la crujencia y porosidad del alimento, lo cual permite mayor absorción de aceite. Seguidamente, sale aún más humedad del interior del producto, se aumenta el espesor de la corteza y por ende la velocidad de transferencia de calor disminuye; hasta llegar a la última etapa llamada punto final de burbuja, donde la temperatura de la corteza se iguala a la temperatura del aceite y se detiene la evaporación de agua (Pedreschi y Enrione, 2015).

Existen freidores continuos y por lote, los freidores continuos son los más utilizados en la industria. Estos equipos están conformados por un baño de aceite en el cual se encuentra una banda transportadora para el producto, que permite que este se sumerja en el aceite por un tiempo establecido según su velocidad. El tiempo que pasa el producto sumergido en el aceite se conoce como el tiempo de residencia. El aceite se calienta por sistemas de infrarrojo, convección, gas o electricidad, y su temperatura es controlada a partir de un

sistema de control de temperatura. Además los freidores contienen filtros y reguladores del nivel de aceite automáticos para eliminar residuos indeseables y compensar lo consumido por el producto (Berk, 2009).

En la fritura es importante mantener el control de parámetros como: temperatura del aceite, velocidad de las bandas y flujo de alimentación. Dependiendo de las condiciones de operación, la transferencia de calor va a ser distinta, lo cual afecta la cinética de vaporización del agua, la intensidad del estrés mecánico interno y la cantidad de agua eliminada (Pedreschi y Enrione, 2015). Dichas variables conducen a variaciones en la porosidad y la absorción de agua en el producto terminado, lo cual a su vez influye sobre el contenido de grasa en el producto terminado. Algunos estudios han determinado que al tener un mayor contenido de grasa la adherencia de los sazonzadores en productos fritos aumenta (Enggalhardjo y Narsimhan, 2005). Además, el contenido de grasa superficial y la temperatura del producto luego de la operación de fritura facilitan la adherencia del sazonador, debido a que el aceite funciona como un adhesivo uniendo el saborizante a la base (Ainsworth y Plunkett, 2007).

3.1.4.2 Operación de aplicación del sazonador

La forma más común de aplicar un sazonador es mediante la aplicación en polvo a través de un tambor rotatorio o una banda transportadora. Al trabajar con la banda transportadora el producto es recubierto por el sazonador únicamente por un lado, mientras que con el tambor rotatorio se obtiene un recubrimiento más homogéneo. Los tambores rotatorios se encuentran de forma horizontal inclinado hacia abajo para que el producto fluya de un extremo al otro. Los polvos pueden dispensarse con distintos tipos de distribuidores, los cuales suelen utilizar la gravedad. Existen diseños como el tubo con tornillo giratorio, el cual contiene agujeros a lo largo del tubo por los cuales el sazonador cae en forma de cortina en todo el largo del tambor. Otro dispositivo de alimentación, comúnmente utilizado para sal, es el dispensador de rollo el cual consiste de dos rodillos ranurados que dejan pasar el polvo por los surcos entre los rodillos hacia la cama de producto. Los dispensadores neumáticos son otro tipo menos

común, en el cual a través de aire comprimido flota el sazonador a través del producto (Barringer, 2013).

Los sazonadores en polvo requieren que la base frita contenga suficiente aceite a nivel superficial para lograr la adhesión adecuada. Cuando los *snacks* son muy secos se suelen saborizar con un sazonador en base oleosa llamado “*slurry*”, el cual se rocía con aspersores a través de todo el tambor (Hall, 2012). En la aplicación de sazonadores en polvo se deben controlar variables del proceso y las materias primas para evitar problemas que afecten la calidad del producto final, como por ejemplo, la cohesividad y adhesión del sazonador. Cuando los sazonadores son muy cohesivos están expuestos a dispensarse de forma menos homogénea dado que el flujo de alimentación y el recubrimiento de la base tienden a tener mayor variación. Además, una adhesión ineficiente en el producto genera pérdida del sazonador durante la aplicación y en el empaque, lo que provoca cambios en el sabor y la composición del producto final (Barringer, 2013).

Los sazonadores están compuestos por diversos ingredientes utilizados para obtener el perfil sensorial y las características de apariencia. En el Cuadro III, se listan los diferentes tipos de ingredientes y su función.

Cuadro III. Distintos tipos de ingredientes utilizados en la formulación de un sazonador para *snacks* salados (Seighman, 2001).

Ingrediente	Función	Ejemplos
Sal	Potenciador de los demás sabores.	Sal fina, sal granulada* ¹
Rellenos	Ayudar a ajustar el porcentaje de aplicación del sazonador asegurando la cobertura e intensidad de sabor deseada.	Maltodextrina, harina de trigo o maíz, suero
Polvos lácteos	Aportar sensación en boca y sabor. Mantener la sensación por mayor tiempo gracias al alto contenido de grasa.	Queso, crema ácida o mantequilla en polvo
Vegetales en polvo	Prolongar la experiencia del sabor, dado que se solubilizan más lentamente y por ende se perciben luego del sabor inicial.	Cebolla deshidratada, ajo deshidratado, chile deshidratado
Espicias	Aportar sabor y apariencia buscada según la descripción del perfil. Los extractos aceleran la liberación del sabor	Pimienta, chile, albahaca, orégano, romero, canela, etc.* ²
Sabores compuestos	Aportar el sabor principal, debido a la tecnología de preparación se mantienen estables por más tiempo.	Naturales y artificiales, artificiales
Potenciadores de sabor	Aumentar los sabores por la presencia de nucleótidos en su composición.	GMS, levaduras, proteína vegetal

Cuadro III (Continuación). Distintos tipos de ingredientes utilizados en la formulación de un sazonador para *snacks* salados (Seighman, 2001).

Ingrediente	Función	Ejemplos
Endulzantes	Aportar dulzor deseado según el sabor principal.	Azúcar, melazas, dextrosa, fructosa
Ácidos	Aportar ácido deseado para redondear sabores.	Cítrico, láctico, málico, acético
Colores	Brindar color estable.	Amarillo 5, rojo 40, azul 1, anato, etc
Ayudantes de proceso	Mejorar la adhesión de ingredientes hidrofílicos Evitar segregación. Agentes antiapelmazantes	Aceite vegetal, dióxido de silicio
Antioxidantes	Preservar el producto	Vitamina E, BHT, tocoferoles, BHA.

*1 Cuando se utiliza la sal como único ingrediente.

*2 Molidos, enteros o en extracto.

3.2 Análisis sensorial de los alimentos

La evaluación sensorial se define como «un método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los alimentos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y la audición» (Lawless y Heymann, 1998). Los análisis sensoriales se pueden dividir en dos categorías, la objetiva y la subjetiva. En los métodos objetivos un grupo de panelistas entrenados evalúa los atributos de un producto, mientras que en el método subjetivo los atributos se miden a través de las reacciones de los consumidores

al probar el producto (Kemp *et al.*, 2011). Existen distintos tipos de pruebas sensoriales las cuales varían según el objetivo de la prueba; dichas pruebas se dividen en los siguientes grupos: Pruebas de discriminación, pruebas descriptivas y pruebas de aceptación.

Las evaluaciones sensoriales se realizan en espacios especiales, los cuales son tranquilos, sin ruido ni olores, donde los jueces evalúan las muestras por separado sin compartir pensamientos entre sí. Además, las muestras presentadas a los evaluadores deben realizarse y alistarse siguiendo el mismo procedimiento. Dos factores críticos en la elaboración de un panel son el uso de muestras codificadas, con números aleatorios para evitar parcialidad, y un orden de presentación aleatorio para evitar obtener alguna tendencia debido a un orden específico (Lawless y Heymann, 1998).

3.2.1 Pruebas de discriminación

Las pruebas de discriminación se utilizan para indagar si existen diferencias perceptibles por los consumidores entre dos muestras, por ejemplo entre un producto estándar y su reformulación (Lawless y Heymann, 1998). Estas pruebas pueden categorizarse en dos tipos: direccionadas o no direccionadas. La diferencia entre estas consiste en especificar (direccionadas), o no (no direccionadas), en las instrucciones de la prueba la naturaleza de la diferencia. Las pruebas direccionadas tienen una mayor sensibilidad pero, en casos donde no se conoce con exactitud la naturaleza de la diferencia se utilizan las pruebas no direccionadas (Rousseau, 2015).

En las pruebas de diferenciación existen dos tipos de errores, el error tipo I y el error tipo II. El error tipo I se basa en rechazar la hipótesis nula cuando es correcta, lo cual significa que se concluye que las muestras son diferentes cuando en realidad no lo son. Dicho error puede minimizarse al reducir el nivel de significancia (α) de la prueba. Por el otro lado, el error tipo II se basa en aceptar la hipótesis nula cuando era falsa, o en otras palabras decir que las muestras son iguales cuando no lo son. Este error puede minimizarse al reducir

el β de la prueba (Kemp *et al.*, 2011). Por lo tanto, para la definición del número de panelistas necesarios en una prueba se utilizan los valores de α y β , además del valor de d' . El d' es una constante que permite evaluar el grado de similitud entre dos muestras, el cual corresponde a la distancia entre dos medias medidas en términos de la desviación estándar de la distribución (Rousseau, 2015).

Existen varios tipos de pruebas de discriminación, descritas a continuación (Lawless y Heymann, 1998; Nollet, 2004):

- **Triángulo:** La prueba de triángulo es una prueba no direccionada, en la cual se presentan tres muestras simultáneamente, dos de ellas son iguales y la otra es diferente. Se les pide a los jueces que seleccionen la diferente, y luego se analizan los resultados mediante un análisis binomial. La probabilidad de elegir la diferente cuando en realidad no hay diferencias perceptibles es de $1/3$.
- **Dúo-Trío:** En la prueba de dúo-trío también se presentan tres muestras, donde dos de las muestras son codificadas y la otra es de referencia. Se le solicita a los panelistas que indiquen cuál de las dos muestras es igual a la de referencia, por lo que también se trata de una prueba no direccionada. Los resultados son analizados por pruebas binomiales, pero dicha prueba es menos eficiente que la prueba de triángulo dado que la oportunidad de elegir la correcta de forma al azar es de $1/2$.
- **Tétrada:** La prueba tétrada también es una prueba no direccionada en la cual se le presentan a los panelistas cuatro muestras, dos grupos de dos muestras idénticas. Se les instruye que agrupen las muestras en dos pares según su similitud. Al igual que la prueba de triángulo, esta prueba tiene una probabilidad de $1/3$; pero presenta una mayor sensibilidad para detectar diferencias y además se requiere un menor tamaño de muestra por lo que es la prueba más recomendada.

- **Pruebas alternativas de elección forzada (n-AFC):** En estas pruebas se les presenta un número n de muestras a los panelistas y se les pide que elijan cual de todas las muestras presenta la intensidad más alta de un atributo específico; por lo tanto estas son pruebas direccionadas y presentan una probabilidad de $1/n$. Normalmente las más utilizadas son la prueba 2-AFC y 3-AFC. Se recomienda utilizar estas muestras cuando se conoce el atributo por el cual difieren dado que son pruebas más eficientes y sensibles.

Para el análisis estadístico de las pruebas de discriminación se pueden utilizar tres tipos: distribución binomial, chi cuadrado o distribución normal. El análisis binomial permite determinar si el resultado obtenido se debió a una casualidad o bien si en realidad los panelistas percibieron una diferencia a partir del cálculo de una probabilidad. Roessler *et al.* (1978), publicaron una serie de tablas binomiales para los diferentes tipos de pruebas discriminatorias; con las cuales se determina el número de panelistas necesarios para concluir que existe una diferencia significativa para una probabilidad y número de muestra (jueces) específica. En el caso de la prueba de chi cuadrado se calcula una frecuencia (x^2) con el número de respuestas correctas e incorrectas y una probabilidad; dicha frecuencia se compara con la frecuencia esperada (hipótesis). Por último, en la prueba de distribución normal se utiliza la probabilidad debajo del área de la curva normal para determinar un factor Z y así estimar la probabilidad de que el resultado se haya debido al azar. Este factor Z se compara con un factor Z crítico (teórico), determinado a través de tablas.

3.2.2 Pruebas de umbrales

La teoría de umbrales es definida por la ASTM como «el rango de concentración, donde por debajo de dichas concentraciones los aromas y sabores de una sustancia no serán detectables bajo ninguna circunstancia práctica, y por encima del rango los individuos con sentidos normales de gusto y olfato detectarían fácilmente la presencia de la sustancia» (ASTM International,

2011). A nivel práctico se establece el umbral como el nivel al cual se logra la detección de la sustancia el 50% de las veces.

La teoría de umbrales se utiliza en ejemplos como la determinación de las concentraciones de sustancias químicas para reemplazar aromas naturales, la determinación del umbral de sabores desagradables en productos y la determinación de la sensibilidad de panelistas en la detección de ingredientes claves. Los autores le atribuyen una baja reproducibilidad al método dado que existe una variabilidad de percepción en un mismo individuo debido a variaciones en su sistema nervioso y diferencias fisiológicas (Meilgaard *et al.*, 2006). Los resultados de los umbrales se obtienen a partir de una curva psicofísica de la respuesta sensorial a un estímulo en función de la concentración de dicho estímulo (Figura 1). Hoy en día, se sabe que la relación entre aumento del estímulo y la percepción no es lineal y varía entre individuos, por lo que la definición del umbral representa sólo un punto en la curva de una función psicofísica (Lawless y Heymann, 2010).

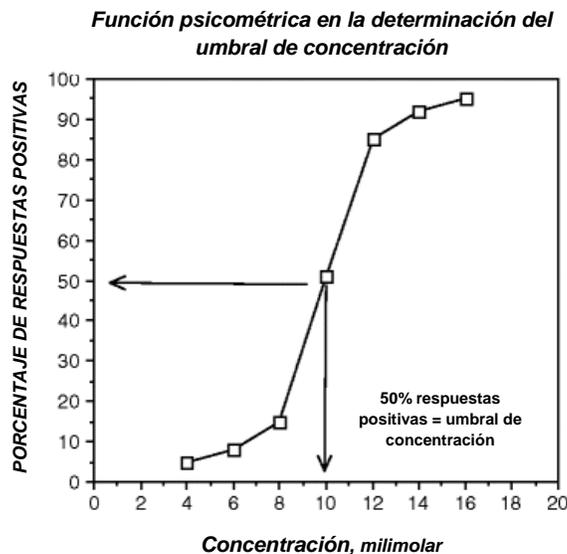


Figura 1. Curva psicofísica para la determinación del umbral de un estímulo (Lawless y Heymann, 2010).

Los umbrales se pueden clasificar en las categorías listadas a continuación: detección, reconocimiento, diferencia y terminal. El umbral de detección, o el

umbral absoluto, es el estímulo más leve capaz de producir una sensación. El umbral de reconocimiento es el nivel específico de un estímulo requerido para que este pueda ser reconocido e identificado, por lo que este umbral es mayor al umbral de detección. El umbral de diferencia se define como el cambio requerido de un estímulo para producir una diferencia detectable, este grado de cambio se cuantifica con el valor DAP (Diferencia apenas perceptible) o JND por sus siglas en inglés. El JND determina el incremento de concentración de un estímulo requerido para ocasionar un cambio en la sensación. Por último, el umbral terminal es la concentración sobre la cual no se percibe un incremento en el estímulo sensorial (Clark *et al.*, 2008).

Normalmente a nivel práctico se determina el umbral de diferencia mediante el método del estímulo constante. En este método se presentan una serie de muestras con un estímulo de concentración constante (estímulo estándar) comparado contra una serie de muestras de concentración variable (estímulo de comparación) por encima y por debajo del nivel del estímulo constante. Las muestras se colocan en pares y mediante pruebas de comparación pareada se le indica a los panelistas que seleccionen la muestra de cada par que presenta el estímulo más intenso.

A partir de la comparación pareada se realiza la curva psicofísica (frecuencia en que estímulo variable fue juzgado más intenso que el estándar versus la concentración del estímulo variable) y se determina el JND como la concentración del estímulo en el cual el 75 % (o 25 %) de los panelistas juzgan la intensidad como mayor a la del estándar. Se dice que es un 25 % de la frecuencia dado que por debajo del umbral absoluto (50 %) la probabilidad de acertar se debe al azar, por lo tanto se utiliza el 50 % como base cero.

Al calcular el JND se considera un intervalo de incertidumbre (II), el cual se calcula a partir de la probabilidad de acertar de la prueba. En este caso al utilizar la prueba de comparación pareada se tiene un $p = \frac{1}{2}$, por lo que el intervalo de incertidumbre se define como la diferencia entre la mitad arriba y abajo del 25 % de frecuencia. Por último el II se divide entre dos para obtener el umbral de

diferencia (JND) (McBurney y Collings, 1977). Con el valor de JND se puede llevar a cabo una reducción de dicho grado en el producto de interés, y esta no será percibida por el consumidor.

3.2.3 Pruebas de aceptación

La información sobre los gustos, aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad se pueden obtener mediante las pruebas sensoriales llamadas pruebas orientadas al consumidor. Dentro de las pruebas al consumidor, se encuentran las pruebas cuantitativas de preferencia y de aceptación; las cuales permiten traducir los gustos de una persona en atributos de un alimento (Sharif *et al.*, 2017). Cuando se desea determinar si un producto es gustado por los consumidores, se utilizan las pruebas de aceptación. Para esta prueba, los consumidores evalúan un producto mediante el uso de escalas hedónicas. La escala hedónica más utilizada es la escala de nueve puntos donde se le pide a los panelistas que evalúen las muestras en una escala que va desde “me disgusta extremadamente” hasta “me gusta extremadamente” (Ramírez, 2012).

Un tipo de prueba de aceptación utilizada cuando se desea evaluar un atributo específico es la prueba de Justo-Correcto (JAR), en la cual se utiliza una escala que combina los fundamentos hedónicos y la intensidad de un producto. La escala utilizada es de categorías y presenta dos extremos opuestos y un punto central, donde las categorías de los extremos se rotulan como “Muy Poco” y “Mucho” y el punto central como “Ideal”. Su uso consiste en que el juez determine cuanto menos o más de lo ideal tiene este producto para un atributo dado (Meilgaard *et al.*, 2007).

La prueba de Justo-Correcto presenta la limitante de que deber de realizarse utilizando atributos específicos y sencillos para que todos los consumidores presenten un consenso en la comprensión del atributo. Además, es importante presentarle a los consumidores instrucciones claras para que evalúen el agrado o desagrado de cierto producto según el atributo y no la intensidad de dicho atributo (Lawless y Heymann, 2010).

Debido a que este tipo de prueba se basa en una escala hedónica, se utiliza un análisis de resultados no paramétrico; en el cual se grafican los resultados como un histograma (Figura 2). A partir del histograma se analiza la simetría del gráfico y la frecuencia con la cual se eligió la categoría de ideal. Para concluir si cierta intensidad de un atributo fue evaluado como el ideal por los consumidores el histograma debe mostrar simetría, presentar bajas frecuencias en los extremos y una alta frecuencia en el punto central (cercano al 80 %) (Lawless y Heymann, 2010).

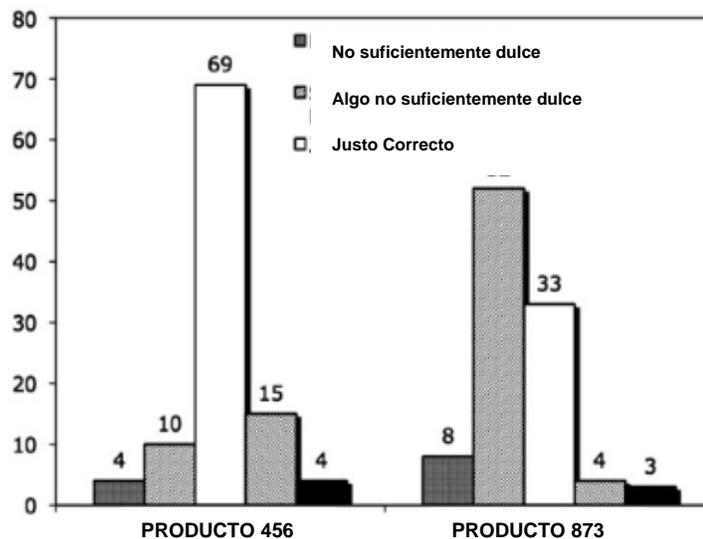


Figura 2. Ejemplo de histograma de la prueba Justo-Correcto (Lawless y Heymann, 2010).

3.3 Estrategia *Lean Six Sigma*

La industria maneja dos términos claves para la mejora continua de los procesos, los cuales son: calidad y productividad. La calidad es definida por la ISO 9001, como «el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos preestablecidos» (Hoyle, 2015). Por el otro lado, la productividad se define como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla (Lopez, 2013). Según Gutiérrez y de la Vara, la calidad y productividad están

directamente relacionadas ya que al mejorar la calidad también se disminuyen los costos por reprocesos, fallos, retrasos y devoluciones, lo cual genera una mejor utilización de los materiales y recursos (2009). Además, según dichos autores, el éxito de las empresas está ligado a la felicidad del consumidor, la cual se basa en: la calidad en el producto, el precio y la calidad en el servicio de un producto específico; por lo que la mejora continua es un punto clave y es por eso que se han desarrollado múltiples herramientas para su aplicación.

Six Sigma es una estrategia de mejora continua que busca optimizar el desempeño de los procesos y reducir la variabilidad, tomando como referencia tres áreas prioritarias: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. El objetivo de esta estrategia es obtener una calidad 6 sigma, lo cual significa diseñar productos y procesos donde la variación de los parámetros de calidad sea tan pequeña que la campana de distribución quepa dos veces dentro de las especificaciones (Gutiérrez y de la Vara, 2009). Según Snee (1991), algunas razones por las cuales *Six Sigma* es eficiente son: el impacto financiero, el involucramiento de la gerencia, el uso de un enfoque disciplinado, tiempos cortos para terminar procesos, medidas de éxito bien definidas, enfoque en los clientes y el proceso, y uso de un enfoque estadístico. Un proyecto *Six Sigma* está formado por el ciclo DMAIC, el cual consta de las siguientes etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

La metodología de *Lean* o proceso esbelto se enfoca en incrementar la velocidad de los procesos por medio de la eliminación de actividades que generan desperdicio; como sobreproducción, esperas, transporte, sobre procesamiento, inventarios, movimientos y retrabajos (Gutierrez, 2014). Se utilizan herramientas para analizar el flujo de proceso, sus restricciones y los tiempos de espera, dado que los dos puntos clave en esta estrategia son el tiempo y el flujo. Tanto la estrategia de *Six Sigma* como la estrategia de *Lean* tienen como objetivo mejorar el proceso, por lo que se creó una metodología *Lean Six Sigma* para obtener «un proceso riguroso de selección y gestión de

proyectos, donde se da entrenamiento, seguimiento y revisión de proyectos, se comunican resultados y se da reconocimiento y recompensas» (Gutiérrez y de la Vara, 2013).

3.3.1 Definir

El objetivo principal de esta primera etapa es definir problemas y métricas, establecer cómo afecta dicho problema al cliente y los beneficios esperados del proyecto. Es importante definir correctamente el problema ya que, a partir de él se concretan los objetivos para el análisis y la búsqueda de oportunidades de mejora. Además, una correcta definición del problema garantiza la solución por completo o en su mayoría; mientras que una mala definición únicamente llevará a un gasto en los recursos y el tiempo (Shankar, 2009).

Para la definición del problema es importante plantear adecuadamente el *Qué* (qué producto, qué defecto), *Quién* (quién se queja, quién se afecta), *Dónde* (dónde en el producto, dónde en la fábrica), *Cuándo* (cuándo comenzó, cuándo en el proceso) y *Cuánto* (cuántos productos, tendencia). Una herramienta que facilita el planteamiento del problema es el diagrama SIPOC (Figura 3). El nombre diagrama SIPOC proviene de las siglas en inglés: *Suppliers* (proveedores), *Inputs* (entradas), *Process* (proceso), *Outputs* (salidas) y *Customers* (clientes). Su objetivo es brindar un amplio panorama del proceso, ya que como lo explica el nombre se organiza la información acerca de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (Shankar, 2009).

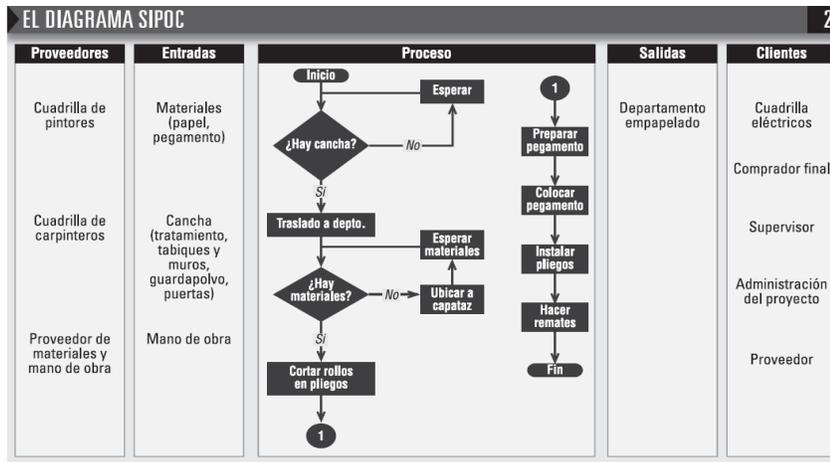


Figura 3. Ejemplo de Diagrama SIPOC para el proceso del servicio empapelado de paredes de una empresa (Serpell, 2010).

3.3.2 Medir

Esta segunda fase, se realiza para tener un mejor entendimiento del proceso, validar las métricas definidas, verificar que pueden ser medidas y determinar la situación actual. Para ello, se desarrolla un plan de recolección de datos que permite recopilar información sobre las entradas, el proceso y las salidas. Las mediciones utilizadas pueden ser realizadas en el momento que se comienza la estrategia *Six Sigma* o bien utilizar las existentes de la empresa; con ellas se procede a determinar cuáles podrían ser las posibles oportunidades de mejora. Con los datos recolectados, se realizan pruebas de hipótesis y análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre ellos. Además, se utilizan herramientas como los diagramas de correlación y gráficos de control para plasmar la situación actual (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

En los diagramas de correlación se grafica una variable medida versus otra variable, para identificar si existe una relación entre las características y así determinar las causas de las fallas (Shankar, 2009). Existen distintos tipos de relaciones: positivas, negativas, intensas y débiles. Los gráficos de control estadístico de procesos (SPC) son usados para mostrarnos los datos y entender la variación del proceso que está siendo analizado a través del tiempo. En ellos se grafican los resultados de una variable y los límites de control para analizar si

hay datos por fuera de ellos. Con el análisis de esta información se podría distinguir si las variaciones del proceso se deben a causas comunes o causas especiales (Serpell, 2010).

3.3.3 Analizar

En esta tercera fase, el objetivo es analizar los datos recolectados identificando fuentes de variación con el fin de establecer la causa raíz del problema y las oportunidades de mejora. Para esta etapa se suelen utilizar herramientas para la evaluación de las 6 M's, mediante encuestas, entrevistas y observación del proceso. Las 6 M's se refiere a Mano de obra, Material, Máquina, Método, Medición y administración (*Management*), donde se evalúan aspectos como (Shankar, 2009):

- **Mano de obra:** conocimiento, entrenamiento, habilidad, capacidad, comportamiento, motivación.
- **Material:** variabilidad, cambios, proveedores.
- **Máquina:** capacidad, condiciones de operación, mantenimiento, ajustes.
- **Método:** definición de operaciones, estandarización, procedimientos, controles, registros.
- **Medición:** instrumentos, repetibilidad, reproducibilidad, calibración, definición, seguimiento.
- **Administración:** principios de la empresa, decisiones estratégicas u operativas

Seguidamente, se utilizan herramientas como los diagramas de causa y efecto y el diagrama de Pareto para llegar a la causa principal del problema. En el diagrama de causa y efecto, también llamado diagrama de Ishikawa, se grafican las causas potenciales al problema divididas en categorías para tener un análisis estructurado; generalmente las categorías se componen por las 6 M's. Para la realización del gráfico, primeramente debe realizarse una lluvia de ideas o

3.3.4 Mejorar y controlar

En esta etapa se tiene como objetivo proponer e implementar las soluciones que ayuden a eliminar la causa raíz o reducir los problemas que se están trabajando a través de un plan de mejoramiento (Gutiérrez y de la Vara, 2009). Según Okes (2009), existen soluciones menores, intermedias y mayores. En las soluciones menores se realizan entrenamientos, advertencias y/o implementación de puntos de control. Mientras que, una solución intermedia es cuando se implementan ayudas en el proceso reduciendo artículos similares y/o distracciones. En el caso de las soluciones mayores, estas se refieren a cambios físicos en el entorno o proceso.

El primer paso para la mejora es la realización de una lluvia de ideas con todas las posibles soluciones a las causas principales encontradas. Seguidamente se eligen las soluciones, para ello se considera quién debe tomar la decisión y cuáles criterios deben considerarse. La escogencia de las soluciones puede ser autónoma, consultativa o de consenso. En una decisión autónoma el individuo o grupo toma una decisión según el conocimiento que presenta; mientras que en la consultativa la decisión se toma luego de haber consultado información a otros con conocimiento acerca del proceso; por último, cuando el individuo o grupo toma la decisión en conjunto con otras partes con conocimiento y responsabilidades sobre el cambio se conoce como una decisión por consenso (Okes, 2009).

Algunos criterios importantes para la priorización de las soluciones son las potenciales ganancias a nivel técnico, costo/beneficio, tiempo y como se ajusta con la organización de la empresa. Existen varias herramientas que pueden utilizarse para facilitar la selección de las soluciones, por ejemplo: la matriz de pago y la tabla de decisión. La matriz de pago es una matriz simple 2x2, donde en el eje X se colocan los efectos de la solución y en el eje Y las recompensas; si una solución requiere poco esfuerzo y se obtiene una gran recompensa sin duda se elige, mientras que si una solución requiere un gran esfuerzo con una recompensa mínima es mejor no seleccionarla.

La tabla de decisión, es una opción más detallada donde se colocan los criterios específicos que se desean evaluar para la selección (Figura 6). A cada criterio se le designa un peso según su importancia y se evalúan las soluciones dándole una puntuación utilizando una escala lineal de 1 a 5 o de 1 a 10. Por último, se suma la puntuación y se pondera con el peso de cada criterio para elegir las soluciones con mejor puntaje (Okes, 2009).

Criterios de elección y peso-importancia de cada criterio							
Solución	Más facilidad 0.2	Más rapidez 1.25	Mejor tecnología 0.4	Alto impacto 1.75	Opinión de cliente 0.8	Menos costo 0.8	Suma de peso x rango
A	4	3	1	2	1	3	11.65
B	1	4	2	1	2	4	12.55
C	2	1	3	4	4	2	14.65
D	3	2	4	3	3	1	13.15

Figura 6. Ejemplo de una matriz de decisión para seleccionar la mejor solución (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

Al seleccionar las soluciones que se deben realizar de forma prioritaria, se utilizan herramientas como los diagramas de Gantt y actas de proyecto para presentar de forma visual los pasos a seguir. Para cada solución se comienza un proyecto. El acta del proyecto se realiza para cada una de las soluciones seleccionadas con el objetivo de documentar la justificación, definición del problema u oportunidad, patrocinadores, gestores, miembros del equipo, duración, alcance, meta, costo aproximado y productos esperados (PMI, 2008). El diagrama de Gantt se utiliza para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado, realizando un calendario general del proyecto. En dicho diagrama se observan de forma gráfica las tareas, duración y secuencia dado que su principal objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para cada actividad (Salvendy, 2001).

Luego de que las mejoras son implementadas la siguiente fase consiste en controlar los procesos para asegurar que los defectos se hayan eliminado o se encuentren bajo control. El objetivo principal de esta etapa es documentar,

monitorear y asignar personas encargadas para mantener las ganancias obtenidas al implementar las mejoras en el proceso. La importancia de esta etapa radica en garantizar el éxito del proceso *Six Sigma* implementado. Gutiérrez y de la Vara (2013) indican que la importancia del sistema de control es «prevenir que los problemas que tenía el proceso se vuelvan a repetir, impedir que las oportunidades que mejora implementadas se olviden, mantener el desempeño del proceso y alentar a la mejr continua».

En muchas ocasiones, a lo largo de los proyectos de Lean Six Sigma se utiliza la herramienta llamada Reporte A3, la cual consiste en una plantilla donde se sintetiza toda la información del trabajo en una hoja tamaño A3 (Figura 7). Su función radica en proveer organización a los proyectos de solución estructurada de problemas y documentar todo el aprendizaje, decisiones y planeamiento involucrado en el proyecto de una forma visual utilizando gráficos, cuadros y figuras (Sobek, 2018).

Dicho informe está compuesto por la siguiente información: tema del proyecto, antecedentes, situación actual, análisis de causas, plan de implementación y seguimiento y control de las soluciones. En el tema y antecedentes se realiza una breve descripción del problema, y se indica cual es la importancia de su solución. En la situación actual del proyecto se incorpora información visual que evidencian posibles factores relacionado al problema. Mientras que en el análisis de causas se muestra el análisis realizado para determinar la causa raíz. Luego, en la etapa de implementación viene la recomendación o soluciones a realizar y se describen las tareas específicas, fechas, duración y responsables. Por último, se presentan las tareas pos-implementación y cuadros de resultados del progreso luego de implementado (Gutierrez, 2014).

Área de Proyecto:		Responsable:	
DEFINIR & MEDIR	Antecedentes	Condición meta	MEJORAR <small>(improve sig. inglés)</small>
	Impacto en el Negocio/ Declaración del Problema	Estado Ideal	
ANALIZAR	Condición actual: Qué & Porqué? Por qué? Por qué?	Plan / Implementación / Controles	CONTROLAR

Mes día, año

Figura 7. Ejemplo de Reporte A3 (Fuente: Elaboración propia).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Localización del proyecto

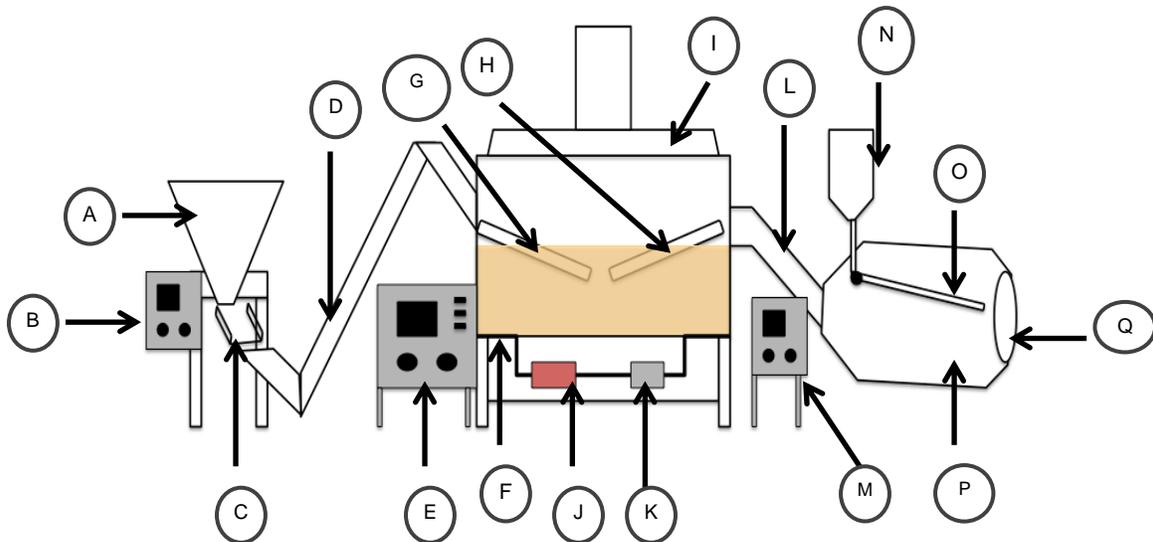
El proyecto se realizó en la empresa Y, en Llano Grande, Cartago y en la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, en San Pedro de Montes de Oca, San José. La medición de los parámetros de producción se realizó en la empresa Y. En el Laboratorio de Química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) se realizaron los análisis físico-químicos; mientras que los análisis de funcionalidad de la materia prima se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química ubicado en la Escuela de Tecnología de Alimentos, en la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica. Además, las pruebas sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial ubicado en la misma Escuela.

4.2 Materias primas

Para el proyecto se trabajó con el producto llamado por la empresa Y como "X". Las materias primas utilizadas para el desarrollo de este producto consisten de la base extruida y el sazónador en polvo. La base extruida son *pellets* de harina de trigo, los cuales son importados y posteriormente freídos en la empresa. Según la especificación del proveedor estos contienen entre un 1,0 a 1,5 g de sodio/100 g producto. Por el otro lado, el sazónador en polvo es formulado y manufacturado por otro proveedor nacional, el cual viene en una presentación en polvo y se aplica directamente a la base frita, sin necesidad de ninguna preparación previa. Dicho sazónador contiene entre 6,9 y 8,5 g de sodio/100 g producto, según lo especificado por el proveedor.

4.3 Equipo utilizado en el procesamiento

Para el desarrollo del proyecto se utilizó una de las líneas de producción de la empresa; la cual consiste de un equipo continuo donde se realiza la dosificación de los *pellets*, seguido de la fritura y por último la aplicación del sazonador. En la Figura 8 se observa un esquema del equipo.



- | | | |
|--|--|--|
| A. Tolva de dosificación de <i>pellets</i> | G. Banda de entrada al tanque de fritura | M. Panel de control de aplicación sazonador |
| B. Panel de control de alimentación | H. Banda de salida del tanque de fritura | N. Tolva de dosificación de sazonador |
| C. Bandeja de alimentación | I. Extractor de vapor | O. Aspersor horizontal de tornillo giratorio |
| D. Banda de transporte 1 | J. Intercambiador de calor | P. Tambor giratorio |
| E. Panel de control del freidor | K. Filtro de aceite | Q. Salida de producto |
| F. Tanque de fritura | L. Banda de transporte 2 | |

Figura 8. Diagrama esquemático de la línea de proceso utilizada para la elaboración del producto X en la empresa Y.

Como se observa en el esquema, primero se dosifican los *pellets* al freidor para obtener la base del producto con la textura deseada, por expansión del *pellet* extruido. La dosificación de los *pellets* consiste en una tolva que por medio de vibración alimenta los *pellets* a una banda transportadora hasta el equipo de

fritura; dicha tolva presenta un panel de control donde se puede regular la intensidad de la vibración y por ende el flujo de alimentación. Para la fritura se utiliza un freidor continuo, que presenta una banda transportadora de entrada y una banda transportadora de salida, las cuales se regulan desde el panel de control para definir el tiempo de residencia del producto sumergido en el aceite. Además, mediante el panel de control se regula la temperatura de entrada y salida del aceite en el freidor. La aplicación del sazónador se realiza mediante el tambor horizontal rotatorio, el cual permite modificar la velocidad de rotación según lo requerido. El sazónador es dosificado en una tolva con un tornillo sin fin, que produce una cortina continua de sazónador a lo largo del tambor; la cantidad dosificada está dada por la velocidad del tornillo sin fin, regulada desde el panel de control.

4.4 Pruebas definitivas

4.4.1 Definición del problema

Debido al interés de la empresa de comenzar a implementar estrategias de reducción de sodio en sus productos, se evaluó el contenido de sodio en el producto terminado de cinco producciones entre los meses de mayo y junio para determinar si existía variabilidad en el proceso. Para cada producción se tomaron tres muestras en tres tiempos distintos: el inicio, medio y fin de la producción y se analizó el contenido de sodio en el producto según la metodología descrita en el apartado 4.5.

El problema encontrado en la línea de proceso del producto X fue la variabilidad en el contenido de sodio. Con el fin de visualizar la variabilidad encontrada, se elaboró un gráfico de control con los valores del contenido de sodio en el producto terminado. Debido a que la empresa no lleva gráficos de control, se realizó un gráfico inicial utilizando las especificaciones declaradas en la etiqueta nutricional de los envases. Como límite central se utilizó el valor declarado en la información nutricional (1,41 g/100 g) y para determinar los límites críticos se utilizó un 3σ (fórmula 1), utilizando una desviación estándar de 20 %, dado que

es la desviación máxima aceptada por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) de etiquetado nutricional (RTCA, 2011).

$$LCS = \bar{X} + 3\sigma$$

$$LCI = \bar{X} - 3\sigma \quad (1)$$

Donde:

LCS: Límite crítico superior

LCI: Límite crítico inferior

\bar{X} : Promedio

σ : Desviación estándar

Seguidamente, se desarrolló un diagrama SIPOC con el cual se determinaron los parámetros a analizar en la evaluación de la situación actual, las partes del proceso donde existe variabilidad y los recursos afectados.

4.4.2 Evaluación de la situación actual del problema mediante la medición de los parámetros de la línea de proceso

Evaluación de la variabilidad en el proceso de producción

Se analizaron las condiciones de proceso de ambas operaciones con el fin de determinar la variabilidad que existe entre lotes y en un mismo lote de producción. La medición de las condiciones de proceso se realizó para cinco lotes, en tres tiempos de la producción: inicio, medio y fin (los cuales se establecieron según el volumen de producción de cada lote analizado). Para la operación de fritura y la aplicación del sazónador se midieron los siguientes parámetros:

- Cantidad de producción

Para cada lote de producción acompañado se registró la cantidad de producto terminado obtenido, reportándose en unidades de kilogramos.

- Operario a cargo

Para cada lote de producción acompañado se registró el nombre del operador que realizaba dicha producción.

- Temperatura del aceite a la entrada y la salida del freidor

La temperatura del aceite es registrada por el equipo en el panel de control, por lo tanto, se tomó una única medición de la temperatura de entrada y salida registradas en el panel de control (Figura 8, parte e) para cada tiempo. Dichos resultados se reportan en °C.

- Tiempo de residencia

Para la medición se tomó una masa de 50 g de los *pellets* que se tiñeron con colorante negro de grado alimentario. Luego se midió, utilizando un cronómetro, el tiempo que duraba los *pellets* teñidos desde que ingresaban al freidor hasta que salían. El tiempo de residencia se reporta como un tiempo en segundos y se realizó una única medición para cada tiempo en cada lote, debido a que implica una pérdida de producto para la empresa y se desea minimizar.

- Flujo de alimentación

Para la medición del flujo de alimentación se colocó una bandeja en el área de alimentación de los *pellets* (Figura 8, parte c), los cuales se recolectaron por un minuto con el fin de determinar la masa de *pellets* que se alimentan en un tiempo dado, utilizando una balanza granataria y un cronómetro; dicha medición se realizó por triplicado. A partir de las mediciones realizadas se reporta el flujo de alimentación como un promedio en kg/s.

- Humedad ambiental

La humedad ambiental se determinó utilizando un higrómetro digital, el cual se colocó cerca de la línea de proceso. El resultado se reporta como un porcentaje, y se tomó una única medición para cada tiempo.

- Temperatura del producto antes de la aplicación de sazónador

Para la determinación de la temperatura del producto se utilizó un termómetro infrarrojo marca *EXTECH Instruments* y modelo *Min IR Thermometer 42500*, con el cual se midió la temperatura de la base frita en cinco puntos horizontales justo a la salida del freidor (Figura 8, parte l). Los resultados se reportan como un promedio en grados Celsius.

- Velocidad del tambor

La velocidad del tambor influye sobre la homogeneidad de la distribución del sazónador en la base frita. Para la determinación de la velocidad del tambor se colocó una marca visible en el centro del equipo y con el uso de un cronómetro se contó el tiempo que duraba en realizar una revolución, con el fin de determinar las revoluciones por minuto (Figura 8, parte p). Esta medición se realizó por triplicado.

- Adhesión del sazónador

Para la medición de la adhesión del sazónador se tomó un volumen determinado de base frita justo a la entrada del tambor de aplicación de sazónador (Figura 8, parte l) utilizando un beaker plástico de 1 L, y se midió su masa. Luego se tomó una muestra del mismo volumen (beaker de 1 L) pero de base frita con sazónador, justo a la salida del tambor (Figura 8, parte q) y se midió su masa; ambas mediciones de masa se realizaron utilizando una balanza granataria. Se realizaron 5 repeticiones para cada medición. A partir de las masas medidas se determinó la adhesión mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Adhesión} = \frac{m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}}}{m_{\text{final}}} * 100$$

m_{final} : masa de un volumen de base frita con sazónador (g) (2)

m_{inicial} : masa de un volumen de base frita sin sazónador (g)

Evaluación de la variabilidad en las materias primas

Se analizaron las dos materias primas que conforman el producto X (la base frita y el sazónador), con el fin de determinar la variabilidad que existe entre lotes y en un mismo lote de producción. La medición de las condiciones de proceso se realizó para los cinco lotes, en tres tiempos de la producción: inicio, medio y fin (los cuales se establecieron según el volumen de producción de cada lote analizado). Para el caso de la base frita, se apartaron tres muestras las cuales se tomaron justo a la salida del freidor (Figura 8, parte l). Se midieron las siguientes variables respuesta:

- Contenido de humedad
- Contenido de lípidos
- Contenido de sodio

La metodología utilizada para cada análisis se muestra en el apartado 4.5: Análisis físico-químicos.

A su vez, para cada uno de los lotes, se tomó una única muestra representativa del sazónador antes de añadirlo en el dosificador (Figura 8, parte n). A la cual se le analizaron las siguientes variables:

- Contenido de humedad
- Contenido de lípidos
- Contenido de sodio

La metodología utilizada para determinar el contenido de humedad, lípidos y sodio se muestra en el apartado 4.5: Análisis físico-químicos.

- Tamaño de partícula

Para la determinación del tamaño de partícula se siguió el procedimiento establecido por la ASTM con la designación D6913/D6913M-17, y se realizó una única réplica. A partir de los resultados encontrados en la prueba (diámetro de

partícula de los tamices y las masas retenidas en cada tamiz) se determinó el tamaño medio de partícula utilizando la siguiente fórmula:

$$Dp_{promedio} = \sum \left(\frac{Dp * FR}{100} \right) \quad (3)$$

$Dp_{promedio}$: Tamaño medio de partícula (mm)

Dp : Diámetro de partícula (mm)

FR : Fracción retenida (%)

- Cohesividad (ángulo de reposo)

La determinación de la cohesividad o fluidez se realizó mediante la determinación del ángulo de reposo de acuerdo al procedimiento establecido por la ASTM con la designación C1444-00 (ASTM International, 2000), y se realizaron tres réplicas según lo determinado por la ASTM. Los productos con ángulos de reposo menores a 30° se consideran no cohesivos, los que presentan ángulos entre 30° y 45° son algo cohesivos, y los productos con ángulos de reposo entre 45° y 55° se consideran cohesivos (De Campos & Ferreira, 2013).

Evaluación de la variabilidad en el producto terminado

Todas las variables listadas anteriormente influyen sobre la composición del producto final. Debido a que los análisis de percepción sensorial se realizan a partir del producto terminado, es trascendental determinar la composición de dicho producto, en distintos lotes para determinar su variabilidad entre lotes y en el mismo lote. Las muestras analizadas se tomaron en los mismos cinco lotes, al principio, medio y fin de la producción, antes de la operación de empaque (Figura 8, parte q). A continuación, se enlistan las características que se midieron para cada una de las muestras.

- Contenido de humedad

- Contenido de grasa
- Contenido de sodio

La metodología a utilizar para cada análisis se muestra en el apartado 4.5: Análisis físico-químicos.

4.4.2.1 Análisis estadístico

Para analizar la relación de las características del producto terminado con respecto a los parámetros del proceso y las variables respuesta medidas y así identificar las variables y/o parámetros con mayor impacto sobre la variabilidad del proceso, se realizaron dos análisis exploratorios de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés).

Se realizó un primer PCA para la evaluación de las variables respuesta del proceso, donde se utilizaron como variables principales: cantidad de producción, operario, flujo de alimentación, tiempo de residencia, cohesividad del sazónador, contenido de sodio, lípidos y humedad del sazónador; y como variables secundarias: contenido de sodio, lípidos y humedad del producto terminado, adhesión del sazónador y contenido de sodio, lípidos y humedad de la base frita. Se excluyeron las variables de temperatura inicial del aceite, temperatura final del aceite y velocidad del tambor rotatorio debido a que se observó una baja variabilidad en los resultados, por lo que se concluyó que dichos datos no presentan mayor influencia sobre la variabilidad del proceso encontrada. Además, se eliminó la variable de temperatura superficial de la base frita a la salida del freidor dado que se cuestiona si el instrumento de medición utilizado fue lo suficientemente sensible para que su medición fuera representativa de la realidad.

El segundo PCA se realizó para la evaluación de los parámetros del proceso con el objetivo de determinar si los operarios presentaban un efecto sobre el proceso. Se utilizaron las siguientes variables principales: flujo de alimentación, tiempo de residencia, velocidad del tambor rotatorio y temperatura de entrada y

salida del aceite y como variable secundaria se utilizó el operario a cargo de la producción.

Se definieron dos componentes principales para ambos análisis, tomando en cuenta los residuales, es decir la porción de información no explicada por el modelo, la capacidad predictiva del modelo y el nivel de sobreajuste del mismo. El objetivo de realizar este análisis es entender de manera cualitativa la correlación entre las variables, la presencia de muestras extremas y las relaciones entre variables respuesta. Para el análisis de componentes principales se utilizó el software SIMCA 13.0.2.0 los datos finales fueron pre-procesados, para lo que se eligió el *Unit Variance* (UV, por sus siglas en inglés) como algoritmo de normalización y centrado de la matriz (Anexo 1).

Además, con el objetivo de determinar si la variabilidad de las materias primas era significativa se realizó un diseño experimental irrestricto aleatorio con un solo factor, el lote de producción, de cinco niveles. Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA), reportando la probabilidad asociada (p) cuando se encontró una diferencia significativa y la potencia ($1-\beta$) para los efectos no significativos. Para los resultados con una diferencia significativa, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$), para determinar a cuáles tratamientos pertenecen las variables respuesta que presentaron la diferencia significativa.

4.4.3 Evaluación de la situación actual del problema mediante la medición de las características sensoriales del producto terminado

Determinación del umbral de diferencia del *snack X*

Con el fin de determinar si el consumidor percibe una diferencia significativa en el sabor salado del producto X (variable íntimamente relacionada con el contenido de sodio) entre lotes, se realizó una prueba de determinación de umbrales de diferencia por el método de estímulo constante, utilizando la prueba

de escogencia forzada 2-AFC. Como estímulo constante se utilizó la muestra con un contenido de sodio identificado como la mediana. Para la selección de las concentraciones de los estímulos variables, se partió de la concentración más baja encontrada en el producto en el punto 4.1.2 y se fue incrementando en una relación semilogarítmica con un factor de 1,7. El panel se conformó por 42 panelistas no entrenados consumidores de *snacks* fritos, tomando en cuenta una potencia de 95 %, un $d' = 1$ y un $\alpha = 0,05$ (Ennis & Jesionka, 1993).

Se le solicitó a cada panelista firmar el “acuerdo de participación de pruebas sensoriales con consumidores” (Anexo 2), probar las muestras de izquierda a derecha en el orden presentado e indicar en la pantalla la muestra que presentaba mayor intensidad del atributo sabor salado (Anexo 2).

Con los datos recopilados en la prueba, se determinó el umbral de diferencia mediante el valor DAP (Diferencia apenas perceptible) o JND, por sus siglas en inglés.

4.4.3.1 Análisis estadístico

Para el método de estímulo constante se realizó la curva psicofísica graficando los resultados obtenidos de las hojas de respuestas de los panelistas, colocando en el eje Y la frecuencia en que el estímulo variable (salado) fue juzgado más intenso que el estándar, y en el eje X la concentración del estímulo variable (concentración de cloruro de sodio). Seguidamente se construyó una línea de mejor ajuste. A partir de la línea de mejor ajuste, se interpolaron las concentraciones de cloruro de sodio a 87,5% y 62,5% de la frecuencia del eje Y, que corresponde a los valores entre los que se encuentra el intervalo de incertidumbre. La diferencia entre ambas se dividió por un factor de dos para obtener el umbral de diferencia (JND), se puede observar la determinación de forma gráfica en la Figura 9.

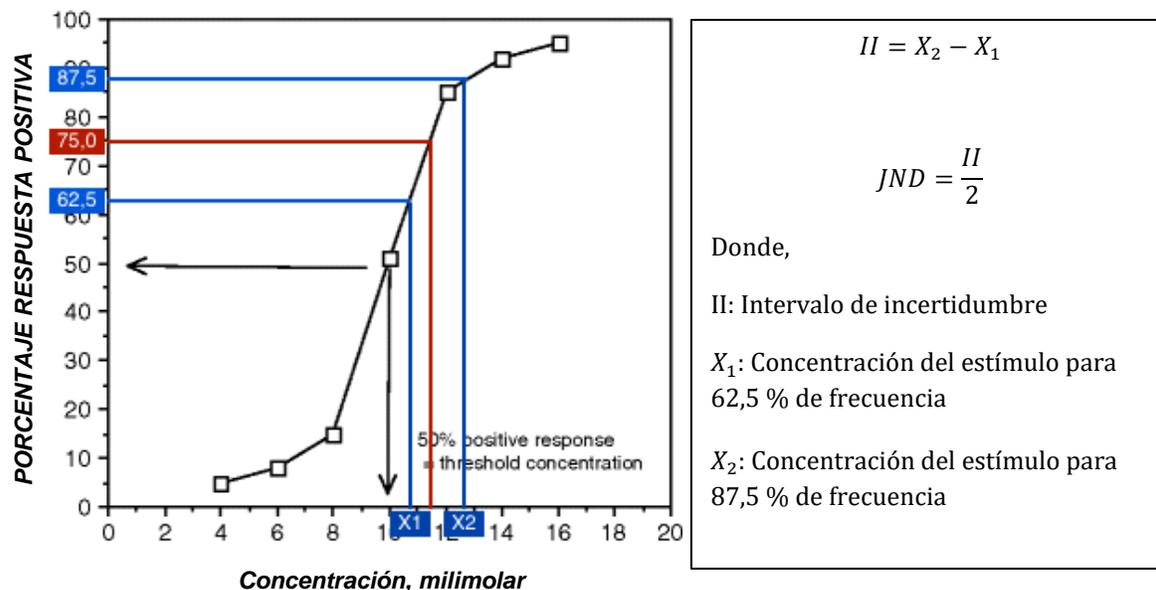


Figura 9. Medición del intervalo de incertidumbre en la curva psicofísica para la determinación del JND (Lawless y Heymann, 2010).

Evaluación del agrado de los consumidores por el sabor salado a partir de una prueba de Justo-Correcto

Con el fin de determinar el nivel del sabor salado considerado como ideal por parte del consumidor, se realizó una prueba de agrado de Justo Correcto, en la cual por medio de una escala se evaluó que tan cerca de lo ideal está el sabor salado para los consumidores. Para la prueba se utilizaron cinco muestras que contenían los valores mínimos y máximos de sodio encontrados en el punto 4.4.2; los contenidos de sodio se fueron aumentando con un factor igual al umbral de detección determinado en el punto 4.4.3.1. El panel se conformó por 112 panelistas no entrenados consumidores de *snacks* fritos.

De igual manera se solicitó a cada panelista firmar el “acuerdo de participación de pruebas sensoriales con consumidores” (Anexo 2) y proceder con la evaluación. Para cada muestra, los consumidores evaluaron el agrado del sabor salado en una escala de cinco categorías: muy poco salado, poco salado, ideal, algo salado, muy salado. Se le solicitó al juez que probara las muestras de abajo

hacia arriba y marcara la categoría que mejor se ajusta al agrado del sabor salado de cada una (Anexo 2).

4.4.3.2 Análisis estadístico

Los datos recopilados en la prueba de Justo-Correcto se analizaron estadísticamente mediante un análisis no paramétrico, utilizando histogramas para cada uno de los porcentajes de contenido de sodio; donde se graficó el número de panelistas que eligieron cada una de las categorías de la escala. A partir de los histogramas, se definió como el contenido de sodio ideal, la muestra con el histograma que presentó mayor simetría.

4.4.4 Establecimiento de las principales causas que generan el problema en la variabilidad del contenido de sodio en el producto

Para determinar las posibles causas al problema, se realizó un cuestionario basándose en el libro de Gutiérrez y de la Vara (2013) llamado “Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma”, donde se consideraron los seis aspectos básicos de un análisis de causas: mano de obra, máquina, material, método, medición y administración (Figura 10). Seguidamente, las preguntas realizadas fueron consultadas al gerente de producción y gerente de calidad de la empresa, con el fin de obtener todas las respuestas necesarias para realizar un análisis de causas (Anexo 5).

Checklist para la determinación de las causas del problema								
Fecha aplicada:				Empresa:				
Personas a las cuales se le aplicó:				Investigadora:				
ID	Pregunta	Respuesta			1. ¿POR QUÉ?	2. ¿POR QUÉ?	3. ¿POR QUÉ?	Observaciones
		Sí	No	N/A				
Mano de obra								
4	Quiénes son los operarios que actualmente trabajan en la línea? ¿Hace cuánto tiempo trabajan ahí?							
5	Tienen algún programa de incentivos para los operarios?							
6	Se ha definido las calificaciones de los puestos en la línea de producción?							
7	Cuáles son las capacidades esperadas para los operarios? ¿Se espera que cualquier trabajador pueda llevar a cabo su labor?							
8	Existen programas de capacitación anual para los operarios? ¿Actualización y/o reforzamiento?							
9	Los operarios cuentan con el equipo y condiciones necesarias para asegurar BPM?							
10	Existen programas de BPM para alimentos orientados a los operarios y personal de producción de la empresa? ¿De qué es? ¿Cómo se desarrolla la gestión de aseguramiento en BPM?							
Método								
11	Tienen procedimientos para la realización de los procesos de control de los equipos? ¿Pedirlos podemos verlos?							
12	Como se definen las condiciones de proceso? ¿Hay alguna documentación donde estén definidos estos procesos?							
13	Como se definen las condiciones de especificación? ¿Como controlan el llenado de la tolva?							
14	Cuáles instrucciones de producción siguen los operarios para realizar el producto? ¿Orden de producción, hoja de especificaciones, libro?							
15	Llevan registros en el proceso? ¿Pedirlos podemos verlos? ¿Cuáles son y para qué se documentan?							
16	Se verifica que se está cumpliendo con el procedimiento? ¿Cómo? ¿Quién?							
17	Se verifica que se están llenando de acuerdo a los registros? ¿Cómo? ¿Quién?							
18	Hay tiempos estándares de producción definidos para cada operación?							
19	Se tienen definidos los puntos de control necesarios en el proceso?							
20	Están certificados con normas de ISO-9001 y/o FSSC 22000?							
Máquina								
23	Se les da mantenimiento preventivo a los equipos? ¿Cada cuánto? ¿Se verifica que sea de acuerdo?							
24	Se tienen programas de reemplazos y puestos?							
25	Existen calibraciones y normalización de funcionamiento de los equipos?							
26	¿Cuáles son los criterios para ajustar los equipos para la puesta en marcha? ¿Cómo se definen?							
Material								
28	Tienen especificaciones de las materias primas? ¿Cuáles? ¿Cómo se verifican?							
29	Los proveedores entregan certificado para verificar que cumplen con las especificaciones? ¿Todas las veces, cuando?							
30	¿Han cambiado los proveedores de pellets desde que se comenzó a producir?							
31	¿Cómo determinaron el contenido de sodio declarado en la etiqueta? ¿Hace cuánto se realizó?							
32	Los proveedores tienen certificado de calidad de la materia prima? ¿Se entrega a la empresa? ¿Se verifica?							
33	Existen procedimientos de calidad de aceptación/rechazo de las materias primas? ¿Cuáles es la estadística histórica?							
35	¿Hay retrasos en la entrega de MP? ¿Histórico de líneas paradas por falta de MP?							
Medición								
36	¿Cuáles son los parámetros de calidad para liberar el producto al mercado? ¿Cuáles es el tamaño de muestra?							
37	¿Cómo se garantiza la repetibilidad y reproducibilidad de los métodos?							
38	Tienen algún procedimiento para determinar los parámetros de calidad? ¿Pedirlos podemos verlos?							
39	¿Hacen análisis de sodio en el producto terminado? ¿Cómo y cada cuánto?							
40	¿Se miden rechazos, desechos, evoluciones?							
Management / Administración								
41	¿Existe compromiso de la dirección de la empresa por asegurar la calidad?							
42	¿Existe compromiso de la dirección de la empresa por mantener a los trabajadores seguros y en las condiciones adecuadas laborales?							
43	¿Hay algún tipo de evaluación de desempeño? ¿Si lo hay, ¿cuál es su periodicidad?							
44	¿Invierte en la mejora continua de la administración?							
45	¿Hay interés en la actualización de sus empleados por parte de la Administración?							
46	¿Han definido políticas de calidad y seguridad e higiene ocupacional?							

Figura 10. Plantilla del cuestionario de las 6 M's para la determinación de posibles causas.

A partir de la información aportada por las dos gerencias, al ser aplicado el cuestionario y los resultados obtenidos en la evaluación de la situación actual (4.4.2 y 4.4.3), se realizó un diagrama de causa-efecto del tipo de diagrama de Ishikawa con el objetivo de identificar de forma visual las causas principales y secundarias que pueden estar ocasionando el problema en la variabilidad del contenido de sodio.

Seguidamente, se determinó el peso que presentan todas las posibles causas encontradas sobre la incidencia del problema; con el fin de realizar una priorización de ellas y enfocar las soluciones hacia las causas principales encontradas. Para determinar el peso de cada una de las causas se realizó un documento de evaluación (Figura 11), el cual se completó por el investigador, los profesores del comité asesor del proyecto, el gerente de producción y la gerente de calidad de la empresa; con la finalidad de obtener evaluaciones de las causas desde distintos puntos de vista y experiencias con el proceso de producción. Con los resultados obtenidos (Anexo 6) se realizó un diagrama de Pareto donde se graficó el peso de cada posible causa sobre las causas.

Evaluación de las causas sobre la variabilidad del contenido de sodio

Fecha aplicada:
Evaluador:

Instrucciones:
A continuación se presenta un listado de las posibles causas que pueden tener un efecto sobre la variabilidad en el contenido de sodio de los arroz de la ebolla. Marque en una escala de puntaje que mejor se ajuste según la escala de puntuación para cada una de las causas.

Escala de Puntuación	
Valor	Definición
1	No tiene un efecto considerable sobre el problema
2	Tiene un efecto medianamente considerable sobre el problema
3	Tiene un alto efecto sobre el problema

ID	Causa	Evaluación		
		1	2	3
1	Ausencia de procedimiento para el entrenamiento de los operarios			
2	Falta de verificación de conocimiento de los operarios			
3	Alta rotación de los operarios en la línea			
4	Ausencia de programas de incentivos para los operarios			
5	Ausencia de definición de la calificación de los puestos			
6	Ausencia de programas de capacitación de los operarios			
7	Ausencia de programa de entrenamiento de los PM			
8	Tolva de alimentación del sazonador vacía en momentos de la producción			
9	Ausencia de protocolo de producción de los arroz de la ebolla			
10	No existe documentación de los definieron los parámetros del proceso			
11	Definición de condiciones de clasificación del sazonador sin un fundamento teórico			
12	Ausencia de procedimiento para la clasificación del sazonador			
13	Ausencia de procedimiento para la clasificación de los pellets			
14	Ausencia de instructivo de orden de producción			
15	Parámetros de clasificación de los MP no son punto de control			
16	No se solicita a proveedores de las MP especificaciones del contenido de sodio			
17	Modificación de proveedores de los pellets sin protocolo de validación			
18	Contenido de sodio declarado determinado a partir de una sola muestra			
19	Ausencia de verificación de los parámetros FQ al ingreso del sazonador			
20	Ausencia de verificación de los parámetros FQ al ingreso de los pellets			
21	Medición de los parámetros de calidad que no tiene repetibilidad			
22	Ausencia de procedimiento para la medición de los parámetros de calidad que no se realizan análisis de sodio de las muestras como parte del control			

Figura 11. Plantilla de evaluación de las posibles causas planteadas.

4.4.5 Evaluación y escogencia de las soluciones requeridas para la reducción de la variabilidad en el contenido de sodio en el producto

A partir de las causas principales encontradas en el apartado anterior se realizó una lluvia de ideas de todas las soluciones posibles para resolver el problema de la variabilidad del contenido de sodio del producto terminado. La lista de soluciones generada a partir de la lluvia de ideas se evaluó utilizando la herramienta de matriz de selección, con el objetivo de priorizar las soluciones a implementar para el control del problema (Figura 12).

Matriz de Criterios de Evaluación de las posibles Soluciones al Problema

Fecha aplicada: _____
 Evaluador: _____

Instrucciones:
 A continuación se presenta un estado de las posibles soluciones para disminuir las causas determinadas con mayor peso sobre el problema. Para cada solución debe de asignar un peso utilizando la escala de puntuación de cada uno de los criterios de evaluación.

Recursos		Aprobación		Restricciones		Costo		Tiempo		Impacto	
Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición
1	Pocos	1	Gerente de área	1	No hay	1	<100 000	1	Corto	1	Alto
2	Moderados	2	Gerente General	2	Hay	2	100 000- 700 000	2	Mediano	2	Moderado
3	Altos	3	Junta Directiva			3	700 000- 1 000 000	3	Largo	3	Bajo

ID	Solución	Criterios de selección						TOTAL
		Recursos	Aprobación de gerencia	Restricciones	Costo	Tiempo	Impacto	
		0.1	0.15	0.1	0.25	0.2	0.2	
1	Creación del procedimiento y documentación para registro de pruebas en planta para el producto Aros de Cebolla							
2	Validación y definición de parámetros de dosificación mediante pruebas en planta							
3	Creación y documentación de protocolo, proceso y procedimientos de producción para el producto Aros de Cebolla							
4	Creación de procedimiento para el entrenamiento y certificación de los operarios de la línea de producción del producto Aros de Cebolla							
5	Desarrollo de programas anuales de capacitación de los operarios de la línea de producción del producto Aros de Cebolla							
6	Instalación de alarma en el dosificador de sazonador para mantener la tolva con producto							
7	Creación de herramienta para la validación de nuevos proveedores							
8	Solicitar a proveedores ajustes en las especificaciones de las materias primas							
9	Definición de parámetros de aceptación fisicoquímicos de las materias primas							
10	Creación de gráficos de control para los parámetros de calidad y proceso							
11	Definición de parámetros de dosificación como puntos de control del proceso							
12	Creación de procedimientos para cada medición de los parámetros de calidad							
13	Contratación de analista de parámetros de calidad							

Figura 12. Matriz de selección utilizada para la priorización de soluciones.

Para la elaboración de la matriz de selección, en primer lugar se definieron los criterios cuantitativos y cualitativos y la escala de puntuación específica para cada uno. Luego, a cada criterio se le designó un factor de ponderación entre 0 y 1 con el aval del gerente de producción de la empresa, donde la suma de los pesos de todos los criterios sumaba 1. Por último, en conjunto con el gerente de producción, se brindó una puntuación de 1, 2 o 3 para cada solución en cada uno de los criterios. Utilizando los factores de ponderación de los criterios, se determinó la puntuación total de cada solución. Con los resultados de dicha herramienta, se procedió con la priorización de las soluciones ordenándolas en orden ascendiente según su puntuación.

4.4.6 Desarrollo de una propuesta de implementación de las soluciones identificadas

Por último, se realizó una propuesta de implementación de las soluciones escogidas en el apartado anterior, la cual se divide en (1) la Etapa de Implementación y (2) la Etapa de Control.

Para la Etapa de Implementación se desarrolló un *Project Charter* o Acta del Proyecto para cada una de las soluciones seleccionadas, las cuales se dividieron en cuatro proyectos o grupos. Dicha acta documenta los requerimientos iniciales que satisfagan las necesidades y expectativas de los involucrados (PMI, 2008), esfuerzos conjuntos de la organización y las necesidades de corrección, de tal manera que pueda ser más fácil la aprobación y ejecución eventual del proyecto.

Seguidamente, con el objetivo de resumir las soluciones, se realizó un diagrama de Gantt, el cual reproduce de manera gráfica las tareas, su duración y secuencia, el calendario general del proyecto y la fecha de finalización prevista. Para finalizar con la etapa de implementación de la propuesta, se realizó un análisis de costo/beneficio para cada una de las soluciones elegidas. El análisis consiste en calcular el costo de implementación de las soluciones y luego evaluar de que forma beneficiará a la empresa realizar esa inversión.

En la Etapa de Control de la propuesta, se realizaron plantillas para la realización de gráficos de control de las variables críticas en el control de la variabilidad del contenido de sodio del producto terminado. Así como plantillas para los distintos documentos y herramientas determinados como claves para la solución del problema. Como cierre del proyecto se elaboró un Reporte A3, ya que permite observar la información crítica del problema, su situación actual, análisis de causas, acciones de mejora y control.

4.5 Análisis fisicoquímico

4.5.1 Contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad en la base frita y el producto terminado se siguió el protocolo de laboratorio del CITA P-SA-MQ-80 utilizando el analizador termogravimétrico (TGA).

El equipo trabaja a una temperatura de 85 °C y va registrando la pérdida de masa durante el tiempo en el momento que la pérdida de masa es menor a 0,3% el análisis finaliza. El analizado termogravimétrico reporta directamente el contenido de humedad en la muestra analizada. Los resultados se expresaron como g/100 g de muestra.

4.5.2 Contenido de lípidos

La determinación de lípidos se realizó a la base frita y el producto terminado mediante el protocolo de laboratorio P-SA-MQ-005, el cual sigue el procedimiento necesario para la determinación de grasa cruda por extracto etéreo, basado en el método descrito por Carpenter *et al.* (1993). Los resultados se expresaron como g/100 g en base seca.

4.5.3 Contenido de sodio

Para la determinación del contenido de sodio en el sazónador, la base frita y el producto terminado se siguió el protocolo de laboratorio P-SA-MQ-035, el cual está basado en el procedimiento AOAC 985.35. En este se describe el procedimiento necesario para la determinación del contenido de sodio mediante absorción atómica (AOAC, 2012). Los resultados se expresarán como g/100 g en base seca.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Definición del problema

A continuación, se presenta el gráfico de control para el contenido de sodio en el producto X.

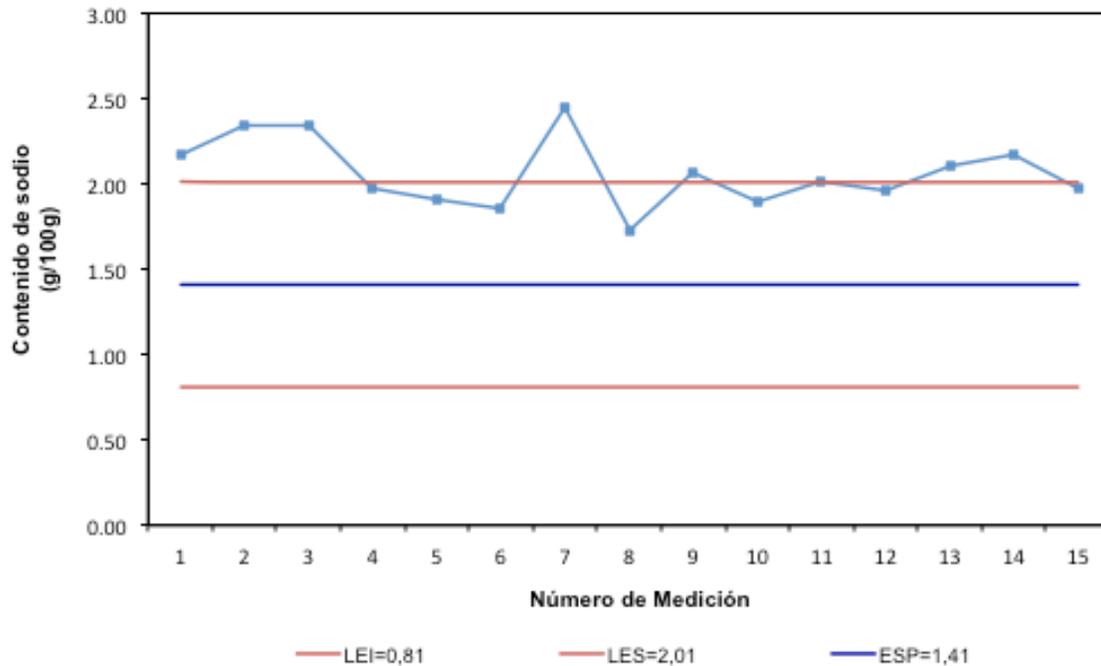


Figura 13. Gráfico de control para el contenido de sodio del producto X muestreado entre los meses de mayo y junio 2018 (LEI: Límite de especificación inferior, LES: Límite de especificación superior, ESP: Especificación).

Partiendo de lo observado en la Figura 13, se puede concluir que el contenido de sodio en el proceso no está bajo control; ya que algunos de los valores de contenido de sodio en el producto terminado sobrepasan el límite de especificación superior, todos los puntos se encuentran sobre el lado superior del gráfico y a su vez ninguna medición se acerca al valor reportado en la etiqueta nutricional. Gutiérrez y de la Vara (2013) describen el comportamiento observado en el gráfico como un patrón de desplazamiento y explican que estos cambios pueden deberse a la introducción de nuevos trabajadores, menor

atención de los trabajadores, cambios en los métodos de inspección y un detrimento en el proceso.

Utilizando como referencia el gráfico anterior se define el siguiente problema:

“Entre los meses de mayo-junio del 2018, en la empresa Y en la línea de *pellets* en el producto X se detectaron contenidos de sodio muy variables que van entre 1700-2400 mg/100 g; los cuales sobrepasan el contenido de sodio declarado en la etiqueta nutricional del producto”

Dicho problema repercute directamente sobre el aspecto legal del producto, dado que el RTCA de “Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años” acepta una tolerancia máxima de +/- 20 % respecto a los valores de macronutrientes y sodio declarados en la etiqueta (RTCA, 2011). Además, afecta de forma negativa la salud del consumidor dado que a pesar de que el contenido de sodio teórico (1,41 g/100 g) es muy elevado, los valores reales se encuentran desplazados hacia contenidos aún mayores. Lo anterior deja en evidencia la importancia de realizar una estrategia de reducción de sodio en el producto, pero debido a la alta variabilidad en el proceso se imposibilita su realización. Es por dicha razón que el planteamiento y posterior implementación de un plan de estandarización es clave para la línea de proceso analizada.

En la siguiente figura se presenta el diagrama SIPOC del proceso de producción del producto X.

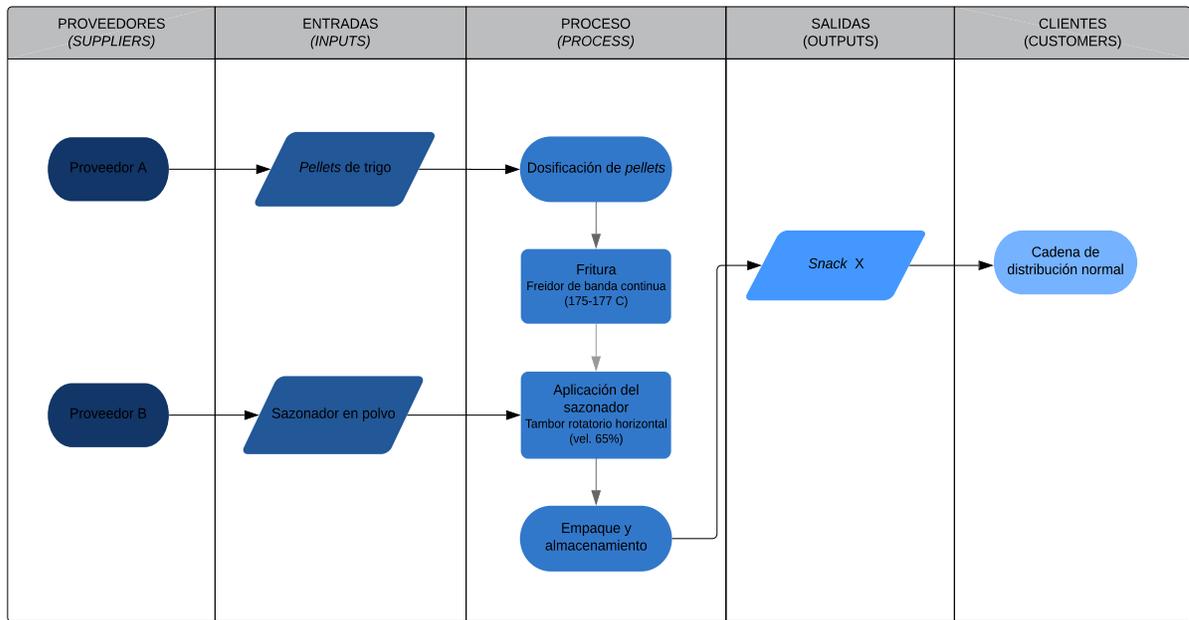


Figura 14. Diagrama SIPOC para la línea de proceso del producto X en la empresa Y.

El diagrama SIPOC muestra como el producto X se compone de únicamente dos materias primas las cuales se incorporan mediante dos operaciones de proceso. A partir del diagrama, se definió que ambas materias primas son fuentes directas de sodio en el producto terminado. En el caso de los *pellets*, el aporte al contenido de sodio no varía en el proceso de elaboración del producto, sino que dependerá de las especificaciones dadas por el proveedor. En cambio, el aporte de sodio del sazónador depende de las especificaciones del proveedor y a su vez de la cantidad de producto adherido a la superficie del *snack*; por lo que de forma indirecta las operaciones de fritura y aplicación del sazónador también son factores que influirán en el contenido de sodio final del producto.

Parámetros importantes para el control de la adhesión son la temperatura y textura superficial de la base, el contenido de aceite de la base, el tamaño de partícula o composición del sazónador. El contenido de grasa superficial y la temperatura del producto luego de la operación de fritura facilitan la adherencia del sazónador, debido a que el aceite funciona como un adhesivo uniendo el saborizante a la base, y al reducir la temperatura del producto el aceite

superficial es absorbido hasta el interior del mismo (Ainsworth & Plunkett, 2007). También, a medida que el tamaño de partícula de un sazónador es menor, facilita su adherencia a la base o *pellet* (Sa-Uram, 2004). En cuanto a las condiciones del equipo, estas pueden tener un efecto sobre la cantidad de sazónador que se va a adicionar a la base frita ya que varían dependiendo de las condiciones de dosificación y la velocidad del tambor.

Por ende, para la evaluación de la situación actual es importante medir los parámetros del proceso que pueden variar como lo son: la cantidad de producción, el operario a cargo, el flujo de alimentación de los *pellets*, la temperatura del aceite a la entrada y salida del freidor, el tiempo de residencia y la velocidad del tambor de rotación. Además de las variables respuesta que se ven influenciadas por dichos parámetros como: temperatura superficial de la base frita a la salida del freidor, porcentaje de adhesión del sazónador, tamaño de partícula y cohesividad del sazónador, contenido de sodio, humedad y lípidos de la base a la salida del freidor, el sazónador y el producto terminado.

5.2 Descripción de la situación actual

5.2.1 Evaluación de los parámetros del proceso actual

La evaluación de los parámetros del proceso actual se realizó mediante dos análisis de componentes principales (PCA). El primer PCA se realizó analizando las variables respuesta, y se eligió utilizar dos componentes principales (PC1a y PC2a) dado que se obtenía la mejor capacidad explicativa y predictiva (Anexo 1). En el segundo PCA se analizn las variables del proceso, y se eligieron otros dos componentes principales (PC1b y PC2b) diferentes a los primeros (Anexo 1).

En la siguiente figura se presenta la relación entre los componentes principales 1 (PC1a) y 2 (PC2a) y las variables respuesta del estudio del primer PCA. La capacidad explicativa del PC1a y PC2a en combinación es de 74,5% lo que indica que la mayoría de las tendencias observadas son explicadas con estos componentes.

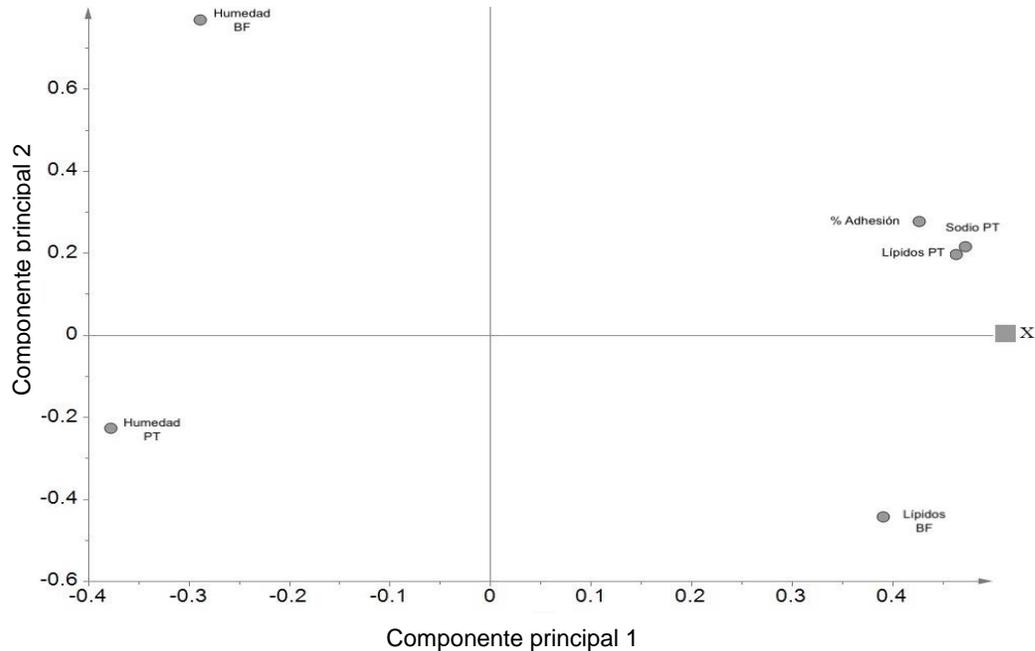


Figura 15. Representación de las variables respuesta del proceso de producción del producto en estudio respecto a los componentes principales 1a y 2^a.

En la Figura 15, se observa que el contenido de sodio en el producto terminado, el porcentaje de adhesión del sazónador y el contenido de lípidos del producto terminado contribuyen en mayor medida a definir el PC1a y están relacionadas entre sí. Lo cual indica que las muestras ubicadas en este sector del plano, o presentan mayor contenido de PC1a, se caracterizan por tener estas variables en una mayor magnitud. Mientras que el contenido de humedad del producto terminado, la humedad de la base frita y el contenido de lípidos de la base frita son los que contribuyen en mayor medida al PC2a. Donde, a menor PC2a mayor contenido de humedad en el producto terminado y lípidos en la base frita y entre mayor PC2 mayor contenido de humedad en la base frita.

Lo observado concuerda con lo descrito en la literatura, ya que como se mencionó anteriormente un mayor contenido de grasa superficial mejora la adherencia del sazónador a la base y por ende se obtiene un mayor contenido de sodio en el producto terminado. Además, cuanto menor sea la humedad en el

¹ PT: Producto terminado; BF: Base frita

producto, mayor será su contenido de lípidos; dado que en la fritura el agua presente en el producto migra y deja poros libres para el ingreso del aceite (Pedreschi y Enrione, 2015).

En las Figuras 16 a 18 se representan las muestras ubicadas en el plano definido por los ejes PC1a y PC2a según cantidad de producción, rango de cohesividad y rango de humedad del sazónador

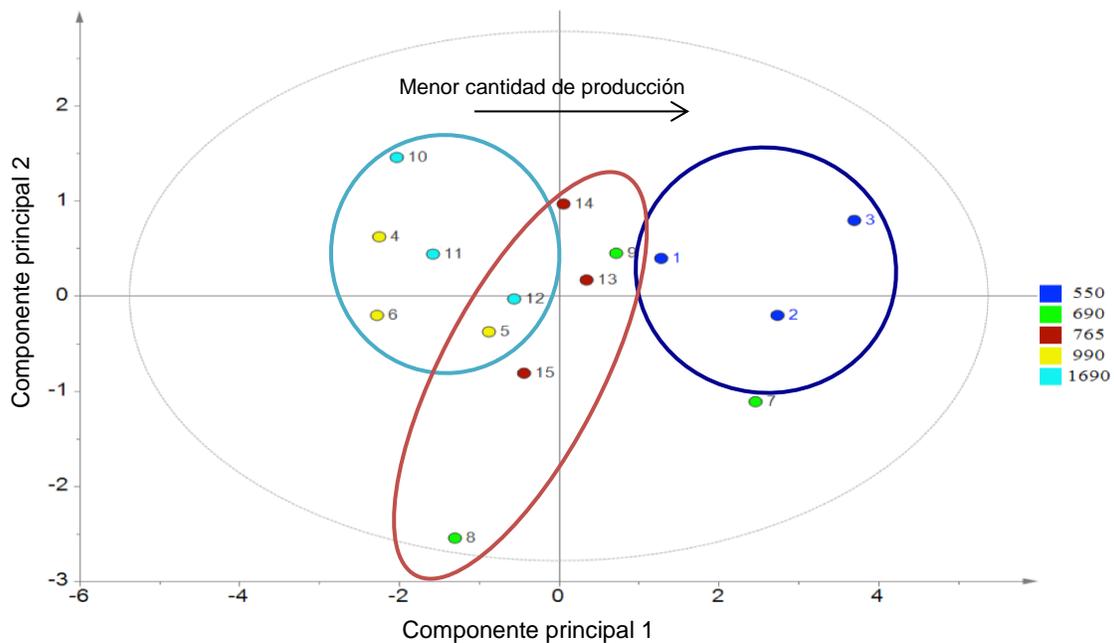


Figura 16. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1a y 2a, mostrando la categorización por la cantidad de producción del lote (de 550 a 1690 kg).

La Figura 16, presenta los datos categorizados con diferentes colores por la cantidad de producción en kilogramos de cada lote evaluado. Se puede observar como los datos con cantidades de producción altas (1690 kg y 990 kg) presentan un menor PC1a y las cantidades de producción bajas (550 kg) un mayor PC1a, por lo que se puede concluir que entre menor sea la cantidad de producción mayor es el contenido de sodio en el producto terminado.

Dichos resultados dejan en evidencia que existe una falta de control en el proceso dado que dependiendo de la cantidad de producción las características del producto terminado varían. Esto puede deberse a que el operario aumentaba el flujo de alimentación al tener producciones más grandes, lo cual implica que para la misma cantidad de sazónador dosificado se alimenta una mayor masa de base frita al tambor rotatorio, por lo que la cantidad de sazónador por *snack* es menor.

Seguidamente, se presenta el efecto de las materias primas sobre la variabilidad en el contenido de sodio.

Cuadro IV. Comparación del contenido de sodio en las materias primas declarado en la especificación del proveedor contra lo determinado químicamente en cada lote de producción evaluado.

Producto	Contenido de sodio (g/100g)	
	<i>Pellets</i> fritos	Sazónador ¹
Especificación	1,10-1,53	7,87-11,80
Lote 1	1,28	10,85 ^a
Lote 2	1,12	9,32 ^b
Lote 3	1,18	8,18 ^{bc}
Lote 4	1,28	7,42 ^c
Lote 5	1,22	7,1 ^c

¹Promedios con letra diferente indican diferencia significativa (prueba Tukey, $p < 0,05$).

En el cuadro IV, se puede observar como los *pellets* fritos se encuentran dentro de las especificaciones dadas por el proveedor, y además no se encontró una diferencia significativa entre los lotes con un 95 % de confianza y una potencia de 45 %. Utilizando un nivel de confianza del 90 % se obtiene una potencia del 60 %, la cual sigue estando por debajo del valor ideal (80 %), lo cual quiere decir que existe la posibilidad de que se cometa el error tipo II (Gutierrez, 2014).

Aún cuando no se encontraron diferencias significativas, el problema en el contenido de sodio de los *pellets* se debe a que el límite superior del rango de especificación sobrepasa el contenido de sodio final declarado en la etiqueta (1,41 g/100 g). Esto puede deberse a que la empresa ha cambiado de proveedores de los *pellets* en varias ocasiones sin antes verificar que las especificaciones de la materia prima se mantienen constantes. El contenido de sodio en los *pellets* no viene únicamente de la sal sino también del llamado “sodio oculto”. El sodio oculto es aquel que proviene de otros ingredientes que contienen sodio dentro de su composición, tal como los agentes leudantes (Dubey y Bhattacharya, 2014), los cuales son empleados en este tipo de productos para obtener la expansión del producto durante la fritura, y su dosis va a depender de la fórmula de cada proveedor.

Por otro lado, los sazonadores utilizados en los lotes 4 y 5 se encuentran por fuera del límite inferior de la especificación del proveedor. Además, se encontraron diferencias significativas con un 95 % dentro de los lotes; lo cual evidencia que el sazonador está influyendo sobre la variabilidad en el contenido de sodio del producto terminado. Además, al evaluar dicha información se demuestra que existe la posibilidad de modificar la especificación del contenido de sodio en el sazonador para tener valores de sodio menores.

La variación en el contenido de sodio del producto terminado no solo es afectada por la composición del sazonador, sino también por su cohesividad y contenido de humedad, como se observa en la Figura 17 y Figura 18.

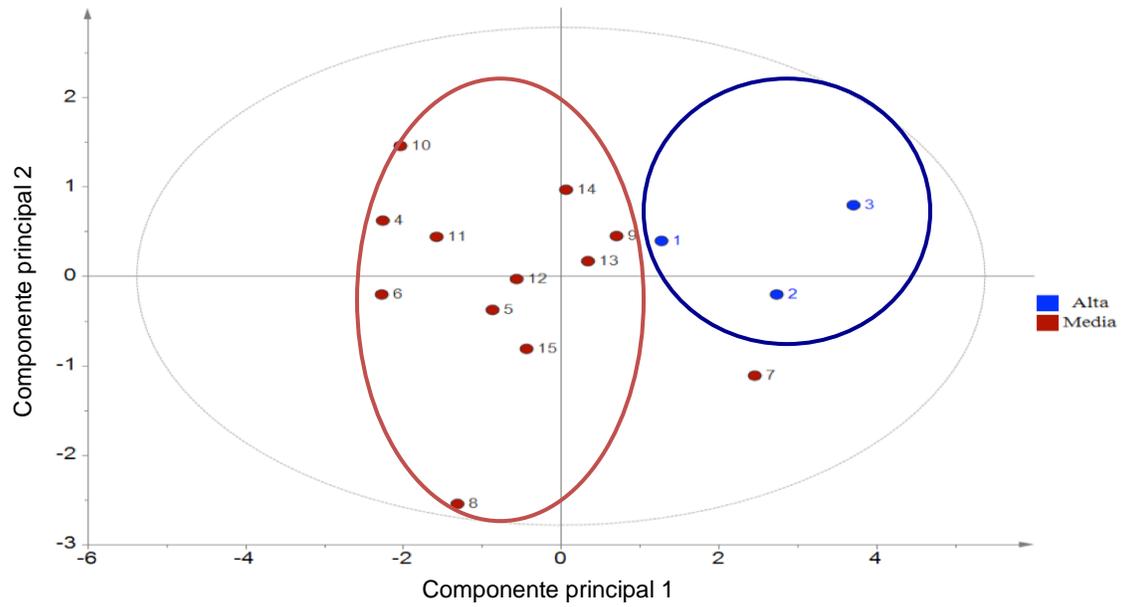


Figura 17. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1a y 2a, mostrando la categorización por el rango de cohesividad del sazónador (alta, media, baja).

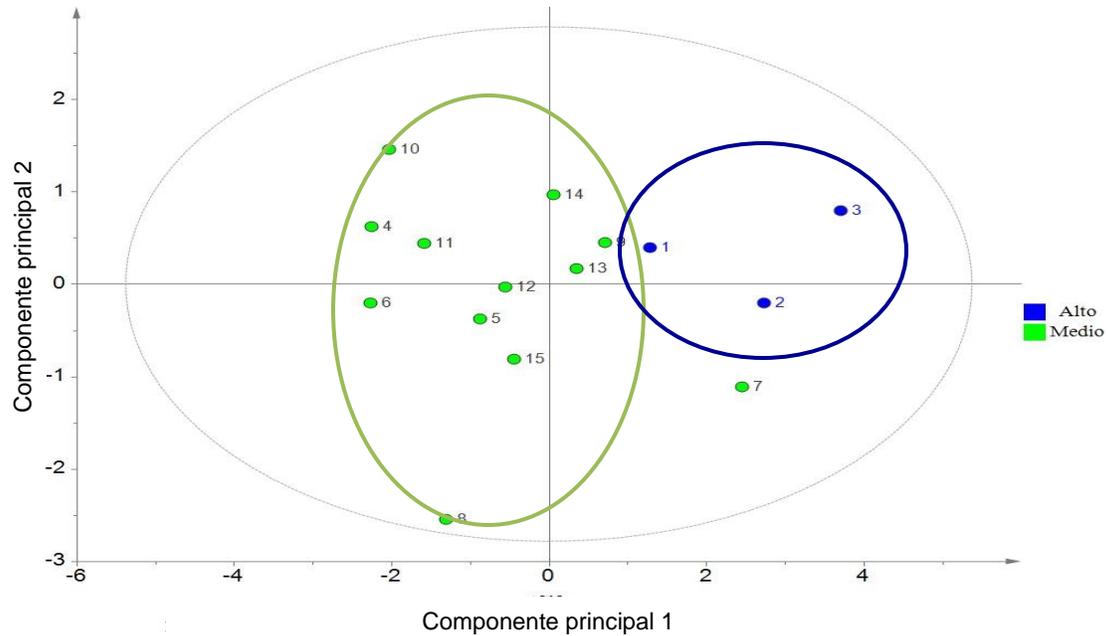


Figura 18. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1a y 2a, mostrando la categorización por el rango de humedad del sazónador (alta, media, baja).

En la Figura 17 se observa que las muestras que fueron procesadas con sazonadores cuya cohesividad era alta tienen valores de PC1a positivos, lo cual indica que presentan mayores contenidos de sodio y porcentajes de adhesión. La cohesividad se define como el grado de fluidez de un producto, y se ve influenciada por la acción de fuerzas Van der Waals. En un sazonador, dicha característica se ve afectada por el contenido de humedad, ya que el agua potencia la formación de puentes de hidrógeno y fuerzas capilares que reducen la fluidez (De Campos y Ferreira, 2013). La figura 18, respalda lo descrito dado que como se observa las muestras que fueron procesadas con sazonadores cuyos contenidos de humedad eran más altos, tienen valores positivos de PC1 a y por ende presentan mayores contenidos de sodio en el producto terminado, lo cual indica que debido a la menor fluidez se adhirió un mayor porcentaje de sazonador *snack*.

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad del sazonador para los diferentes lotes, con un 95 % de confianza y una potencia de 75 %. Además, ninguno de los sazonadores presentó humedades por fuera de la especificación del proveedor (2-6 %), pero de igual forma, podemos evidenciar que, aun presentando pequeñas variaciones entre los valores del rango de especificación, estas repercuten en un mayor efecto sobre la adhesión del sazonador en la base frita.

En la siguiente figura se presenta la relación entre los componentes principales 1 (PC1b) y 2 (PC2b) y las variables respuesta del estudio del segundo PCA. La capacidad explicativa del PC1b y PC2b en combinación es de 73,0% lo que indica que la mayoría de las tendencias observadas son explicadas con estos componentes.

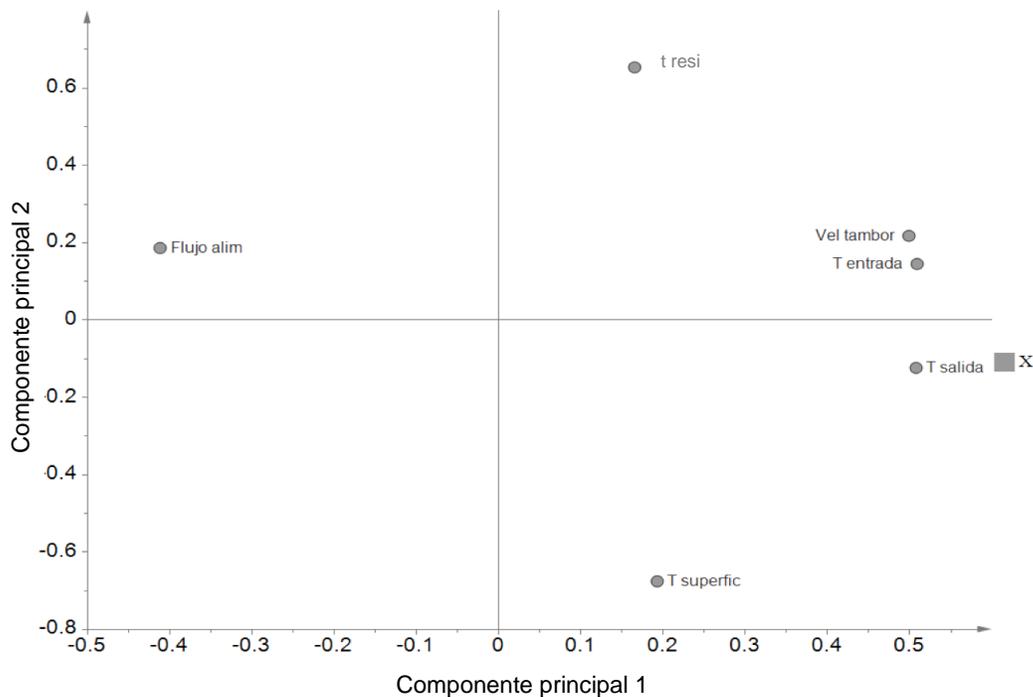


Figura 19. Representación de los parámetros de proceso de la producción del producto en estudio respecto a los componentes principales 1b y 2b².

En la Figura 19, se puede notar como la velocidad del tambor, la temperatura de entrada del aceite y temperatura de salida del aceite contribuyen en mayor medida a definir el PC1b, lo cual indica que las muestras que presentan valores más altos de PC1b se caracterizan por tener estos parámetros en mayor magnitud. Mientras que el tiempo de residencia y la temperatura superficial de la base frita a la salida del freidor contribuyen en mayor medida al PC2b. Donde a menor PC2b mayor temperatura superficial de la base y a mayor PC2b mayor tiempo de residencia.

Dichos resultados son congruentes con la teoría del proceso de fritura, dado que entre mayor sea el tiempo que el producto está sumergido en el aceite mayor es la transferencia de energía y por ende se obtiene una mayor temperatura

² T: Temperatura; t resi: tiempo de residencia

superficial (Krokida *et al.*, 2000). A su vez, al aumentar el flujo de alimentación el tiempo de residencia del producto se ve reducido.

Seguidamente, en la Figura 20 se representan las muestras ubicadas en el plano definido por los ejes PC1b y PC2b.

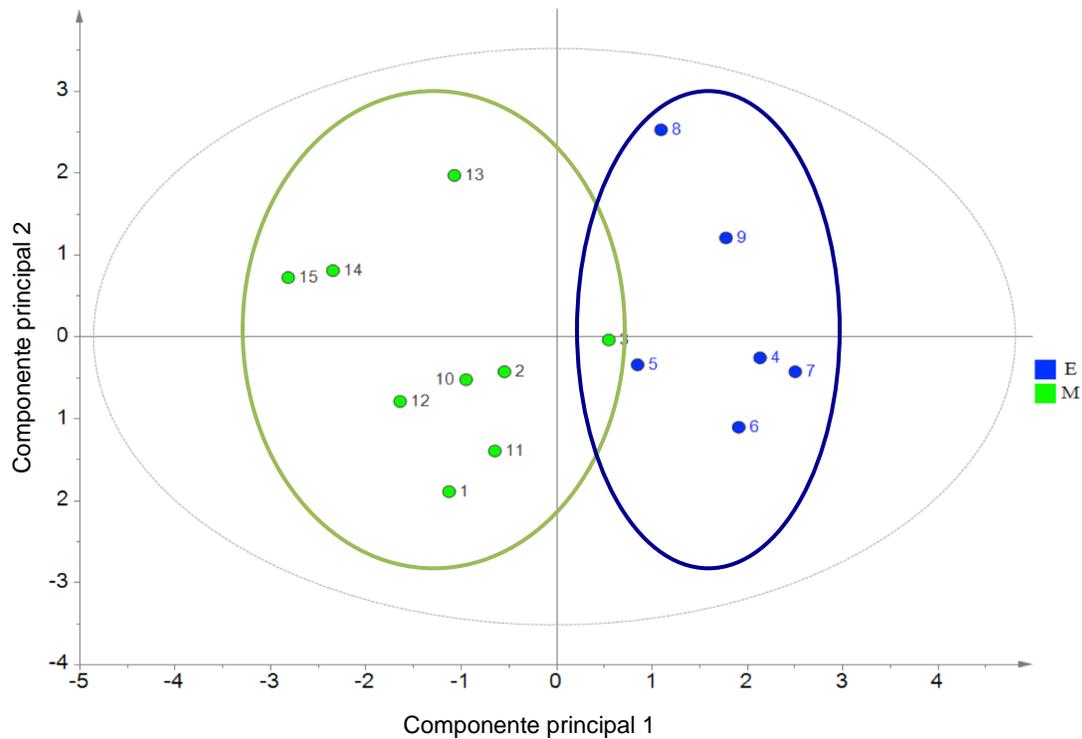


Figura 20. Representación de las muestras respecto a los componentes principales 1b y 2b, mostrando la categorización por el operador a cargo de la producción (E o M).

En la Figura 20, se observa que las muestras procesadas por el operador E se ubican en valores de PC1b positivos, lo cual indica que dicho operador utilizaba mayores velocidades del tambor rotatorio y podía influir sobre la aplicación del sazónador a la base, mientras que las muestras procesadas por el operador M presentaron la tendencia contraria. Por lo tanto, se obtiene información concluyente acerca de la falta de entrenamiento apropiado y control de los operarios, ya que los datos se separan completamente según el operario que realizó la producción, implicando que no existen condiciones de operación

específicas sino que el operador las modifica según su criterio. Además, al evaluar la línea de producción se encontró que uno de los operarios no cargaba la tolva de dosificación del sazónador a tiempo por lo que en momentos de la producción la tolva estaba vacía y se obtenía producto sin sazónador.

En resumen, al evaluar la situación actual en el proceso se encontró que la cantidad de producción, las características de las materias primas y la mano de obra fueron los factores que presentaron un efecto sobre la variabilidad del contenido de sodio en el producto terminado; por lo que se demuestra que existe una falta de control en la línea de proceso y que seguramente las soluciones a trabajar estarán ligadas a los resultados obtenidos en este apartado.

5.2.2 Evaluación sensorial de la situación actual del producto

En la Figura 21 se observa la línea de mejor ajuste para la determinación del JND del producto X.

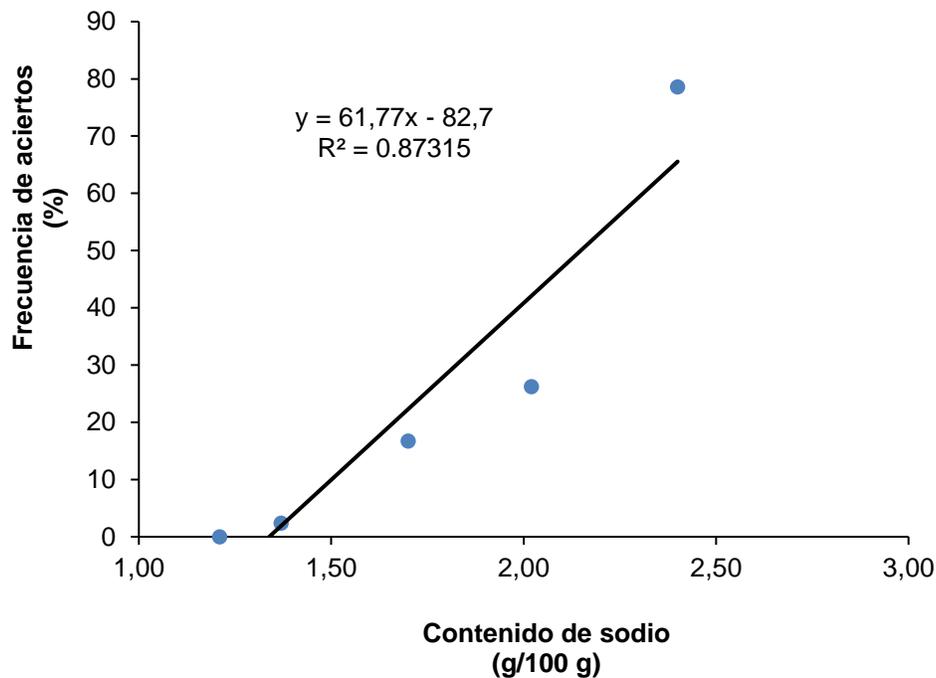


Figura 21. Línea de mejor ajuste para la frecuencia de aciertos para determinar el umbral de diferencia JND del producto X.

A partir de la línea de mejor ajuste se determinó que el umbral de diferencia apenas perceptible es de 0,2 g/100 g de sodio en el *snack* evaluado, mientras que las diferencias en el contenido de sodio del producto terminado de la muestra analizada en los meses de mayo y junio 2018 se encontraron por debajo de 0,7 g/100 g de sodio, donde un 48,6 % de las diferencias son valores por encima del umbral (Anexo 6, cuadro A6.6). Lo cual quiere decir que casi el 50 % de las variaciones observadas durante ese lapso de tiempo pueden ser identificadas por el consumidor. Dicha situación es indeseable en el producto, dado que puede afectar el agrado del consumidor.

En la Figura 22 se muestra el agrado de los consumidores por diferentes contenidos de sodio en el producto.

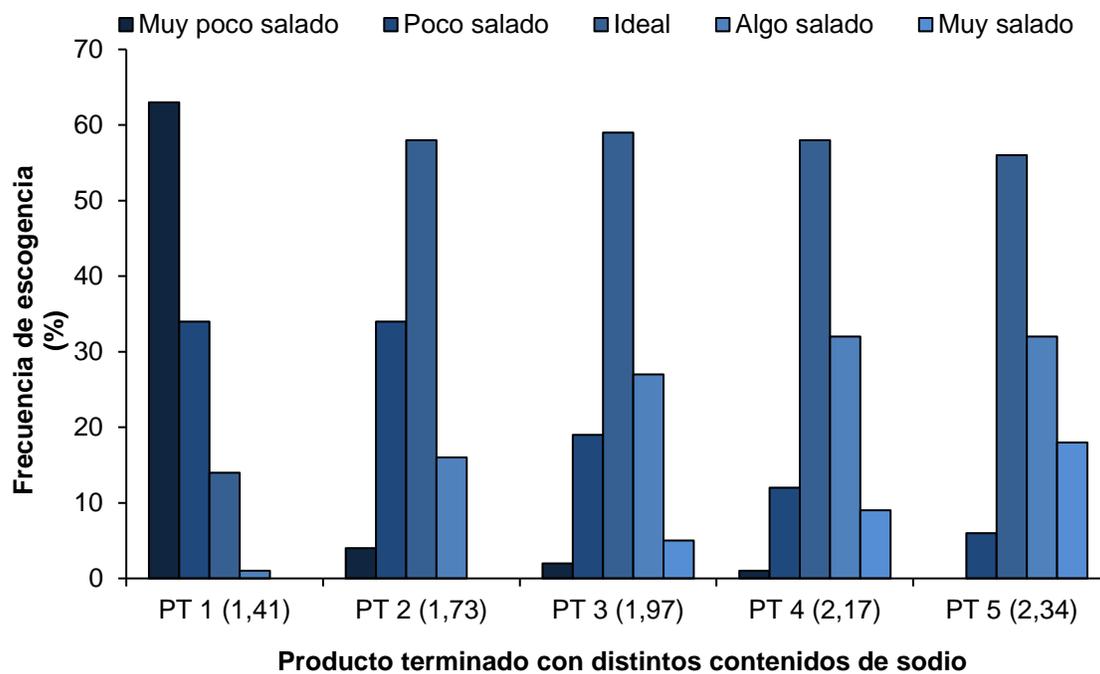


Figura 22. Histograma del atributo salado en la escala justo correcto para cinco muestras del producto X, con diferentes contenidos de sodio (reportados entre paréntesis en g/100 g de sodio).

En la Figura 22, se observa la distribución de los histogramas para el producto X con distintos contenidos de sodio. Se puede observar como los extremos

presentan un mayor porcentaje de evaluaciones muy poco salado o muy salado, mientras que al acercarse a los contenidos de sodio intermedios los histogramas son más simétricos, con un mayor porcentaje de evaluaciones ideales. Entre los tres productos intermedios no se observa una diferencia importante entre los valores ideales, pero el PT 2 y el PT 3 son los que muestran la mejor simetría sin llegar a tener la misma cantidad de valores “poco salado” y “algo salado”. Por lo tanto, se puede concluir que el contenido de sodio ideal se ubica entre 1,73 g/100 g y 1,97 g/100 g, siendo un valor cercano a 1,85 g/100 g.

Al comparar el valor ideal de 1,85 g/100 g con los valores de contenido de sodio obtenidos en la evaluación de la línea realizada entre mayo y junio del 2018, se obtiene que un 73 % de los productos se encuentran por encima del valor ideal; de los cuales un 47 % de los productos presentan diferencias que pueden ser percibidas por los consumidores (Anexo 6, cuadro A6.6). Por lo tanto, un 47 % del producto listo para la venta presenta características que lo hacen menos aceptable por parte de los consumidores y a su vez está influyendo de forma negativa sobre su salud; lo cual puede influir de forma negativa sobre las ventas del producto.

En resumen, al evaluar la situación actual de la percepción sensorial del producto terminado se encontró que los consumidores sí percibieron las diferencias en el sabor salado del producto terminado muestreado entre mayo y junio del 2018 y que a su vez existe la necesidad de estandarizar el contenido de sodio del producto X dado que existe un porcentaje de la producción que no está siendo aceptado por parte de los consumidores.

5.3 Análisis y definición de las principales causas del problema

En la Figura 23, se puede observar el diagrama de Ishikawa realizado a partir de los hallazgos sobre la situación actual y el cuestionario de las 6 M's (Anexo 5).

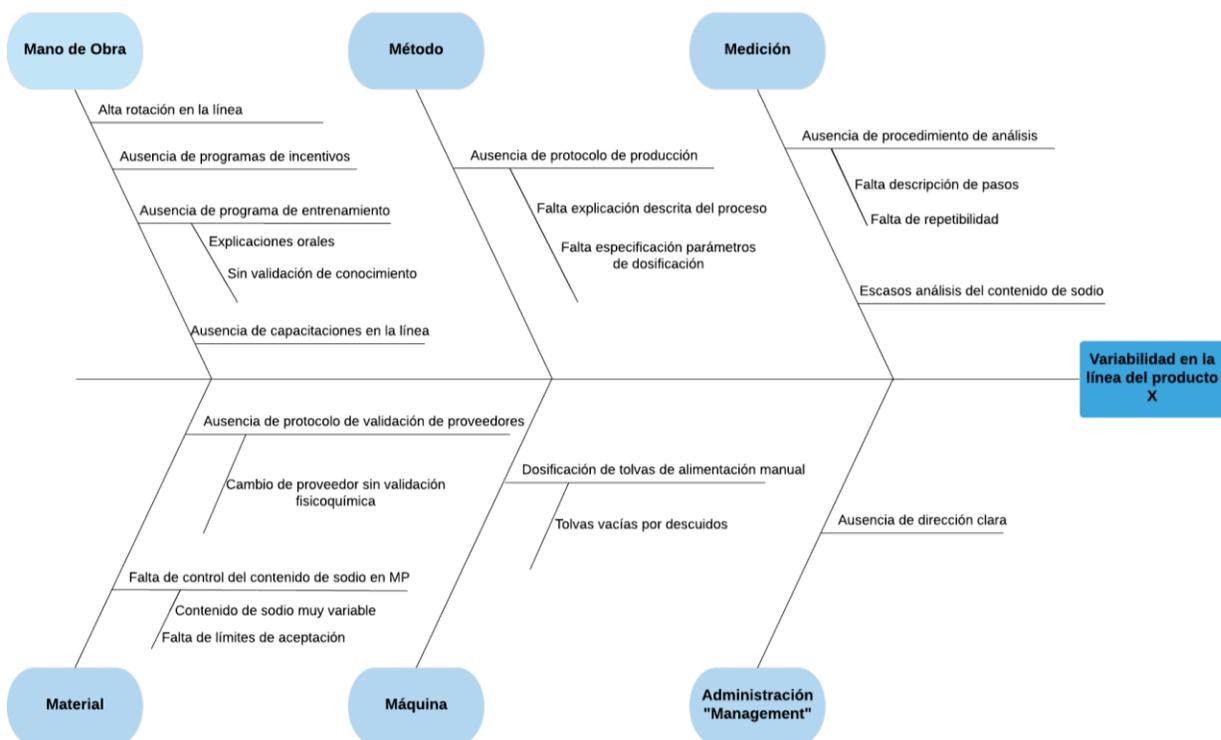


Figura 23. Diagrama de Ishikawa (causa y efecto) para el problema en la variabilidad del contenido de sodio del producto X.

En la Figura 23, se puede ver como las causas a la variabilidad del contenido de sodio vienen de las categorías: mano de obra, método, medición, material, máquina y administración.

Mano de obra:

Para el caso de la mano de obra, se evidenció que la empresa no posee un procedimiento estandarizado para el entrenamiento de los operarios cuando comienzan a trabajar en la línea de producción, sino que se entrenan de forma oral sin seguir una estructura validada. El jefe de planta les explica cómo funcionan los equipos y los parámetros generales que se deben utilizar, sin seguir un proceso validado ni una verificación posterior del conocimiento adquirido. Las buenas prácticas de manufactura (BPM) tampoco son explicadas bajo un procedimiento estandarizado sino que se explican de forma oral.

La selección de los operarios que trabajan en la línea de *pellets* y la calificación de los puestos no es definida según aptitudes específicas o conocimiento, sino que rotan por horario y disponibilidad en esa línea. Además, los operarios no reciben capacitaciones acerca del proceso, por lo que el conocimiento lo adquieren con el tiempo y la experiencia; en este caso se encontró que únicamente un operario conocía con detalle el proceso. El último hallazgo en cuanto a mano de obra fue la falta de programas de incentivos, lo cual podría ocasionar desmotivación o desinterés entre los operarios y aumentar errores en las producciones.

Método:

Dentro de la categoría de método el principal hallazgo fue la ausencia de un protocolo de producción del producto X. Las condiciones de procesamiento fueron definidas a partir del manual del equipo y pruebas en planta, pero no están documentadas. Tampoco se lleva un instructivo de orden de producción, sino que los operarios se basan en el plan de procesamiento semanal. Como puntos de control del proceso se definieron: la temperatura del aceite y velocidad de la banda, y se llevan registros para cada producción. Dichos registros son posteriormente revisados por el departamento de calidad para verificar que fueron llenados correctamente. Sin embargo, no tienen definidos puntos de control para la dosificación de las materias primas (*pellets* y sazónador); y como se vio anteriormente, este factor puede influenciar fuertemente la variabilidad en el contenido de sodio. Además, al analizar el proceso se encontró que los operarios modifican la velocidad de dosificación de los *pellets* sin fundamento y la dosificación del sazónador es muy variable en el tiempo.

Medición:

Para la categoría de medición se puede observar en la Figura 23 que una de las causas encontradas de la variabilidad en el contenido de sodio, es la ausencia de procedimientos para las mediciones fisicoquímicas realizadas. Los parámetros de calidad medidos al producto terminado son: humedad, densidad y

el perfil sensorial, pero estos se realizan durante el proceso tomando una única muestra. La desventaja de la falta de un procedimiento para los análisis radica en que no hay forma de verificar que los encargados lo realicen correctamente y de igual forma. Además, se reportó que para la determinación del contenido de sodio en el producto terminado (etiqueta nutricional) se toma una sola muestra y se realiza un único análisis únicamente cuando se desea modificar el arte del empaque, por lo que no existe una forma de detectar si el valor reportado es representativo de la producción o proviene de una de las variaciones extremas que se presentan en alguna de las producciones.

Material:

Para la categoría de material el principal factor encontrado es la ausencia de un protocolo de validación de las materias primas. Los proveedores de *pellets* se han alternado varias veces, sin antes realizar una validación en el proceso para verificar que las características fisicoquímicas, sensoriales y dónde producción no son alteradas. La empresa no solicita parámetros y límites de aceptación específicos en la ficha técnica, sino que se basan en la información dada por el proveedor para cada entrega. Tampoco se solicita un rango o valor máximo del contenido de sodio esperado en dichos productos. Además, la inspección de las materias primas para el ingreso a planta se basa en una inspección visual y análisis microbiológicos, pero no se verifica el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos.

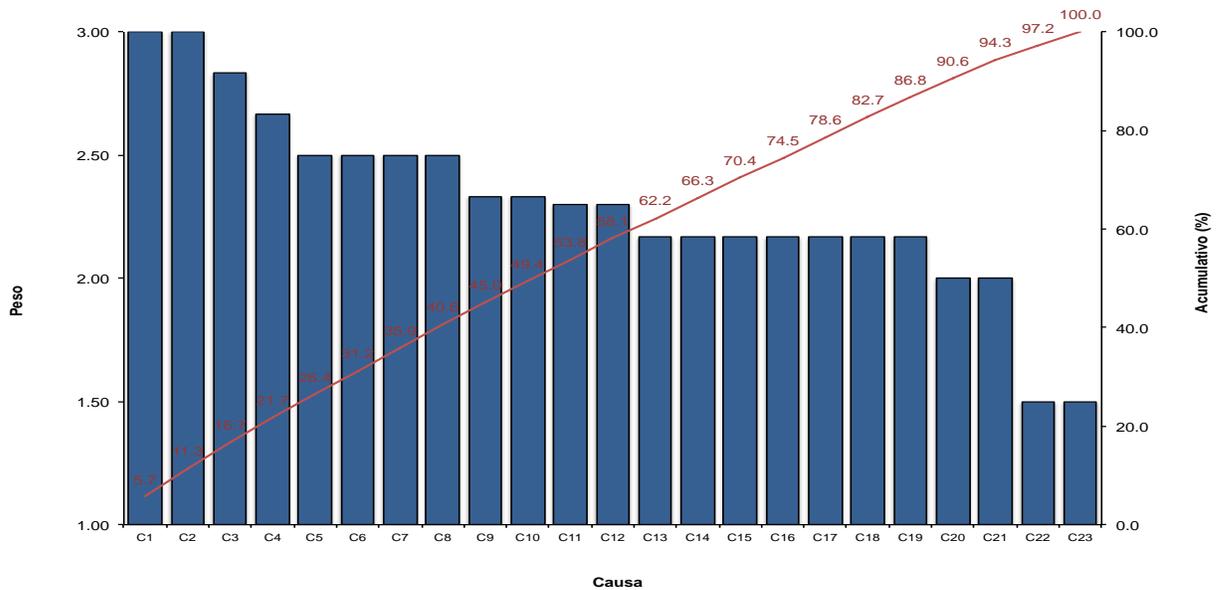
Máquina:

En la categoría de máquina la única causa encontrada fue la dosificación manual a las tolvas de alimentación de los pellets y el sazoador. El principal problema observado fue en la tolva del sazoador, dado que la posición de la tolva en ocasiones dificulta que el operador se percate de cuando está vacía, ocasionando que en ciertos momentos del proceso se obtenga producto sin sazoador. Dicha causa debe evaluarse como un fallo en el equipo y a su vez un fallo del operador.

Administración:

Por último, en la categoría de administración se encontró que varias de las causas al problema estaban ligadas a la forma de trabajar de la dirección de la empresa. De igual forma, no se abordará dicha categoría dentro del plan de soluciones dado que es de carácter confidencial para la empresa.

A partir de las causas descritas anteriormente se realizó un diagrama de Pareto con el objetivo de priorizar dichas causas, el cual se presenta en la Figura 24.



ID	Causa	ID	Causa
C1	Tolva de alimentación del sazoador vacía en momentos de la producción	C13	No se realizan análisis de sodio a las muestras como parte del control
C2	Ausencia procedimiento para el entrenamiento de los operarios	C14	No se solicita a proveedores de las MP especificaciones del contenido de sodio
C3	Ausencia procedimiento para la dosificación del sazoador	C15	Ausencia procedimiento para la medición de los parámetros de calidad
C4	Ausencia procedimiento para la dosificación de los pellets	C16	No existe documentación de como se definieron los parámetros de proceso
C5	Falta verificación conocimiento de los operarios	C17	Medición de los parámetros de calidad no tiene repetibilidad
C6	Ausencia programas de capacitación a los operarios	C18	Alta rotación de los operarios en la línea
C7	Ausencia protocolo de producción de los aros de cebolla	C19	Contenido de sodio declarado determinado a partir de una sola muestra
C8	Definición de condiciones de dosificación del sazoador sin un fundamento teórico	C20	Ausencia de instructivo de orden de producción
C9	Modificación de proveedores de los pellets sin protocolo de validación	C21	Ausencia de programa de entrenamiento de BPM
C10	Parámetros de dosificación de MP no son punto de control	C22	Ausencia programas de incentivación para los operarios
C11	Ausencia de verificación de los parámetros FQ al ingreso del sazoador	C23	Ausencia de definición de la calificación de los puestos
C12	Ausencia de verificación de los parámetros FQ al ingreso de los pellets		

Figura 24. Diagrama de Pareto para la determinación de la causa principal al problema en la variabilidad del contenido de sodio en el producto X.

En la Figura 24, se determina que para solucionar el 80 % de los problemas se debe trabajar sobre 17 de las causas determinadas. Los mismos se agrupan por afinidad en cuatro grupos diferentes:

1. Protocolo de producción: este grupo abarca las causas 3, 4, 7, 8 y 16, lo cual equivale a un 23,9% del peso total, dado que dichas cinco causas se deben a la ausencia de un protocolo de producción completo, con parámetros establecidos y validados para cada una de las operaciones.
2. Mano de obra: este segundo grupo equivale el 20,8% del peso total y está compuesto por las causas 1, 2, 5 y 6, las cuales tratan del incorrecto entrenamiento y capacitación de la mano de obra a cargo de la línea de producción, acompañado de una alta rotación del personal en la línea.
3. Materias primas: este tercer grupo se compone de cuatro causas: la 9, 11, 12 y 14, lo que corresponde a un 17,2 % del peso total de las causas; las cuales se deben a la evaluación, especificación y validación insuficiente de las materias primas antes de utilizarlas en el proceso.
4. Parámetros de calidad y control: por último, este cuarto grupo conlleva las causas: 10, 13, 15 y 17, obteniendo un 16,7% del peso total. Dichas causas declaran la ausencia de un correcto procedimiento de control y medición de los parámetros de control del proceso.

Las causas determinadas con el mayor peso en el diagrama de Pareto se encuentran en el grupo de “mano de obra”, y en segundo lugar las causas en el grupo de “protocolo de producción”. De igual forma, aun cuando el grupo de “protocolo de producción” se encuentra en segundo lugar, este abarca un mayor porcentaje del peso y a su vez el entrenamiento de los operarios se realizaría más fácilmente si se tiene un protocolo de producción. Seguidamente, el tercer grupo de causas a trabajar según la priorización será el de “materias primas” y por último el grupo de “parámetros de calidad”.

5.4 Determinación de las soluciones requeridas para la reducción de la variabilidad

5.4.1 Evaluación de las posibles soluciones

En la Figura 25 se muestra el resultado de la lluvia de ideas con posibles soluciones que se proponen realizar para reducir la variabilidad en el contenido de sodio en la línea del producto X.

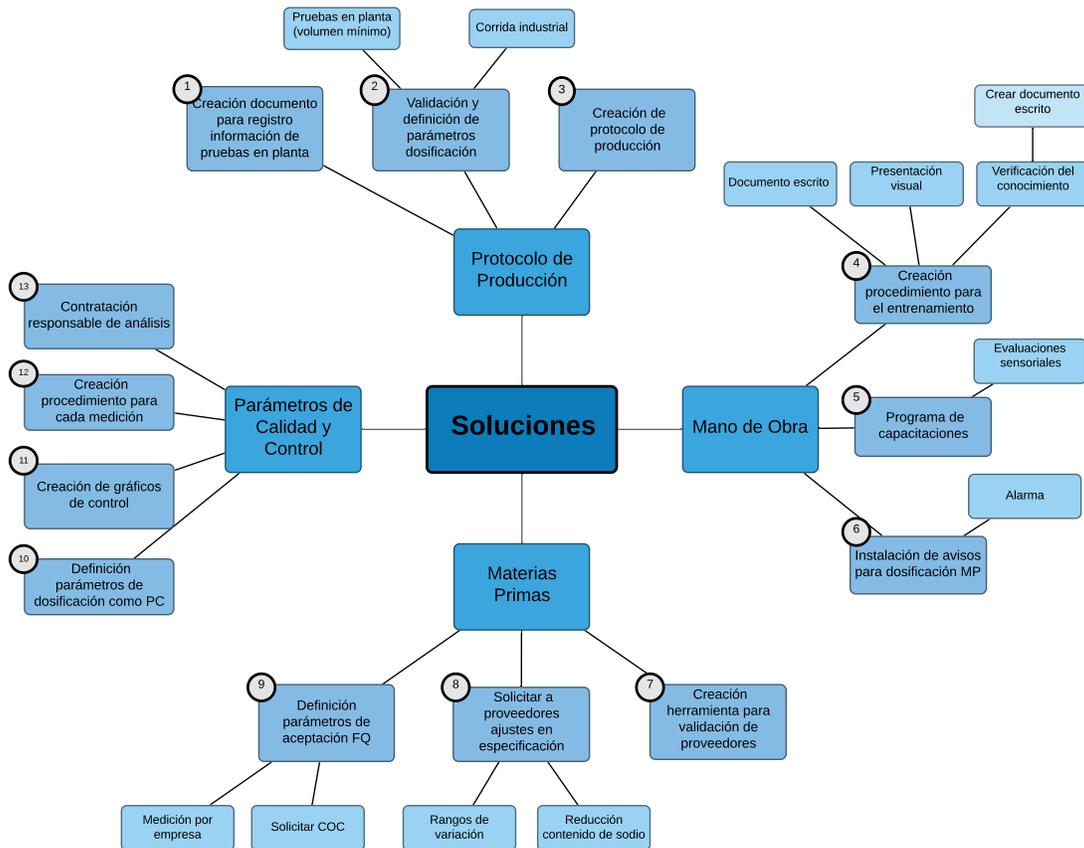


Figura 25. Esquema de soluciones propuestas para el problema en la variación del contenido de sodio, generadas a partir de lluvia de ideas para las causas determinadas con mayor peso.

Soluciones - Protocolo de Producción:

Para solucionar las causas dentro del grupo del “Protocolo de Producción” se plantearon 3 posibles soluciones. La solución #2 se basa en realizar pruebas en

la línea de proceso con el volumen mínimo de producción para validar los parámetros de dosificación de los *pellets* y el sazoador. En una primera prueba, se realizaría una corrida con las condiciones de flujo de alimentación de los *pellets* y el dosificador del sazoador actuales, para determinar el porcentaje de adhesión resultante. Dicho porcentaje de adhesión se determinaría mediante mediciones a lo largo de la prueba y de forma global a partir de los consumos de las materias primas totales. En una segunda prueba, se modificarían las condiciones de flujo de alimentación de ambos materiales, hasta obtener el porcentaje de adhesión ideal para obtener un producto terminado con un contenido de sodio de 1,85 g/100 g (según lo determinado en el apartado 5.2.2). El producto terminado obtenido en ambas pruebas se deberá de analizar fisicoquímicamente en un laboratorio externo.

La solución #1 está ligada a la segunda, y consiste en la creación de un una plantilla para documentar la información obtenida en la prueba en planta, y así mantener registros de cualquier modificación o ajuste realizado en la línea. Al obtener los parámetros de flujo de alimentación de los *pellets* y dosificador del sazoador, el siguiente paso sería realizar una corrida industrial para validar si los parámetros fisicoquímicos se mantienen dentro de los límites de control deseados, utilizando una variación normal de 3σ (Gutiérrez y de la Vara, 2013).

La última solución planteada en el grupo de “Protocolo de Producción” (solución #3), es crear un documento escrito como protocolo donde se describa de forma clara y concisa la siguiente información: nombre del producto, número de parte (códigos SAP), fórmula, información nutricional, diagrama de flujo, explicación detallada del proceso, parámetros clave del proceso y parámetros de aceptación de calidad del producto terminado.

Soluciones – Mano de Obra:

Para el grupo de “Mano de Obra”, se plantearon tres soluciones. Primero, la solución #4 se basa en crear un procedimiento de inducción para el entrenamiento de los operarios al comenzar a trabajar en la línea de producción

del producto X. Dicho procedimiento estaría constituido por un documento escrito, una presentación visual y un documento para la verificación del conocimiento. La verificación del conocimiento se conformaría por una evaluación teórica al finalizar el entrenamiento, enfocada en garantizar que el operario comprendió el funcionamiento y parámetros de la línea y muestra conciencia de la importancia de dichos factores para mantener la calidad del producto.

La solución #5 planteada es la creación de un programa de capacitaciones de los operarios, enfocada en la evaluación sensorial del producto terminado; esto con el objetivo de que los operarios puedan detectar si el producto está saliendo con desviaciones a nivel del color, crujencia, intensidad de sabor, intensidad de salado, etc. La última solución (solución #6) es la instalación de un dispositivo en la tolva de alimentación del sazonador, que active una alarma cada cierto tiempo para recordarle al operador que se debe adicionar sazonador y así evitar que la tolva llegue a vaciarse por completo.

Soluciones – Materias Primas:

En el grupo de “Materias Primas” se plantearon otras tres soluciones. La solución #7 es la creación de una herramienta para la validación de nuevos proveedores de las materias primas, donde se comparen las características fisicoquímicas, sensoriales y productivas y se pueda aceptar o rechazar la nueva materia prima. La segunda solución (solución #8), es solicitar a los proveedores que reduzcan los rangos de variación de los parámetros (grasa, humedad, sodio) para asegurarse de que no influyan sobre la variabilidad; para el caso de los *pellets* también sería necesario solicitar que el rango sea reducido hacia los valores menores encontrados. La última solución dentro de este grupo, solución #9, es la definición de parámetros de aceptación fisicoquímicos de las materias primas, y adquirir los equipos necesarios para realizar las mediciones al ingreso del material o bien solicitar a los proveedores un certificado de cumplimiento de dichos parámetros (COC, por sus siglas en inglés).

Soluciones - Parámetros de Calidad y Control:

Por último, para el grupo de “Parámetros de Calidad y Control” se definieron tres soluciones. La primera solución del grupo, solución #10, propone incluir los parámetros de dosificación definidos en la solución #2 como puntos de control del proceso. Luego, la solución #11 sería la creación de gráficos de control de los parámetros de calidad y proceso para evaluar el comportamiento de las producciones y poder tomar acciones correctivas en caso de que sea necesario.

La tercer solución del grupo, solución #12, consiste en la creación de un procedimiento para la medición de cada uno de los parámetros de calidad, con el fin de garantizar la reproducibilidad y repetibilidad de las mediciones. Por último, en la solución #13 se propone contratar a un empleado con las aptitudes necesarias para realizar los análisis de calidad, la cual debe ir acompañada de una justificación del retorno de la inversión. Por lo tanto, antes de realizar la contratación se deberá de realizar un estudio de viabilidad económico para la contratación de una persona fija, tiempo completo, bajo un rol de laboratorista.

5.4.2 Priorización de las posibles soluciones

Para definir el orden en el que se proponen llevar a cabo las soluciones, se utilizó la matriz de criterio de evaluación presente en el Cuadro VI, basadas en las 13 soluciones planteadas en la lluvia de ideas de la Figura 25. Para su evaluación se utilizó la escala de evaluación de cada criterio planteada en el siguiente cuadro.

Cuadro V. Escala de evaluación utilizada para la elaboración de la matriz de solución de las soluciones requeridas para la reducción del problema.

Criterios Cualitativos						Criterios Cuantitativos					
Restricciones		Aprobación		Impacto		Recursos		Costo (¢)		Tiempo	
Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición
1	No hay	1	Gerente de área	1	Alto	1	Pocos	1	<100 000	1	Corto
2	Hay	2	Gerente General	2	Moderado	2	Moderados	2	100 000- 700 000	2	Mediano
		3	Junta Directiva	3	Bajo	3	Altos	3	700 000- 1 000 000	3	Largo

Cuadro VI. Matriz de evaluación de las soluciones al problema en la variabilidad del contenido de sodio en el producto X, para su priorización (basándose en la escala planteada en el Cuadro IV) .

ID	Criterios de evaluación						TOTAL	Priorización
	Recursos	Aprobación de gerencia	Restricciones	Costo	Tiempo	Impacto		
	0,10	0,15	0,10	0,25	0,20	0,20		
1	1	1	1	1	1	3	1,4	4
2	2	1	1	1	1	1	1,1	1
3	1	1	2	1	2	1	1,3	3
4	2	2	1	2	3	1	1,9	6
5	2	2	2	3	2	1	2,0	7
6	2	1	1	1	1	1	1,1	1
7	1	1	1	1	1	2	1,2	2
8	1	1	2	1	2	3	1,7	5
9	2	1	2	2	1	2	1,7	5
10	2	1	2	1	1	2	1,4	4
11	2	1	1	1	1	2	1,3	3
12	1	1	1	1	1	3	1,4	4
13	2	3	2	3	3	3	2,8	8

Como se puede observar en el Cuadro VI, el criterio con un mayor peso en la matriz de evaluación fue el costo, seguido del tiempo requerido y el impacto logrado. La priorización de las soluciones propuestas va en orden ascendente de la puntuación total, dado que se puede comenzar a solucionar el problema abarcando primero las propuestas más simples y que requieren una menor cantidad de recursos, tiempo y dinero. Algunas de las soluciones obtuvieron puntuaciones iguales por lo que se les dio una misma priorización, pero de igual forma al realizar el cronograma para determinar el orden de implementación se considerará la priorización, las dependencias entre soluciones y los responsables de las tareas.

Se puede observar como la mayoría de las soluciones requieren una cantidad baja o moderada de recursos, costo y tiempo, lo cual es una ventaja para el plan de soluciones propuesto, dado que implica que la inversión requerida no será tan elevada. Además, solo la última solución propuesta (contratación de analista) implica el nivel de aprobación más alto, la junta directiva, lo que implica que las mejoras podrán implementarse sin necesidad de un proceso de aprobación extenso.

En el caso de las restricciones, sí se encontraron restricciones en varias de las mejoras propuestas, descritas a continuación:

- **Solución #3 (Creación y documentación de protocolo, proceso y procedimientos de producción):** no es posible comenzar con la creación del procedimiento hasta que se definan y validen los parámetros de dosificación de las materias primas.
- **Solución #5 (Desarrollo de programas anuales de capacitación de los operarios):** las jornadas de los operadores dejan poca disponibilidad para reservar un espacio para las capacitaciones, se deberá de trabajar en un reacomodo de las cargas de trabajo para realizar dichas actividades.
- **Solución #8 (Solicitar a proveedores ajustes en las especificaciones de las materias primas):** realizar esta solución depende de que los proveedores declaren que los cambios solicitados son posibles.
- **Solución #9 (Definición de parámetros de aceptación fisicoquímicos de las materias primas):** los parámetros a seleccionar tendrán la restricción de que es preferible no requerir ningún equipo de medición nuevo, sino la solución se deberá de reevaluar dado que el costo y recursos serán mayores.
- **Solución #10 (Creación de gráficos de control para los parámetros de calidad y proceso):** el gerente de producción declaró que dicha solución tendrá la restricción del personal, debido que se presentará una resistencia al cambio para la implementación de los gráficos.

- **Solución #13 (Contratación de analista de parámetros de calidad):** dicha solución queda retenida a la aprobación de la junta directiva de la empresa luego de presentar el estudio de viabilidad económica.

La validación del proyecto se realiza en función del beneficio obtenido por los resultados de las mejoras, comparadas con la inversión inicial que se debe realizar para la implementación del plan propuesto.

5.4.3 Costos asociados a la implementación de las soluciones

A continuación, en los cuadros VII a X, se describen los costos en los que debe incurrir la organización para implementar las soluciones propuestas. Cabe aclarar que los costos de las horas hombre (1500 ¢/h) son estimados ya que dicha información es de índole confidencial.

En la determinación de los costos, las horas utilizadas para la implementación del proyecto se consideran como horas extras dado que dicha propuesta es un proyecto separado a los objetivos diarios de la empresa.

Cuadro VII. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Protocolo de Producción.

ID	Componente/Actividad	Cantidad/ Horas	Costo unitario (¢)	Costo total (¢)
1	Creación de documento para registro de pruebas en planta	4	1 500	6 000
2	Pruebas en planta para validación de parámetros de dosificación	16	1 500	24 000
3	Creación de documento del protocolo de producción del producto	20	1 500	30 000
Total				60 000

El costo de las soluciones propuestas para atender los problemas dentro del grupo de Protocolo de Producción está dado únicamente por las horas hombre

que tomará en realizarse cada actividad, por lo tanto, el costo total no es elevado.

Cuadro VIII. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Mano de obra.

ID	Componente/Actividad	Cantidad/ Horas	Costo unitario (¢)	Costo total (¢)
4	Creación de procedimiento para el entrenamiento y certificación de los	70	1 500	105 000
5	Desarrollo de programas anuales de capacitación	1	850 000 ¹	850 000
6	Instalación de alarma en el dosificador de sazoador	1	20 000	20 000
Total				975 000

¹Según un aproximado de la cotización realizada por el CITA para brindar el servicio.

Este segundo grupo presenta el costo de implementación más elevado, dado que se requieren más horas hombre para la preparación del entrenamiento de los operadores y las capacitaciones requieren del apoyo de un ente externo.

Cuadro IX. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Materia Prima.

ID	Componente/Actividad	Cantidad/ Horas	Costo unitario (¢)	Costo total (¢)
7	Creación de herramienta para validación de proveedores	4	1 500	6 000
8	Solicitud a proveedores de cambios en especificación	4	1 500	6 000
9	Definición de parámetros de aceptación FQ de las materias primas	16	1 500	24 000
Total				36 000

En el grupo de Materia Prima se requiere el menor costo para la implementación de las propuestas. Ya que las tres soluciones se pueden realizar en tiempos más cortos que las soluciones planteadas en los demás grupos. Para la solución 8, lo se está contabilizando es el tiempo del encargado de realizar la solicitud y darle seguimiento al asunto.

Cuadro X. Resumen del costo de implementación de las soluciones propuestas para la reducción del problema dentro del grupo de Parámetros de Calidad y Control.

ID	Componente/Actividad	Cantidad/ Horas	Costo unitario (¢)	Costo total (¢)
10	Creación de gráficos de control de calidad y proceso	8	1 500	12 000
11	Definición de parámetros de dosificación como PC	0	0	0
12	Creación de procedimientos de medición de los parámetros de calidad	16	1 500	24 000
13	Contratación de analista de parámetros de calidad	1	553 124 ¹	553 124
Total				589 124

¹Salario mínimo mensual de bachiller universitario para el encargado de realizar el estudio de viabilidad económica.

Este último grupo, es el segundo más costoso debido a la última solución planteada, ya que las demás soluciones no aportan mayor valor al total. El costo unitario evaluado para la solución de la contratación de un analista de laboratorio no se basa en el salario de dicha persona sino en el salario del ingeniero que deberá de realizar una evaluación previa. Se requiere dicha evaluación debido a que la contratación debe ser avalada por la Junta Directiva de la empresa y por ende se debe presentar una evaluación de la viabilidad económica de la contratación de una persona fija tiempo completo para el puesto de Laboratorista.

Este plan de soluciones le brindará a la empresa los siguientes beneficios:

1. La estandarización y documentación en la línea del producto X a nivel de la producción, los operadores, las materias primas y la calidad y control del proceso.
2. La definición de los parámetros de dosificación de las materias primas permite obtener un producto terminado con un contenido de sodio cercano al ideal, lo cual aumenta la satisfacción del consumidor.
3. Al realizar un protocolo de producción escrito donde se definen los parámetros de proceso críticos y los parámetros de calidad del producto terminado deseados se reducen los defectos y variaciones del proceso, por ende, se obtienen reducciones en el costo de producción.
4. El entrenamiento de los operarios permite aumentar la calidad del producto terminado y reducir los defectos y variaciones por errores humanos.
5. Al realizar una capacitación de análisis sensorial a los operadores en la línea se obtiene una herramienta para la detección de producto terminado fuera de especificación sin requerir la compra de equipos de medición.
6. La instalación de una alarma para el control de la alimentación del sazonador a la tolva de dosificación evita el procesamiento de producto terminado sin aplicación de sazonador.
7. Al trabajar sobre las materias primas se reduce la variabilidad no controlable del proceso y se facilita el ajuste de los parámetros para lograr las especificaciones de calidad deseadas.
8. Al implementar herramientas para el control del proceso se obtiene conocimiento sobre los puntos con oportunidades de mejora en el proceso y se pueden establecer nuevos planes de acción.
9. Los procedimientos para la medición de los parámetros de calidad mejoran la repetibilidad y reproducibilidad del método.
10. La contratación de un especialista para la medición de todos los análisis de calidad evita la variación entre analista y debido a la experiencia se obtiene una mayor precisión y exactitud.

5.5 Propuesta de implementación y control para la solución del problema

5.5.1 Etapa de implementación

En los cuadros a continuación se presentan las actas de proyecto para los cuatro grupos de propuestas para la solución del problema.

Cuadro XI. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Protocolo de Producción.

Nombre:	Desarrollo de soluciones para las causas al problema en el grupo Protocolo de Producción		
¿Por qué se está haciendo el Proyecto?			
La empresa Y presentaba el interés de reducir el contenido de sodio en el producto X, pero debido a la existencia de una alta variación en el contenido de sodio y el proceso de la línea de producción se debe realizar un plan para la estandarización del proceso, antes de continuar con la estrategia de reducción.			
Definición del Problema / Oportunidad			
Actualmente, la línea de producción del producto X no presenta ningún documento como protocolo de producción donde se explique el proceso, los materiales a usar, los parámetros clave y las especificaciones del producto terminado. No existe documentación de las pruebas realizadas para la definición de los parámetros de proceso y las condiciones de dosificación de las materias primas no están definidas como puntos de control, por lo que en ocasiones los operarios modificaban las condiciones alterando por ende las características del producto terminado.			
Patrocinador del Proyecto:	Departamento de producción	Líder o Gestor del Proyecto:	Gerente de Administración de la Producción

Miembros del Equipo:	Gerente de Administración de la Producción		
	Asistente de producción		
	Jefe Técnico		
Fecha Inicio:	19/08/19	Fecha Fin:	15/10/19
Alcance del Proyecto	La línea de producción del producto X de la empresa Y.		
Definición de la Meta			
Elaborar un protocolo de producción que incluya los parámetros del proceso previamente validados y documentados mediante un documento de registro de pruebas en planta.			
Productos esperados			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Validación de los parámetros de dosificación de las materias primas <ol style="list-style-type: none"> a. Caracterizar el producto terminado en las condiciones actuales. b. Caracterizar las materias primas a utilizar en la prueba en planta para conocer el contenido de sodio exacto. c. Elaborar una prueba en planta modificando los parámetros de proceso para obtener un porcentaje de aplicación cercano a 7,4 %³ y así lograr un contenido de sodio cercano a 1,85 g/100 g (aplicación determinada a partir de caracterización en punto b). Caracterizar el producto obtenido en la prueba. d. Realizar una corrida industrial para validar las condiciones de dosificación determinadas. 2. Creación documento de protocolo de producción 3. Creación documento machote para registro de pruebas en planta <ol style="list-style-type: none"> a. Crear documento. b. Completar documento para pruebas realizadas en el apartado 1. 			

³ La determinación del porcentaje de adhesión se realizó de forma teórica utilizando el promedio del contenido de sodio determinado de los pellets y el promedio de la especificación del sazónador dada por el proveedor, dicho valor se deberá validar luego de realizar la prueba en planta y corregir las variaciones de las materias primas.

Cuadro XII. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Mano de Obra.

Nombre:	Desarrollo de soluciones para las causas al problema en el grupo Mano de Obra		
¿Por qué se está haciendo el Proyecto?			
La empresa Y presentaba el interés de reducir el contenido de sodio en el producto X, pero debido a la existencia de una alta variación en el contenido de sodio y el proceso de la línea de producción se debe realizar un plan para la estandarización del proceso, antes de continuar con la estrategia de reducción.			
Definición del Problema / Oportunidad			
La empresa no posee un procedimiento escrito para el entrenamiento de los operarios cuando comienzan a trabajar en la línea de producción, sino que se entrenan de forma oral sin seguir un proceso validado ni una certificación del conocimiento posterior. Además, los operarios no reciben capacitaciones acerca del proceso, por lo que el conocimiento lo adquieren con el tiempo. Estas condiciones llevan a que cada operario trabaje bajo sus propias condiciones y se vea comprometido el producto terminado.			
Patrocinador del Proyecto:	Departamento de producción	Líder o Gestor del Proyecto:	Gerente de Administración de la Producción
Miembros del Equipo:	Gerente de Administración de la Producción Asistente de producción Jefe Técnico		
Fecha Inicio:	01/08/19	Fecha Fin:	27/12/19
Alcance del Proyecto	La línea de producción del producto X de la empresa Y.		

Definición de la Meta

Elaborar un procedimiento para el entrenamiento y un programa de capacitaciones para los operarios.

Productos esperados

- 1.** Instalación de alarma en tolva de dosificación de sazonador
 - a.** Buscar y comprar alarma deseada.
 - b.** Instalar dispositivo en la tolva y definir ciclos de tiempo en lo que se activa la señal.
- 2.** Creación de procedimiento de entrenamiento y certificación del conocimiento
 - a.** Crear documento escrito para el proceso de entrenamiento
 - b.** Crear presentación visual para el entrenamiento de los operarios
 - c.** Crear herramienta para la certificación del conocimiento
 - d.** Utilizar los documentos para entrenar los operarios de la línea
- 3.** Desarrollo de programa anual de capacitaciones en análisis sensorial
 - a.** Contactar a especialistas en sensorial para desarrollar programa de capacitaciones
 - b.** Realizar capacitación a operarios

Cuadro XIII. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Materia Prima.

Nombre:	Desarrollo de soluciones para las causas al problema en el grupo Materia Prima		
¿Por qué se está haciendo el Proyecto?			
La empresa Y presentaba el interés de reducir el contenido de sodio en el producto X, pero debido a la existencia de una alta variación en el contenido de sodio y el proceso de la línea de producción se debe realizar un plan para la estandarización del proceso, antes de continuar con la estrategia de reducción.			
Definición del Problema / Oportunidad			
La empresa no les solicita a los proveedores de las materias primas parámetros y límites de aceptación específicos en la ficha técnica, tampoco un rango o valor máximo del contenido de sodio esperado en dichos productos. Además, en la inspección de las materias primas para el ingreso a planta no se verifica el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y se han modificado en varias ocasiones los proveedores de los <i>pellets</i> sin antes validar el efecto sobre el proceso y el producto terminado. La ausencia de dichas prácticas lleva a que las materias primas sean una fuente de variación importante en el producto terminado.			
Patrocinador del Proyecto:	Departamento de calidad	Líder o Gestor del Proyecto:	Gerente de Calidad
Miembros del Equipo:	Gerente de Calidad Asistente de calidad		
Fecha Inicio:	19/08/19	Fecha Fin:	01/11/19
Alcance del Proyecto	La línea de producción del producto X de la empresa Y.		

Definición de la Meta

Reducir la variabilidad de las materias primas mediante la definición de los parámetros de aceptación fisicoquímicos y rangos de variación, la solicitud de la modificación de las especificaciones a los proveedores y la validación de las nuevas materias primas.

Productos esperados

1. Creación de herramienta para la validación de nuevos proveedores
2. Definición de parámetros de aceptación FQ
 - a. Definir parámetros de aceptación
 - b. Informar a los proveedores y solicitar que entreguen la COC.
3. Solicitud a proveedores la modificación de especificaciones
 - a. Definir rangos de variación y contenido de sodio máximo
 - b. Informar a los proveedores

Cuadro XIV. Acta del proyecto para las soluciones del grupo Parámetros de Calidad y Control.

Nombre:	Desarrollo de soluciones para las causas al problema en el grupo Parámetros de calidad y control		
¿Por qué se está haciendo el Proyecto?			
La empresa Y presentaba el interés de reducir el contenido de sodio en el producto X, pero debido a la existencia de una alta variación en el contenido de sodio y el proceso de la línea de producción se debe realizar un plan para la estandarización del proceso, antes de continuar con la estrategia de reducción.			
Definición del Problema / Oportunidad			
Existe inquietud por la forma en que se realiza la medición de los parámetros de calidad dado que no hay un encargado específico, se realiza una sola medida y no tienen procedimientos escritos para verificar que la medición se realizó correctamente. Además, no llevan gráficos de control de las variables de proceso determinadas como críticas y la empresa deja por fuera ciertos parámetros que resultaron importantes para el control de la variabilidad al realizar la evaluación de la línea.			
Patrocinador del Proyecto:	Departamento de calidad	Líder o Gestor del Proyecto:	Gerente de Calidad
Miembros del Equipo:	Gerente de Calidad Asistente de calidad Jefe Técnico		
Fecha Inicio:	19/08/19	Fecha Fin:	21/02/20

Alcance del Proyecto	La línea de producción del producto X de la empresa Y.
Definición de la Meta	
Mejorar la medición, evaluación y control de los parámetros de calidad y proceso mediante la elaboración de herramientas.	
Productos esperados	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de condiciones de dosificación como parámetros críticos del proceso 2. Creación de procedimientos para parámetros de calidad <ol style="list-style-type: none"> a. Realizar procedimientos b. Entrenar a encargados de realizar mediciones 3. Creación de gráficos de control de calidad y proceso <ol style="list-style-type: none"> a. Realizar gráficos de control b. Explicar a operadores como completar gráficos 	

Considerando el orden de priorización obtenido a partir de la matriz de selección (Cuadro VII) se realizó un diagrama de Gantt para cada uno de los cuatro proyectos: protocolo de producción, mano de obra, materias primas y parámetros de calidad y control, el cual se muestra en la Figura 26.

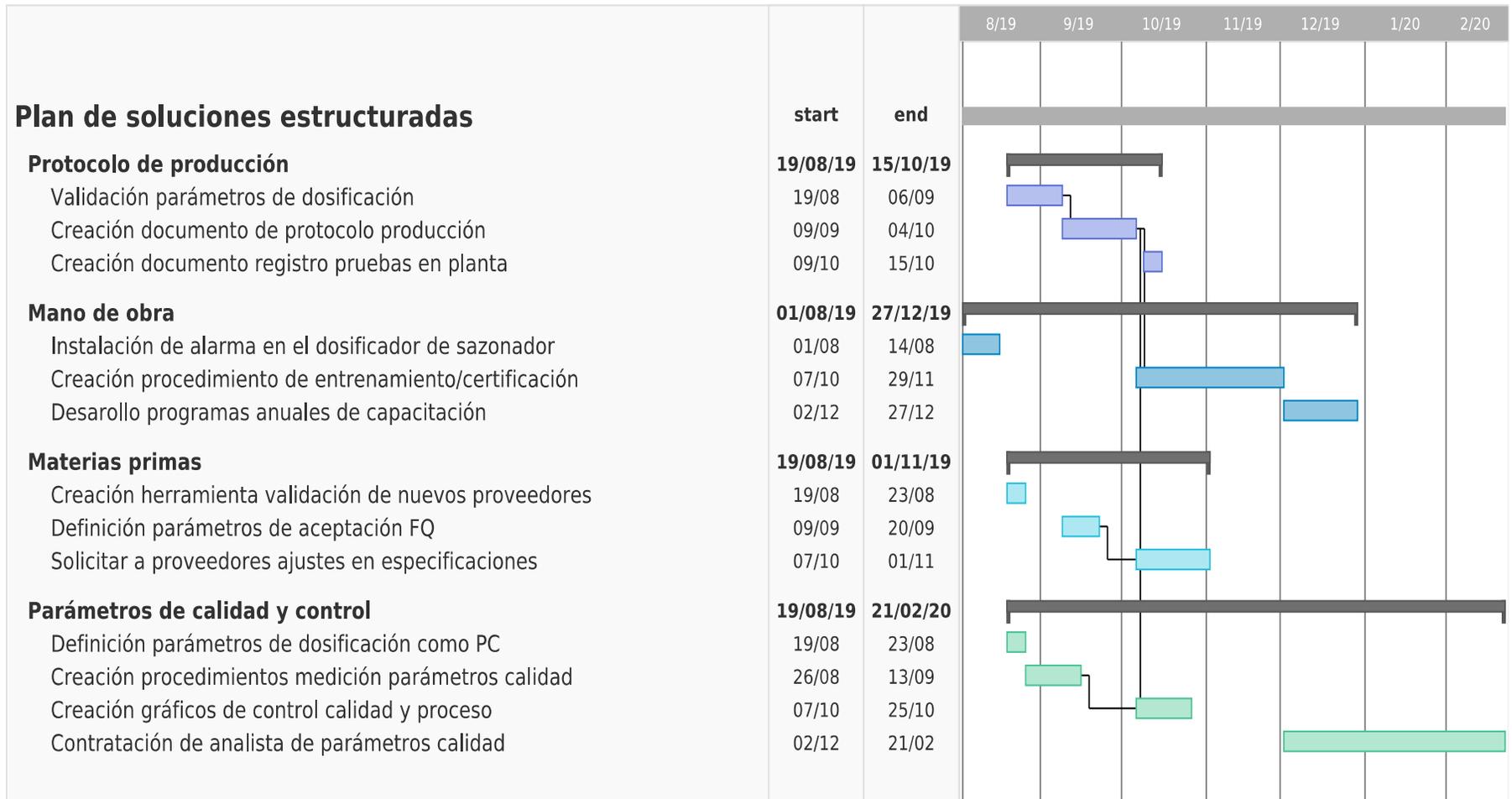


Figura 26. Diagrama de Gantt de la propuesta para la solución al problema en la variabilidad del contenido de sodio del producto X.

En la Figura 26, se observa el cronograma a seguir dividido en los cuatro proyectos, el cual presenta un tiempo total de 7 meses para completar el plan de soluciones planteado. Cada proyecto se trabajará de forma individual, pero como se muestra en el Gantt se puede trabajar en varias tareas a la vez.

La primera tarea es la instalación de la alarma en la tolva de dosificación del grupo “Mano de Obra”, la cual tiene una duración de una semana. Al finalizar dicha tarea se puede comenzar con los otros tres grupos. Dentro del grupo “Protocolo de Producción”, la segunda tarea tiene una dependencia de la primera por lo que hasta que se definan las condiciones del proceso se puede comenzar a realizar el documento de protocolo de producción. La tercera tarea no tiene una dependencia, pero debido a que es un equipo de trabajo pequeño se esperará a que el personal encargado no tenga tareas pendientes para realizar el documento para registro de pruebas en planta. En total, el proyecto de “Protocolo de Producción” se lleva a cabo en nueve semanas.

Seguidamente, la segunda tarea del proyecto de “Mano de Obra” es dependiente de la tarea de elaboración del protocolo de producción, dado que no se puede comenzar el entrenamiento de los operarios sino se tiene claro el proceso y las especificaciones clave. El entrenamiento de los operarios tiene una duración de ocho semanas, dado que luego de preparar todo el material se deberán de buscar espacios donde el personal presente disponibilidad para llevar acabo la actividad. La tarea de entrenamiento demandará una gran cantidad de tiempo y recursos del personal a cargo, por lo que aun cuando las capacitaciones no dependen de ello se comenzará a trabajar en ella hasta finalizar el proceso de entrenamiento. Este proyecto se tardará 22 semanas para completarlo.

Para el proyecto de “Materias Primas”, las primeras dos tareas son independientes y tardan únicamente 1-2 semanas. En el caso de la tercera tarea, esta depende de la segunda dado que se requiere tener definida las especificaciones clave de los materiales para solicitar a los proveedores que realicen el cambio en la ficha técnica. Además, la tercera tarea también depende

de la elaboración del protocolo dado que en este se definen las especificaciones deseadas del producto terminado, las cuales dependerán en parte de las características de las materias primas. Dicho proyecto tiene una duración de 11 semanas.

Por último, en el proyecto de “Parámetros de Calidad y Control” las primeras dos tareas también son independientes. Luego la tercera tarea, que consiste en la elaboración de gráficos de control de calidad y proceso, depende de la elaboración del protocolo de producción dado que en él se determinan los parámetros clave del proceso que se deben inspeccionar. También, es dependiente de la elaboración de los procedimientos de medición de los parámetros de calidad dado que en ellos se determinarán los tiempos de muestreo y registro de datos. La última tarea, es la contratación de una analista de laboratorio que realice todos los análisis de calidad. Dicha tarea se colocó de último dado que la apertura de una nueva plaza en la empresa implica un alto costo y tiempo, y hasta que se finalicen las demás soluciones al problema se puede llevar a cabo la evaluación de la viabilidad económica para determinar la urgencia y necesidad de realizar la contratación. En total, este proyecto tiene una duración de 27 semanas.

5.1.1 Etapa de control

Figuras para la implementación

En las Figuras 27 a 32, se presentan las plantillas y gráficos de control que utilizará la empresa para efectuar el plan de soluciones estructuradas. Dichos documentos son una propuesta para facilitar la implementación de cada tarea, sin embargo, su desarrollo y formato será proporcionado por la empresa al implementar el plan de soluciones planteado en el apartado anterior.

	PROTOCOLO DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS	Código:
Fecha de aprobación: 00/ 00 / 2019	Versión: 1	Página 1 de 1

1. Información general

Nombre del producto:

Códigos (SAP):

Ingredientes:

Información nutricional:

Presentación comercial:

Vida útil:

Condiciones de almacenamiento:

Embalaje:

2. Proceso de producción

Formulación:

Código	Material	Unidad	Cantidad

Empaque:

Código	Material	Unidad	Cantidad

Diagrama del proceso:

Explicación del proceso:

Parámetros clave del proceso:

Parámetro	Valor

Especificaciones de calidad del producto:

Parámetros fisicoquímicos	Valor

Figura 27. Plantilla para la elaboración del protocolo de producción.

	REGISTRO DE PRUEBAS EN PLANTA	Código:
Fecha de aprobación: 00/ 00 / 2019	Versión: 1	Página 1 de 1

1. Información general

Nombre del producto:

Fecha de la prueba:

Operador a cargo:

Cantidad de producción

Objetivo de la prueba:

2. Proceso

Diagrama de flujo:

Parámetros clave:

Hallazgos:

3. Resultados

Resultados fisicoquímicos:

Parámetro	Especificación	Resultado

Resultados Sensoriales:

Observaciones:

Figura 28. Plantilla para la elaboración del documento de registro de pruebas en planta.

	PROCEDIMIENTO PARA EL ENTRENAMIENTO DE LOS OPERADORES	Código:
Fecha de aprobación: 00/ 00 / 2019	Versión: 1	Página 1 de 1

1. Objetivo

2. Alcance

3. Definiciones

4. Módulos

Módulo A:

Entrenador:

Tiempo:

Recursos:

Esquema de trabajo:

I.

a.

b.

II.

a.

b.

5. Seguimiento a la inducción

Aspectos clave de la inducción	Es clara la explicación	Quisiera tener más información

Figura 29. Plantilla para el procedimiento del entrenamiento de los operarios.

HERRAMIENTA PARA LA VALIDACION DE NUEVAS MATERIAS PRIMAS		Código:
Fecha de aprobación: 00/ 00 / 2019	Versión: 1	Página 1 de 1

1. Información General

Fecha:
Producto terminado:
Materia Prima:

2. Evaluación Físicoquímica

Parámetros de la Materia Prima:

Parámetro	Rango del Patrón	Resultados de la Prueba	Cumple (Si/No)

Parámetros del Producto Terminado:

Parámetro	Rango del Patrón	Resultados de la Prueba	Cumple (Si/No)

3. Evaluación Sensorial

Parámetro	Rango del Patrón	Resultados de la Prueba	Cumple (Si/No)
Apariencia General			
Sabor			
Textura			
Observaciones/ Imágenes			

4. Evaluación de costo

Parámetro	Rango del Patrón	Resultados de la Prueba	Cumple (Si/No)
Costo unitario (¢/kg)			
Costo de aplicación (¢/kg PT)			

Figura 30. Plantilla para la herramienta de validación de nuevos proveedores de materias primas.

	PROCEDIMIENTO PARA METODO DE ANALISIS DEL PARAMETRO X	Código:
Fecha de aprobación: 00/ 00 / 2019	Versión: 1	Página 1 de 1

- 1. Método**

- 2. Principio**

- 3. Objetivo**

- 4. Equipos**

- 5. Reactivos**

- 6. Cuidados especiales**

- 7. Determinación**
 - a.
 - b.
 - c.

- 8. Cálculos**

- 9. Control de calidad**
 - a. Control de réplicas
 - b. Precisión
 - c. Exactitud

Figura 31. Plantilla para los procedimientos de medición de los parámetros de calidad.

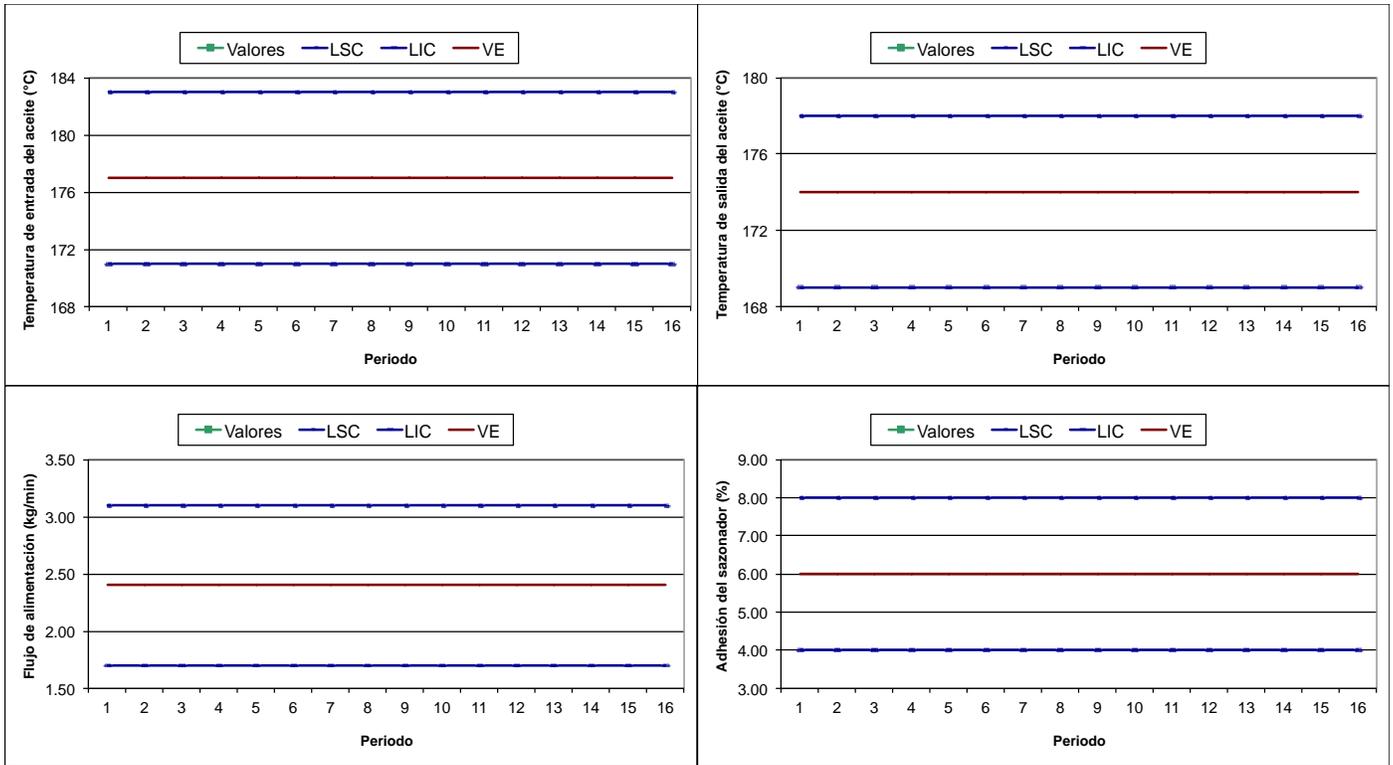


Figura 32. Ejemplos de gráficos de control para parámetros críticos.

En la Figura 32, se observan ejemplos de los gráficos de control de cuatro parámetros: temperatura del aceite de entrada y salida, flujo de alimentación de los pellets y adhesión del sazónador al producto frito. Se decidió plantear los ejemplos con dichos parámetros dado que en la actualidad la empresa mide la temperatura del aceite y la velocidad de la banda como sus puntos de control, pero debido a que la velocidad de la banda a los freidores no es un dato con posibilidad de monitorear, se eligió el flujo de alimentación de los *pellets* al freidor. Además, en el apartado 5.4 se determinó la importancia de evaluar las condiciones de dosificación de las materias primas como puntos de control, los cuales en este caso se traducen en flujo de alimentación y porcentaje de adhesión para los *pellets* y sazónador respectivamente.

En el caso de las temperaturas del aceite, los límites de control se determinan a partir de los datos tomados en la evaluación de la situación actual del proceso (apartado 4.1.2) tomando como desviación un 3σ ya que es una medición que presenta una desviación estándar baja. Para los gráficos del flujo de

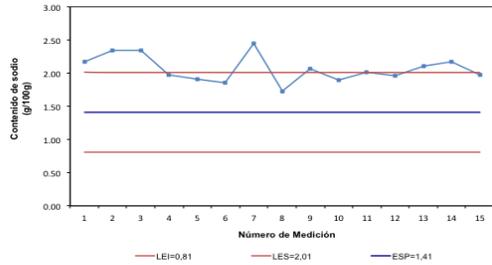
alimentación y el porcentaje de adhesión se determinó como valor central el dato obtenido en el apartado 4.1.2 para el producto terminado con el contenido de sodio más cercano al ideal (1,95 g/100 g), 2,4 kg/min para el flujo de alimentación y 6 % para el porcentaje de adhesión. Los límites de confianza no se determinaron utilizando un 3σ sino un 1σ dado que actualmente se presenta una alta variabilidad, por lo que los contenidos de sodio obtenidos serían muy amplios.

Sin embargo, dichos gráficos son únicamente una guía dado que se debe implementar el plan de soluciones planteado en el apartado 5.5.1 para determinar la nueva desviación del proceso (σ) y ajustar los límites críticos.

Reporte A3

Por último, en la Figura 33 se observa un reporte A3 donde se resume la metodología de DMAIC llevada a cabo en el proyecto.

Antecedentes

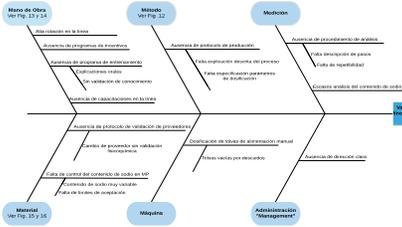


Entre los meses de mayo-junio del 2018, en la empresa Productos Kitty en la línea de pellets en el producto de aros de cebolla se detectaron contenidos de sodio muy variables que van entre 1700-2400 mg/100 g; los cuales sobrepasan el contenido de sodio declarado en la etiqueta nutricional del producto"

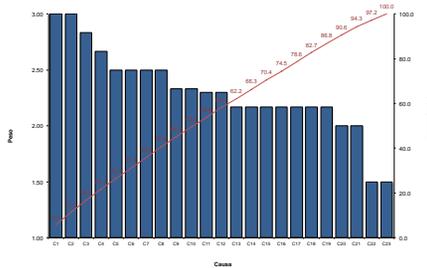
Impacto en el Negocio

- Se encontró variabilidad en el proceso, los operarios y las materias primas, lo cual está afectando la eficiencia y eficacia del proceso.
- Mientras exista una alta variabilidad en el proceso no se puede realizar la estrategia de reducción de sodio deseada por la empresa, lo cual repercute de forma negativa sobre el consumidor.
- Se encontró que el consumidor percibe el 50 % de las variaciones en el contenido de sodio y el 47 % del producto obtenido presenta contenido de sodio por encima de lo gustado por el consumidor.

Condición actual: Qué & Porqué? Por qué? Por qué?

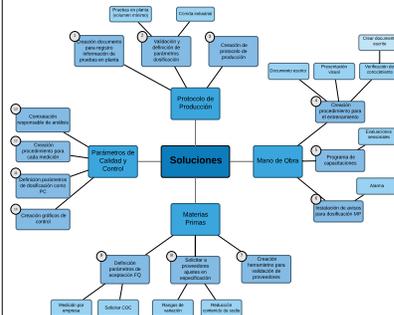


Se encontraron causas asociadas a las 4 ramas: mano de obra, método, medición, material, máquina y administración.



Al realizar el 80:20 se determinó que se requiere trabajar sobre 16 de 23 causas para reducir el problema, las cuales se agrupan en 4 grupos: protocolo de producción, mano de obra, materias primas y parámetros de calidad y control.

Condición meta



Se plantearon 13 soluciones divididas en los 4 grupos para la solución al problema.

Cuadro I. Costo de implementación de las soluciones.

Grupos de soluciones	Costo total (€)
Protocolo de producción	60 000
Mano de obra	975 000
Materias primas	30 000
Parámetros calidad y control	589 124

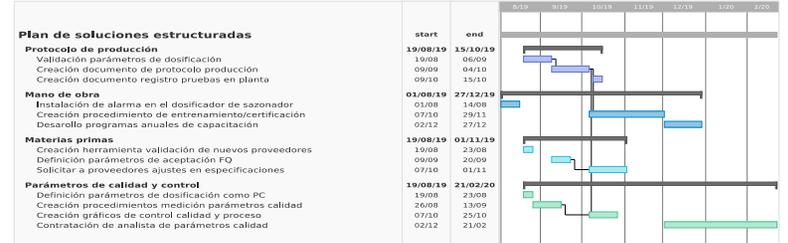
Estado I ideal

Alcanzar un contenido de sodio de 1,85 g/100 g, con un intervalo menor a confianza de ±0.2 g/100 g.

Cuadro II. Beneficios

Estandarización	Mayor control de los proveedores
Aumento satisfacción del cliente	Reducción variabilidad
Reducción defectos	Resultados de calidad confiable
Aumento capacidad operadores	Mayor control de la producción

Plan / Implementación / Controles



Se planteó un acta de proyecto para cada grupo de soluciones.

Se brindaron plantillas para los procedimientos, herramientas y gráficos de control a elaborar en la implementación.

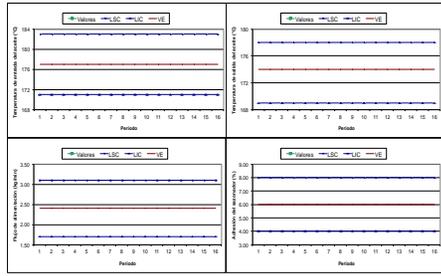


Figura 33. Reporte A3 del plan de solución estructurada para el problema de la variabilidad en el proceso del producto X.

VI. CONCLUSIONES

1. A partir de la evaluación de la situación actual mediante la medición de los parámetros del proceso se encontró que la cantidad de producción del lote, el operario y las características fisicoquímicas del sazonador (humedad y cohesividad) y los *pellets* (sodio oculto) son las variables con mayor influencia sobre la variabilidad en el contenido de sodio del producto terminado.
2. A partir de la evaluación sensorial de la situación actual se determinó que el umbral de diferencia apenas perceptible del producto X es de 0,2 g/100 g de sodio y el contenido de sodio ideal del producto X para los consumidores se ubica entre 1,73 g/100 g y 1,97 g/100 g, siendo un valor cercano a 1,85 g/100 g.
3. Se establecieron 23 posibles causas al problema provenientes de las categorías de mano de obra, material, método, medición, máquina y administración, de las cuales a partir del diagrama de Pareto se determinó que se deben resolver 17 para solventar el problema.
4. Se plantearon 13 propuestas para la solución al problema, las cuales se agruparon en cuatro grupos (protocolo de producción, mano de obra, materias primas y parámetros de calidad y proceso) según las tareas a realizar para su implementación.
5. Se desarrolló una propuesta de implementación de las soluciones planteadas para la solución del problema, el cual requiere un tiempo de 7 meses y una inversión inicial de €1.655.000,00 para su implementación.

VII. RECOMENDACIONES

1. Debido a que el proyecto es de carácter teórico, se recomienda implementar el plan de solución estructurada propuesta en el documento para disminuir el problema en la variabilidad del proceso de producción del producto X.
2. Contratar un ingeniero industrial o en procesos para la implementación del plan de soluciones estructuradas o bien realizar el proyecto como un tema de tesis de la Escuela de Ingeniería Industrial.
3. En caso de que los proveedores de materias primas no puedan reducir los contenidos de sodio, es necesario realizar una modificación de la etiqueta ajustando los parámetros nutricionales con los valores reales obtenidos.
4. Luego de la implementación del plan de soluciones estructuradas, se recomienda continuar con la solución de las seis causas restantes de las 23 posibles causas planteadas, siguiendo las siguientes recomendaciones:
 - a. Desarrollar programas de incentivos de producción para la reducción de la rotación de los operarios en la línea
 - b. Para la declaración del contenido de sodio en la etiqueta, realizar un muestreo mediante las tablas militares y utilizar el promedio de todas las muestras.
 - c. Realizar un procedimiento de Buenas Prácticas de Manufactura para el entrenamiento de los operadores, con una previa evaluación para validar la concientización de los operadores.
 - d. Establecer los requisitos o calificaciones para los puestos de los operarios de planta en la línea de producción.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, J. & Rahman, MS. 2012. Handbook of food process design. John Wiley & Sons.
- Ainsworth, P. & Plunkett, A. 2007. Reducing salt in snack products: Practical strategies. 1 ed. Florida, CRC Press.
- ASTM International. 2000. Standard test method for measuring the angle of repose of free-flowing mold powders. C 1444-00 no.1: 15-16.
- ASTM International. 2011. Standard practice for determination of odor and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series method of limits. E679-04(2011) 2011: 7.
- Auestad, N., Hurley, J., Fulgoni, V. & Schweitzer, C. 2015. Contribution of food groups to energy and nutrient intakes in five developed countries. *Nutrients* 7(6): 4593-4618.
- Barringer, S. 2013. Coating foods with powders. *Handbook of Food Powders-Processes and Properties*. Woodhead Publishing Limited, p.625-640.
- Belitz, H., Schieberle, P. & Grosch, W. 2009. Food chemistry. 4 ed. Springer, 1114.
- Berk, Z. 2009. Frying, baking, roasting. *Food Process Engineering and Technology*. 1 ed. Oxford, Elsevier, p.52-531.
- Du Cailar, G., Ribstein, J. & Mimran, A. 2002. Dietary sodium and target organ damage in essential hypertension. *American Journal of Hypertension* 15(3): 222-229.
- De Campos, M. & Ferreira, M. 2013. A comparative analysis of the flow properties between two alumina-based dry powders. *Advances in Materials Science and Engineering* 2013.

- Carmona, I., Gómez, B. & Gaitán, D. 2014. Contenido de sodio en alimentos procesados comercializados en Colombia, según el etiquetado nutricional. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 16(52): 61-82.
- Chrysant, S. 2016. Effects of high salt intake on blood pressure and cardiovascular disease: The role of COX inhibitors. *Clinical Cardiology* 39(4): 240-242.
- Clark, S., Costello, M., Maryann, D. & Bodyfelt, F. 2008. *The sensory evaluation of Dairy products*. 2 ed. Springer, 576.
- Devine, A., Criddle, R., Dick, I., Kerr, D. & Prince, R. 1995. A longitudinal study of the effect of sodium and calcium intakes on regional bone density in postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition* 62(4): 740-745.
- Drohomeretski, E., Gouvea Da Costa, S., Pinheiro De Lima, E. & Garbuio, P. 2014. Lean, six sigma and lean six sigma: An analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*. 52(3): 804-824.
- Dubey, R. & Bhattacharya, S. 2014. *Extrusion processing of foods. Conventional and Advanced Food Processing Technologies*. 9781118406: 75-98.
- Enggalhardjo, M. & Narsimhan, G. 2005. Adhesion of dry seasoning particles onto tortilla chip. *Food Engineering and Physical Properties*. 70(3): E215-E222.
- Ennis, D. & Jesionka, V. 1993. The Power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies*. 8(4): 353-370.
- Gaitán, D., Estrada, A., Lozano, G., Luz, Y. & Manjarres, M. 2015. Alimentos fuentes de sodio: análisis basado en una encuesta nacional en Colombia. *Nutr Hosp*. 3232(5): 2338-2345.
- Grand View Research. 2016. *Savory snacks market and segment forecasts to 2025*. San Francisco, EEUU,

- Grima, P. & Tort-Martorell, J. 1995. Técnicas para la gestión de la calidad. Madrid, Díaz de Santos.
- Gutierrez, H. 2014. Calidad y productividad. 4 ed. México D.F, Mc Graw Hill, 1-382.
- Gutiérrez, H. & De la Vara, R. 2013. Control estadístico de calidad y seis sigma. 3 ed. México D.F, McGraw Hill, 23-42.
- Hall, R. 2012. Applications of natural ingredients in savoury food products. Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings. Woodhead Publishing Limited, p.281-317.
- Hess, J., Jonnalagadda, S. & Slavin, J. 2016. What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Advances in nutrition*. Bethesda, 7(3): 466-75.
- Hoyle, D. 2015. *The Quality Systems Handbook*. Elsevier, 1-392.
- Kemp, S., Hollowood, T. & Hort, J. 2011. *Sensory evaluation: A practical handbook*. Wiley, 190.
- Krokida, M., Oreopoulou, V. & Maroulis, Z. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*. 4(2000): 39-46.
- Lawless, H. & Heymann, H. 2010. *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. 2 ed. Springer, pp. 341–378. Chap. 10.
- Lopez, J. 2013. *Productividad*. Palibrio, 1-146.
- Matz, S. 1984. Corn chips and simulated potato chips. *Snack Food Technology*. Dordrecht, Springer Netherlands, p.166-172.
- Matz, S. 1984. Potato Chips. *Snack Food Technology*. Dordrecht, Springer Netherlands, p.121-129.

- McBurney, D. & Collings, V. 1977. Introduction to sensation/perception. Unites States, Prentice-Hall: 296.
- Meilgaard, M., Civille, G. & Carr, B. 2006. Determining thresholds. Sensory Evaluation Techniques. 4 ed.
- Meilgaard, M., Civille, G. & Carr, B. 2007. Sensory evaluation techniques. 4 ed. Taylor & Francis, p. 464.
- Michell, A. 2014. The clinical biology of sodium: The Physiology and Pathophysiology of Sodium in Mammals. Pergamon, p. 388.
- Ministerio de Salud. 2011. Plan Nacional para la reducción del consumo de sal/sodio en la Población de Costa Rica 2011-2021. Costa Rica.
- Montero, M., Blanco, A. & Chan, V. 2015. Sodio en panes y snacks de mayor consumo en Costa Rica: Contenido basal y verificación del etiquetado nutricional. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 65(1): 36-43.
- Mozaffarian, D., Fahimi, S., Singh, G, Micha, R., Khatibzadeh, S., Engell, R., Lim, S., Danaei, G., Ezzati, M. & Powles, J. 2014. Global sodium consumption and death from cardiovascular causes. New England Journal of Medicine. 371: 624-634.
- Nollet, L. 2004. Handbook of food analysis. Physical Characterization and Nutrient Analysis. 2004: 161.
- Okes, D. 2009. Root cause analysis: The core of problem solving and correctiva action. 1 ed. Wisconsin, American Society for Quality, 99-111.
- OMS. 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Ginebra.
- OMS. 2004. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Ginebra.
- OMS. 2012. Sodium intake for adults and children. Guideline: Potassium Intake for Adults and Children 2012: 1-46.

- OMS. 2015. Enfermedades cardiovasculares. World Health Organization. Consultado 15 jun. 2018. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/> (OMS).
- OPS. 2009. Declaración Política: Prevención de las enfermedades cardiovasculares en las Américas mediante la reducción de la ingesta de sal alimentaria de toda la población.
- Pedreschi, F. & Enrione, J. 2015. Frying of foods: Conventional and advanced food processing technologies. 1 ed. John Wiley & Sons, p.197-220.
- Piernas, C. & Popkin, B. 2010. Trends in snacking among U.S. children. *Health Affairs*. 29(3): p. 398-404.
- PMI. 2008. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide).
- Powles, J., Fahimi, S., Micha, R., Khatibzadeh, S., Shi, P., Ezzati, M., Engell, R., Lim, S., Danaei, G. & Mozaffarian, D. 2013. Global, regional and national sodium intakes in 1990 and 2010: A systematic analysis of 24 h urinary sodium excretion and dietary surveys worldwide. *BMJ Open*. 3(12).
- Ramírez, J. 2012. Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTelA*. 12(1): p. 83-102.
- Roessler, E., Pangborn, R., Sidel, J. & Stone, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science*, 43 (1978): p. 940-947.
- Rousseau, B. 2015. Sensory discrimination testing and consumer relevance. *Food Quality and Preference*. 43: 122-125.
- Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:10. 2001. Etiquetado nutricional productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años.

- Sa-Uram, T. 2004. Influence of seasoning particle sizes on coating properties and sensory perceptions of fried flat potato chips. Silpakorn University.
- Salvendy, G. 2001. Handbook of industrial engineering: Technology and operations management. 3 ed. New York, John Wiley & Sons.
- Seighman, J. 2001. Operations after shaping and drying. Snacks Food Processing. 1 ed. USA, CRC Press.
- Serpell, A. 2010. De seis sigma a lean seis sigma. Chile.
- Shah, R., Chandrasekaran, A. & Linderman, K. 2008. In pursuit of implementation patterns: The context of Lean and Six Sigma. International Journal of Production Research. 46(23): p. 6679-6699.
- Shankar, R. 2009. Process improvement using Six Sigma-A DMAIC guide. 1 ed. Wisconsin, ASQ Quality Press.
- Sharif, M., Sadiq Butt, M., Sharif, H. & Nasir, M. 2017. Sensory evaluation and consumer acceptability. p. 362-386.
- Shriver, L., Marriage, B., Bloch, T., Spees, C., Ramsay, S., Watowicz, R. & Taylor, CA. 2018. Contribution of snacks to dietary intakes of young children in the United States. Maternal and Child Nutrition. 14(1): p. 1-9.
- Simon, K. 2017. The Cause and Effect (a.k.a. Fishbone) Diagram. Consultado 16 sep. 2018. Disponible en <https://www.isixsigma.com/tools-templates/cause-effect/cause-and-effect-aka-fishbone-diagram/#comments> (Six Sigma).
- Snee, R. 1991. Statistical thinking and its contribution to total quality. The American Statistician. 44: p. 116-121.
- Snee, R. 2010. Lean Six Sigma: Getting better all the time. International Journal of Lean Six Sigma. 1(1): p. 9-29.
- Sobek, D. 2018. The A3 Report. Consultado 13 nov. 2018. Disponible en <http://www.montana.edu/dsobek/a3/report.html#theme> (A3 Process).

- Tainter, D. & Grenis, A. 2001. Spices and seasoning: A food technology handbook. 2 ed. John Wiley & Sons.
- Trieu, K., Neal, B., Hawkes, C., Dunford, E., Campbell, N., Rodriguez, R., Legetic, B., McLaren, L., Barberio, A. & Webster, J. 2015. Salt reduction initiatives around the world: A systematic review of progress towards the global target. PLoS ONE. 10(7): 1-22.
- Trsitán, A. 2012. El mercado internacional de snacks. San José.
- Tsugane, S., Sasazuki, S., Kobayashi, M. & Sasaki, S. 2004. Salt and salted food intake and subsequent risk of gastric cancer among middle-aged Japanese men and women. British Journal of Cancer. 90(1): 128-134.
- Voehl, F., Harrington, J., Mignosa, C. & Charron, R. 2014. The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and methods for process acceleration. CRC Press (an imprint of Taylor & Francis). Consultado 16 sep. 2018. Disponible en [https://books.google.co.cr/books?id=1sLMBQAAQBAJ&pg=PA274&dq=lean+six+sigma+diagrama+pareto&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj4_Z3g7MDdAhVFs1kKHWOJAFUQ6AEIPzAE#v=onepage&q=lean six sigma diagrama pareto&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=1sLMBQAAQBAJ&pg=PA274&dq=lean+six+sigma+diagrama+pareto&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj4_Z3g7MDdAhVFs1kKHWOJAFUQ6AEIPzAE#v=onepage&q=lean%20six%20sigma%20diagrama%20pareto&f=false) (Productivity Press).

IX. ANEXOS

Anexo 1. Análisis multivariado de componentes principales (PCA)

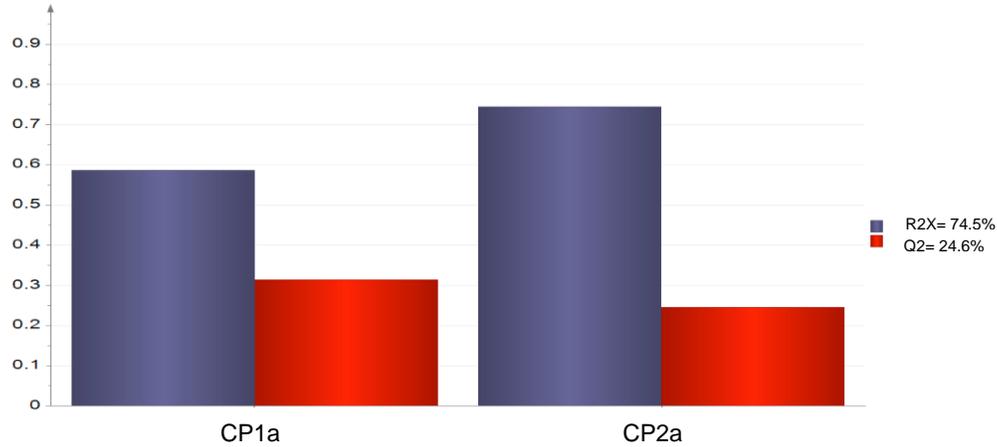


Figura A1.1. Capacidad explicativa (R2X) y predictiva (Q2) del análisis de componentes principales para las variables respuesta del proceso.

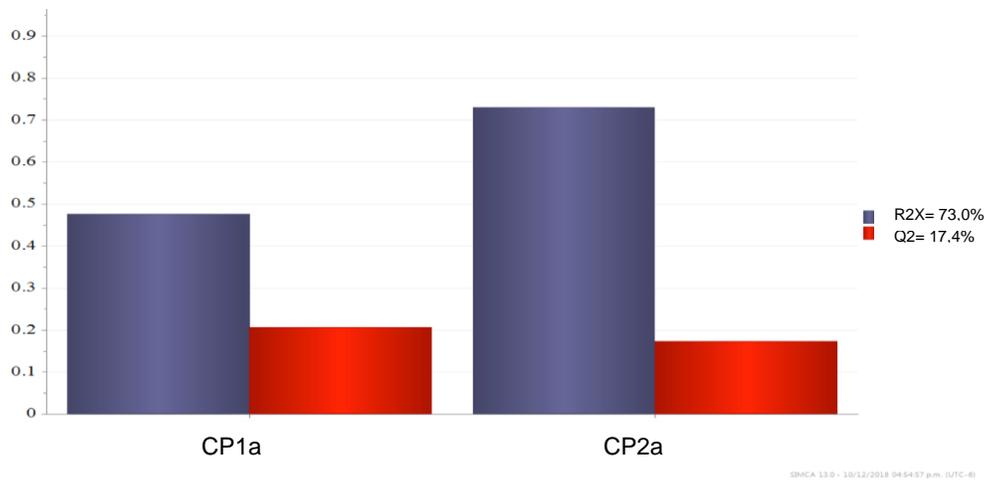


Figura A1.2. Capacidad explicativa (R2X) y predictiva (Q2) del análisis de componentes principales para los parámetros del proceso.

Anexo 2. Boletas presentadas a los consumidores en los paneles sensoriales realizados.

Antes de iniciar la degustación, se le solicita su consentimiento o disposición a participar en esta prueba sensorial mediante su firma. Con la cual usted confirma que se le ha indicado y descrito el tipo de alimento a evaluar y que en caso de identificar algún tipo de problema o inconveniencia personal derivado de su consumo queda en usted la decisión de continuar o no con la degustación.

Nota: En esta prueba usted degustará varias muestras de un *snack* frito.

De acuerdo a su conveniencia complete la siguiente información.

Estoy de acuerdo

Estoy en desacuerdo

Nombre: _____

Fecha: _____

Cédula: _____

Firma: _____

Figura A2.1. Boleta de acuerdo de participación presentada a los consumidores previo a los paneles sensoriales.

¡Bienvenido!

A continuación, se le presentarán una serie de muestras pareadas, las cuales deben ser evaluadas de izquierda a derecha, respetando la presentación. Pruebe las muestras de la pareja y seleccione en la pantalla, el número de la muestra donde perciba mayor intensidad del atributo salado. Realice un enjuague entre cada set de muestras y expectore en el vaso destinado para este fin.

Gracias.

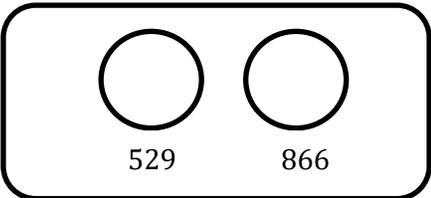
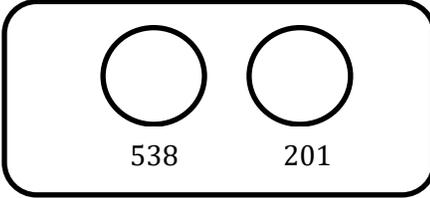
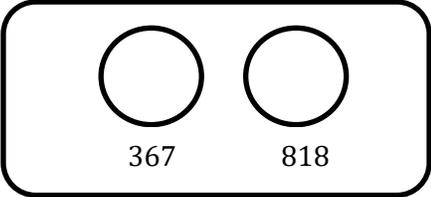
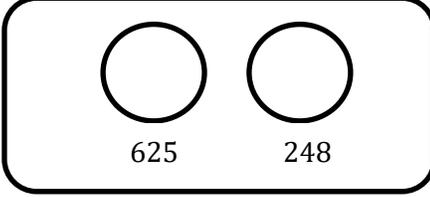
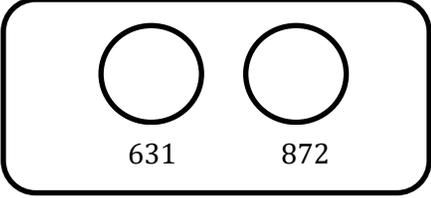
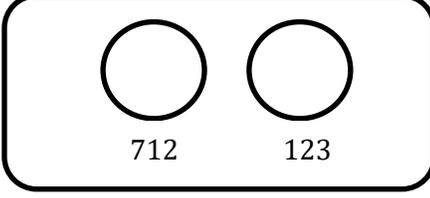
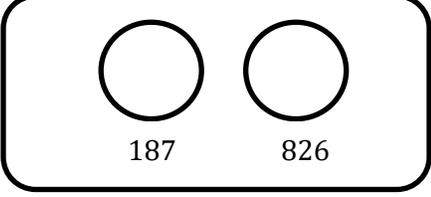
Par 1		Par 5	
Par 2		Par 6	
Par 3		Par 7	
Par 4			

Figura A2. 2. Boleta de evaluación sensorial: Prueba de discriminación 2-AFC para la determinación del JND.

¡Bienvenido!

A continuación, se le presentan varias muestras de un *snack* frito. Pruebe las muestras tomando una porción normal, respetando el orden en que se le presentan y verifique que los códigos concuerden con de la pantalla. Por favor enjuáguese una vez con agua entre cada muestra y expectore los enjuagues.

Pruebe la muestra y marque en la escala, con un clic, la intensidad del atributo sabor salado.

1	2	3	4	5
Muy poco salado	Poco salado	Ideal	Algo salado	Muy salado

○	○	○	○	○
738	345	987	842	125

Figura A2.3. Boleta de evaluación sensorial: Prueba de Justo-Correcto para el atributo de sabor salado.

Anexo 3. Resultados intermedios de las evaluaciones sensoriales

a) Resultados intermedios de la determinación del JND

Cuadro A3.1. Resultados del panel de determinación de umbral de diferencia JND para el producto X, generados por el programa FIZZ utilizando 1,90 g/100 g como concentración del estímulo constante.

Panelista/ Concentración de NaCl (%)	Frecuencia de escogencia de intensidad de sabor				
	1,21	1,37	1,70	2,02	2,40
1	0	0	0	1	0
2	0	0	0	1	0
3	0	1	0	1	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0
6	0	0	0	1	1
7	0	0	1	0	0
8	0	0	0	1	0
9	0	0	0	1	0
10	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	1	0
14	0	0	0	1	0
15	0	0	1	1	0
16	0	0	1	1	1
17	0	0	0	1	1
18	0	0	0	1	0
19	0	0	0	1	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	1	0
22	0	0	0	0	1
23	0	1	1	1	1
24	0	0	0	0	0
25	0	0	0	1	0
26	0	0	0	0	0
27	0	0	0	1	0
28	0	0	0	1	0
29	0	0	0	1	1
30	0	0	0	1	0
31	0	0	0	1	0
32	0	0	0	1	0

33	0	0	0	1	0
34	0	0	1	1	0
35	0	0	0	1	0
36	0	0	0	0	0
37	0	0	1	1	1
38	0	0	1	0	0
39	0	0	0	1	0
40	0	0	0	1	0
41	0	0	0	1	0
42	0	0	0	0	0
Total	42	40	35	11	33

(1): Escogencia del estímulo constante como la muestra más salada

Cuadro A3.2. Estímulo variable del contenido de sodio versus la frecuencia de aciertos para la construcción de la curva psicofísica de determinación de umbrales.

Estímulo variable (g/100 g)	Frecuencia de aciertos (%)
1,21	0
1,37	2,4
1,7	16,7
2,02	26,2
2,4	78,6

b) Resultados intermedios de la determinación del JAR

Cuadro A3.3. Resultados del panel de determinación de justo correcto para el producto X, generados por el programa FIZZ.

Panelista/ Concentración de NaCl (%)	Puntuación dada por el consumidor				
	1,41	1,73	1,97	2,17	2,34
1	3	3	4	4	5
2	1	3	4	3	5
3	2	2	3	5	4
4	1	2	1	2	3
5	1	3	3	3	5
6	1	3	3	4	3
7	1	3	4	4	5
8	2	3	3	3	3
9	1	2	3	4	3

10	2	2	3	3	3
11	2	3	4	3	3
12	2	3	3	3	3
13	2	2	3	4	3
14	1	3	3	4	4
15	1	3	3	3	5
16	1	2	3	3	3
17	1	2	4	3	4
18	1	2	4	4	3
19	2	4	3	3	4
20	1	2	3	3	3
21	3	4	3	4	3
22	3	3	1	4	3
23	2	3	3	3	3
24	2	3	2	3	4
25	1	2	3	2	4
26	1	2	2	3	3
27	1	3	3	3	3
28	1	3	3	3	2
29	2	3	3	4	3
30	3	3	3	4	3
31	2	3	4	5	4
32	2	3	3	4	4
33	3	3	4	3	4
34	2	2	3	3	3
35	2	3	2	3	4
36	1	2	3	2	3
37	1	3	3	3	4
38	2	3	4	3	3
39	1	4	3	4	4
40	1	3	2	3	3
41	1	3	2	1	4
42	2	3	2	3	3
43	1	3	4	2	2
44	2	3	4	3	5
45	1	2	3	3	5
46	1	3	3	3	4
47	1	4	2	4	3
48	1	4	3	4	3
49	1	2	3	3	2
50	2	3	3	4	4
51	1	3	4	2	3
52	1	3	2	2	2
53	1	3	3	3	4
54	1	2	4	3	3
55	1	3	3	4	5
56	1	3	3	3	4
57	2	3	3	5	4
58	2	2	4	4	3
59	1	3	2	4	4
60	3	3	4	4	4
61	1	2	2	4	3
62	1	2	4	3	3
63	1	4	4	3	3
64	4	4	5	5	5
65	1	2	2	3	3
66	1	3	3	3	5
67	2	3	4	3	4
68	3	4	5	4	4

69	1	2	3	2	3
70	2	3	5	3	5
71	1	3	3	4	3
72	1	3	4	4	5
73	1	1	3	2	2
74	2	1	2	3	3
75	1	2	3	2	3
76	3	1	3	3	4
77	3	3	3	5	4
78	3	3	3	4	5
79	2	3	3	4	3
80	3	4	4	5	5
81	1	4	3	5	5
82	2	2	4	4	3
83	1	3	3	3	3
84	2	3	4	3	4
85	3	4	4	4	5
86	2	2	3	3	3
87	2	3	3	3	3
88	1	3	3	3	3
88	1	3	3	3	4
89	1	3	2	3	3
90	1	2	2	3	4
91	3	4	4	5	5
92	1	1	2	3	3
93	1	3	3	2	3
94	2	2	3	3	3
95	1	2	2	4	3
96	1	2	3	3	3
97	2	3	4	3	4
98	1	2	2	3	4
99	1	2	3	2	5
100	3	4	5	4	4
101	2	4	3	3	3
102	1	3	4	5	4
103	1	2	3	3	3
104	2	2	4	3	3
105	2	2	2	3	3
106	1	3	3	2	3
107	1	2	3	3	2
108	1	3	2	4	3
109	1	3	3	4	3
110	1	2	3	3	4
111	2	4	5	3	3
112	3	3	4	4	5
88	1	3	4	3	5
89	2	2	3	5	4
90	1	2	1	2	3
91	1	3	3	3	5
92	1	3	3	4	3
93	1	3	4	4	5
94	2	3	3	3	3
95	1	2	3	4	3
96	2	2	3	3	3
97	2	3	4	3	3
98	2	3	3	3	3
99	2	2	3	4	3
100	1	3	3	4	4
101	1	3	3	3	5

102	1	2	3	3	3
103	1	2	4	3	4
104	1	2	4	4	3
105	2	4	3	3	4
106	1	2	3	3	3
107	3	4	3	4	3
108	3	3	1	4	3
109	2	3	3	3	3
110	2	3	2	3	4
111	1	2	3	2	4
112	1	2	2	3	3

(1)Muy poco salado, (2)Poco salado, (3)Ideal, (4)Algo salado, (5)Muy salado

Anexo 4. Cuestionario utilizado para la evaluación de los seis aspectos básicos en un análisis de causas.

Checklist para la determinación de causas del problema								
Fecha aplicada: 7-08-18			Empresa: Productos Kitty					
Personas a las que se aplicó: Randall Salazar y Diana Colona			Investigadora: María José Serrano					
ID	Pregunta	Respuesta			1. ¿POR QUÉ?	2. ¿POR QUÉ?	3. ¿POR QUÉ?	Observaciones
		Si	No	N/A				
Mano de obra								
1	Los operarios se capacitan en el entrenamiento antes de comenzar a trabajar en la línea?	x						El jefe de planta es el encargado de capacitar a los operarios antes de comenzar a trabajar en la línea.
2	Cómo se verifica el conocimiento de los procesos de producción? ¿Hay un expediente de prácticas durante el proceso de inducción/entrenamiento?		x		El jefe de operarios no tiene mucho conocimiento de esta área.	El gerente general no decidió.		No hay un proceso de inducción, ni certificación de conocimiento. Por decisión de la gerencia general el encargado de los entrenamientos es el jefe de planta.
3	Durante el proceso de entrevista de contratación se identifican ciertas aptitudes (habilidades) en los operarios para poder trabajar en la línea de producción? ¿Están definidas en el puesto?		x					Normalmente se contrata a los operarios cuando se ven bien en las pruebas de aptitudes de las operaciones pero es muy informal. Se transfieren a las personas responsables, con buena actitud, trabajadores puntuales.
4	Quiénes son los operarios que actualmente trabajan en la línea? ¿Hace cuánto tiempo trabajan ahí?			x	El jefe de operarios dice que quien le haga cosas.			Edgar y Moises, y en general cualquier persona que los sustituya o importa al conocimiento.
5	Tienen algún programa de incentivos para los operarios?		x		La gerencia general no parece importante.			
6	Se han definido las calificaciones de los puestos en la línea de producción?		x					
7	Cuales son las capacidades esperadas para los operarios? ¿Se espera que cualquier trabajador pueda llevar a cabo esa labor?			x				Lista de registros, tener materiales listos para empaquetar los productos que se van sacando. Se espera que sean responsables y que sepan escribir.
8	Existe algún programa de capacitación para los operarios? ¿Actualización y/o reforzamiento?		x		La gerencia general no parece importante.			Unicamente se realizan capacitaciones de los jefes de planta.
9	Los operarios cuentan con el equipo y/o condiciones necesarias para asegurar BPM?		x					Utilizan cuantes, los operarios tienen contacto con el freidor solo que el jefe de cuantes por el taller.
10	Existe algún programa de desarrollo de gestión de la empresa? ¿Cómo se desarrolla la gestión de la empresa?		x					Al regresar se hace una inducción de BPM, pero es una explicación oral.
Método								
11	Tienen procedimientos para la realización de los procesos de control de calidad? ¿Cómo se verifican los procesos?		x		No se habían querido realizar.	Falta de tiempo.		
12	Cómo se definen las condiciones de los procesos? ¿Hay alguna documentación de los procesos?			x				Se hizo un plan manual de freidor y proveedor de los registros de los procesos de fritura de la base.
13	Como se definen las condiciones de la especificación? ¿Cómo se controlan los procesos de la especificación?			x				No se conocen como se hizo, fue el gerente general quien decidió.
14	Cuales son las instrucciones de producción de los operarios para realizar el producto? ¿Orden de producción, hoja de especificaciones, etc?			x				Hay un registro de producción y un registro de anel.
15	Llevar registros de los procesos? ¿Pedir a los operarios que lleven registros de los procesos?		x					Para cada producción se llevan fecha, código de lote, tipo de producto, cantidad, hora de inicio y fin, características sensoriales (color, olor, sabor, textura), temperatura de freidor, producto quemado, cantidad de aceite, control de metales, cantidad de carimas, fecha de vencimiento.
16	Se verifica que se esté cumpliendo con el procedimiento? ¿Cómo? ¿Quién?			x				No hay como verificarlo, solo se tiene el procedimiento.
17	Se verifica que se estén llenando los decimales de los registros? ¿Cómo? ¿Quién?		x					El asistente de producción verifica que estén completos y registra la información en el sistema.
18	Hay tiempos estándares de producción definidos para cada operación?		x		No se habían pensado en realizarlo.			No hay un tiempo estándar, sino que se depende de los kg de producción.
19	Se tienen definidos los puntos de control necesarios en el proceso?			x				En los registros tienen algunos como temperatura, velocidad de la especificación de la zona de freidor, velocidad de la banda de freidor, pero no se monitorean como puntos de control.
20	Están certificados los hornos ISO-9001 y/o ISO 22000?		x					Solo ISO.
Máquina								
21	Se les da mantenimiento preventivo a los equipos? ¿Cada cuánto se verifica que estén adecuados?		x					Si, cada 6 meses.
22	Se tienen programas de reemplazo de piezas? ¿Existen calibraciones y formalización de funcionamiento de los equipos?		x					Se tienen reemplazos de las piezas principales, pero no se tiene un programa de reemplazo de piezas.
23	Cuales son los criterios para justificar los equipos para su puesta en marcha? ¿Cómo se definen?			x				temperatura y revoluciones, velocidad.
Material								
24	Tienen especificaciones de las materias primas? ¿Cómo se verifican?		x					El jefe de planta es el encargado de verificar las especificaciones de los proveedores y el jefe de planta es el encargado de verificarlas.
25	Los proveedores entregan certificado de análisis? ¿Cómo se verifican los certificados de análisis?		x					Cada vez que entra un pedido mensualmente se realizan análisis de microbiología.
26	¿Han cambiado los proveedores de los productos? ¿Cómo se verifican los cambios?		x		Por un tema de costos y disponibilidad.			Se han modificado 3 veces.
27	Cómo se determinan los contenidos de los productos? ¿Hay un expediente de prácticas durante el proceso de inducción/entrenamiento?			x				Se analizó una muestra en el laboratorio externo.
28	Los proveedores tienen certificado de calidad de la materia prima? ¿Se entregan a la empresa? ¿Se verifica?		x					
29	Existen procedimientos de calidad de aceptación/rechazo de las materias primas? ¿Cuáles son los criterios de aceptación/rechazo?			x	Según como se ve visual.			Se realiza inspección visual y evaluación de microbiología mensualmente. Se realizan pruebas de presión para el empaque, se revisan mermas y bobinas. No se verifican parámetros de calidad.
30	Hay trazabilidad de los registros de los procesos? ¿Cómo se verifican los registros?		x					
Medición								
31	Cuales son los parámetros de calidad para el producto? ¿Cómo se verifican los parámetros de calidad?			x				Densidad, sabor, y humedad. Los operarios se evalúan en la línea de producción y se miden los procesos de calidad en el proceso de calidad, para determinar la humedad de los productos que se van sacando.
32	Como se aseguran la repetibilidad y reproducibilidad de los métodos?		x		No se habían dado importancia. No lo tienen en el presupuesto.			No se asegura, se hace una sola medición a cada muestra.
33	Tienen algún procedimiento para determinar los parámetros de calidad? ¿Cómo se verifican los parámetros de calidad?		x					
34	¿Hacen análisis de los productos terminados? ¿Cómo? ¿Cada cuánto?		x					
35	Se tienen rechazos, resecos, revoluciones?		x					
Management / Administración								
36	Existe algún compromiso de dirección de la empresa por asegurar la calidad?							El gerente general es el responsable de los cambios, piensa que no tiene fundamento. Es complicado realizar mejoras en el proceso de producción de la gerencia.
37	Existe algún compromiso de los trabajadores de asegurar la calidad de los productos?		x					
38	Hay algún tipo de evaluación de desempeño? ¿Cómo se verifica?		x		El gerente general no ve la utilidad.			
39	¿Invierte en la mejora continua de la administración?		x		El gerente general no ve la utilidad.			
40	Hay interés en la actualización de los empleados por parte de la administración?		x		El gerente general no ve la utilidad.			
41	¿Han definido políticas de calidad y seguridad e higiene ocupacional?		x					

Figura A4.1. Cuestionario utilizado para la determinación de posibles causas, completado por el gerente de producción y la gerente de calidad de la empresa

Y.

Anexo 5. Herramienta para la evaluación de las posibles causas al problema

Evaluación del peso de las causas sobre la variabilidad del contenido de Sodio							
Fecha aplicada: 01 de octubre 2018 Evaluador: Nadiarid Jiménez							
Instrucciones: Al continuación se presenta un listado de las posibles causas que pueden tener un efecto sobre la variabilidad en el contenido de Sodio de los rosos de bolla. Marque en una X el puntaje que mejor se ajuste según la escala de puntuación para cada una de las causas. Para cada causa debe de seleccionar un solo valor de evaluación (de 1 a 3) y es obligatorio darle un valor de evaluación a todas las causas.							
		Escala de Puntuación					
Valor	Definición						
1	No tiene un efecto considerable sobre el problema						
2	Tiene un efecto medianamente considerable sobre el problema						
3	Tiene un alto efecto sobre el problema						
ID	Causas	Evaluador					
		A	B	C	D	E	F
1	Ausencia de procedimiento para el entrenamiento de los operarios	3	3	3	3	3	3
2	Falta de verificación y conocimiento de los operarios	3	2	2	3	3	2
3	Alta rotación de los operarios en la línea	2	2	3	2	3	1
4	Ausencia de programas de incentivos para los operarios	1	2	1	2	1	2
5	Ausencia de definición de la calificación de los puestos	1	1	1	3	2	1
6	Ausencia de programas de capacitación de los operarios	3	3	2	3	2	2
7	Ausencia del programa de entrenamiento del BPM	2	1	2	3	3	1
8	Tolva de alimentación del sazonador vacía en momentos de la producción	3	3	3	3	3	3
9	Ausencia de protocolo de producción de los rosos de bolla	3	3	3	2	3	1
10	No existe documentación de como se definieron los parámetros de proceso	3	2	2	2	3	1
11	Definición de condiciones de dosificación del sazonador sin un fundamento teórico	2	2	3	3	3	2
12	Ausencia de procedimiento para la dosificación del sazonador	3	3	3	3	3	2
13	Ausencia de procedimiento para la dosificación de los pellets	3	2	3	3	3	2
14	Ausencia de instructivo de orden de producción	3	1	2	2	3	1
15	Parámetros de dosificación de MP no son punto de control	3	2	3	3	1	2
16	No se solicita a proveedores de las MP especificaciones del contenido de Sodio	3	3	3	2	1	1
17	Modificación de proveedores de los pellets sin protocolo de validación	3	3	3	2	2	1
18	Contenido de Sodio declarado determinado a partir de una sola muestra	3	3	2	3	1	1
19	Ausencia de verificación de los parámetros FQ al ingreso del sazonador	2	2	3	3	2	2
20	Ausencia de verificación de los parámetros FQ al ingreso de los pellets	2	2	3	3	2	2
21	Medición de los parámetros de calidad no tiene repetibilidad	3	1	2	3	2	2
22	Ausencia de procedimiento para la medición de los parámetros de calidad	3	1	2	2	3	2
23	No se realizan análisis de Sodio en las muestras como parte del control	2	1	2	3	2	3

Figura A5.1 Herramienta para la evaluación de las posibles causas completada por la investigadora, el comité asesor y los representantes de la empresa.

Anexo 6. Resultados de la evaluación de la situación actual del proceso.

Cuadro A6.1. Cantidad de producción y operador a cargo de cada una de las producciones del producto X evaluadas.

Lote	Operador	Cantidad de Producción (Kg)
1	M	550
2	E	690
3	E	990
4	M	1690
5	M	765

Cuadro A6.2. Variables respuesta de la operación de fritura medidas en las cinco producciones evaluadas.

Lote	Réplica	Temperatura del aceite de entrada (°C)	Temperatura del aceite de salida (°C)	Tiempo de residencia (s)	Flujo de alimentación (kg/s)	Humedad ambiente (%)
1	1	174	172	65,1	0,026	65,7
	2	177	173	66,6	0,042	60,4
	3	177	174	67,6	0,020	54,9
	Promedio	176	173	66,4	0,029	60,3
2	1	180	176	65,7	0,038	69,3
	2	177	174	66,5	0,040	56,7
	3	178	176	65,0	0,030	50,7
	Promedio	178	175	65,8	0,036	58,9
3	1	180	175	67,3	0,030	65,2
	2	179	174	68,7	0,040	59,8
	3	178	174	69,2	0,025	57,2
	Promedio	179	174	68,4	0,032	60,7
4	1	174	175	65,4	0,040	66,7
	2	176	173	65,9	0,040	53,5
	3	177	172	64,0	0,051	52,6
	Promedio	176	173	65,1	0,044	57,6
5	1	176	172	68,6	0,040	52,9
	2	175	172	66,4	0,060	54,8
	3	174	171	66,7	0,060	53,4
	Promedio	175	172	67,2	0,053	53,7

Cuadro A6.3. Variables respuesta de la operación de aplicación del sazonador medidas en las cinco producciones evaluadas.

Lote	Réplica	Temperatura superficial de la base (°C)	Adhesión (%)	Velocidad del tambor (rpm)
1	1	147	8,60	12,0
	2	144	9,75	11,8
	3	141	16,67	12,0
	Promedio	144	11,67	11,9
2	1	142	6,19	12,8
	2	145	4,41	13,2
	3	144	5,24	13,1
	Promedio	144	5,28	13,0
3	1	148	9,47	13,0
	2	132	4,41	12,8
	3	141	8,60	12,8
	Promedio	140	7,49	12,9
4	1	138	6,03	12,1
	2	148	2,62	12,0
	3	140	6,19	12,1
	Promedio	142	4,95	12,1
5	1	134	12,59	13,7
	2	136	9,83	12,0
	3	138	7,47	12,1
	Promedio	147	8,60	12,0

Cuadro A6.4. Variables respuesta de los *pellets* medidas en las cinco producciones evaluadas.

Lote	Réplica	Humedad (g/100 g)	Lípidos (g/100 g)	Sodio (g/100 g)
1	1	2,42	16,99	1,29
	2	2,17	19,32	1,20
	3	2,56	19,36	1,34
	Promedio	2,38	18,56	1,28
2	1	3,55	15,03	1,19
	2	3,80	19,47	1,22
	3	3,12	15,90	0,96
	Promedio	3,49	16,80	1,12
3	1	1,26	18,90	1,32
	2	1,33	17,90	0,95
	3	2,90	17,36	1,26
	Promedio	1,83	18,05	1,18
4	1	4,18	15,03	1,31
	2	3,57	16,40	1,20
	3	3,04	17,22	1,32
	Promedio	3,60	16,22	1,28
5	1	3,13	18,25	1,31
	2	3,27	16,40	1,32
	3	2,32	17,51	1,03
	Promedio	2,91	17,38	1,22

a. Sazonador

Cuadro A6.5. Variables respuesta del sazónador medidas en las cinco producciones evaluadas.

Lote	Réplica	Tamaño de partícula (mm)	Cohesividad (°)	Humedad (g/100g)	Lípidos (g/100g)	Sodio (g/100g)
1	1	0,113	48	5,13	0,23	10,85
	2	-	48	5,63	0,24	11,44
	3	-	47	4,63	0,22	10,26
	Promedio	0,113	48	5,13	0,23	10,85
2	1	0,113	44	2,82	1,75	9,32
	2	-	42	3,10	1,84	9,82
	3	-	41	2,54	1,66	8,82
	Promedio	0,113	42	2,82	1,75	9,32
3	1	0,116	40	3,05	1,47	8,18
	2	-	40	3,35	1,55	8,62
	3	-	41	2,75	1,39	7,74
	Promedio	0,116	41	3,05	1,47	8,18
4	1	0,118	40	3,00	3,52	7,42
	2	-	41	3,29	3,70	7,82
	3	-	38	2,71	3,33	7,02
	Promedio	0,118	40	3,00	3,52	7,42
5	1	0,125	42	3,04	3,39	7,10
	2	-	43	3,34	3,57	7,48
	3	-	44	2,74	3,21	6,72
	Promedio	0,125	43	3,04	3,39	7,10

Cuadro A6.6. Variables respuesta del producto terminado medidoas en las cinco producciones evaluadas.

Lote	Réplica	Humedad (g/100 g)	Lípidos (g/100 g)	Sodio (g/100 g)
1	1	1,76	18,42	2,17
	2	2,26	19,28	2,34
	3	2,18	19,74	2,34
	Promedio	2,07	19,15	2,28
2	1	4,60	16,99	1,97
	2	4,10	17,90	1,91
	3	4,12	16,49	1,86
	Promedio	4,27	17,13	1,91
3	1	2,28	17,84	2,45
	2	4,13	16,99	1,73
	3	2,55	18,53	2,07
	Promedio	2,99	17,79	2,08
4	1	3,38	17,25	1,89
	2	2,27	16,35	2,01
	3	3,49	18,02	1,96
	Promedio	3,05	17,21	1,95
5	1	4,14	17,66	2,10
	2	3,05	17,63	2,17
	3	3,34	17,10	1,97
	Promedio	3,51	17,46	2,08