



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Agronomía
Escuela de Agronomía
Departamento de Química y Tecnología



Propuesta para la reducción de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias en una empresa del estado Aragua

Giusmary Vitulli Andrade

Maracay, Junio 2016



Universidad Central De Venezuela

Facultad de Agronomía

Escuela de Agronomía

Departamento de Química y Tecnología



Propuesta para la reducción de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias en una empresa del estado Aragua

Autora: Giusmary Vitulli Andrade

Tutora Académica: Gladiana Praderes

Tutor Institucional: Ing. María De Los Ángeles Torrealba

Trabajo presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniera Agrónoma
Mención Agroindustrial que otorga la Universidad Central de Venezuela

Maracay, Junio 2016

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

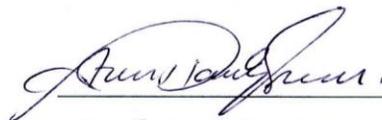
Nosotros los abajo firmantes, miembros del jurado examinador del trabajo de grado: “**Propuesta para la reducción de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias en una empresa del estado Aragua**”, cuya autora es la bachiller **Giusmary Vitulli Andrade**, cédula de identidad N° V-18.853.827, certificamos que lo hemos leído y hemos presenciado su defensa pública, que en nuestra opinión reúne las condiciones necesarias de adecuada presentación y es enteramente satisfactorio en alcance y calidad como Trabajo de Grado como requisito para optar al título de Ingeniera Agrónoma Mención Agroindustrial.



Prof^a. Gladiana Praderes

Tutora – Coordinadora

C.I.: 11.989.585



Prof^a. Auris D. García

Jurado Principal

C.I.: 7.189.984



Ing. Agr. Maria De Los Angeles Torrealba

Jurado Principal-Tutor Institucional

C.I.: 15.818.115

Prof^a. Shimazú Martínez

Jurado Suplente

C.I.: 8.584.052

*Nunca consideres el estudio
como una obligación,
Sino como una oportunidad
para penetrar
en el bello y maravilloso mundo
del saber*

Albert Einstein

Dedicatoria

A Dios primeramente por la vida que me ha dado llena de mucha salud, felicidad y para levantarme en momentos difíciles, dándome fortaleza para continuar adelante y por haberme permitido lograr esta meta.

A mis padres, María Andrade y Giuseppe Vitulli, por todo su esfuerzo, apoyo incondicional, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mis apoyo en todo momento.

A mi hermana, Juliette K. Vitulli A. y mi madrina Rosmery Quijada por estar ahí siempre y haberme brindado apoyo en todos estos años.

A mi mascota, mi consentida Ginna que ya no se encuentra presente, por soportarme y cuidarme muchísimos años, dándome felicidad, compañía, amor y cariño en todo momento, siempre te amaré y te tendré presente.

Giusmary Vitulli Andrade

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios, por iluminar mi camino y levantarme en momentos difíciles. A mi casa de estudio la Universidad Central de Venezuela y a todos los profesores quienes forman parte de ella , gracias por todas las enseñanzas que han hecho valer mi esfuerzo.

A todas las personas de la empresa Gomby, Industrias Alimenticias C.A. que me apoyaron y colaboraron en el desarrollo de esta investigación, especialmente a la Ing. María De Los Ángeles Torrealba, por haberme dado la oportunidad de hacer mis pasantías brindándome su apoyo en todo momento.

A mi familia por el gran apoyo y dedicación durante toda mi carrera. A mi novio, Leonardo J. Aciego P. por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento, su gran comprensión de todo corazón y a su familia por ser tan gratos conmigo en este momento más importante.

A la profesora Gladiana Praderes por su gran apoyo, brindándome su tutoría en esta investigación, por todos los conocimientos transmitidos y darme la oportunidad para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. De igual manera agradecer a la profesora Damely García por su dedicación en mis aclaraciones, por su punto de vista en muchos aspectos cotidianos de la vida y por sus consejos que ayudan a formarte como persona y profesional. A la profesora Shimazú Martínez por su gran apoyo en la realización de esta investigación.

A un compañero muy apreciado el Ing. Noldin Núñez Parra quien estuvo orientándome y dándome aliento de que si se puede lograr lo que uno se propone a pesar de los obstáculos. A mis amigas Ingenieras María Alejandra Quintero y Lisbeth Páez quienes estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas durante toda la carrera.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera me brindaron su apoyo en la realización de esta investigación.

Giusmary Vitulli Andrade

Propuesta para la reducción de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias en una empresa del estado Aragua

Giusmary Vitulli Andrade

Universidad Central de Venezuela- Facultad de Agronomía- Departamento de Química y Tecnología. Av. Universidad. Maracay. Edo Aragua. Correo electrónico:

giusmaryv@gmail.com

Resumen

La propuesta para la reducción de las pérdidas físicas en una empresa de gomitas alimenticias, surgió como consecuencia a las pérdidas de materia prima intermedia durante la elaboración por efecto de una relación hombre-máquina-proceso no controlada. La metodología permitió ubicar los puntos donde se detectan las pérdidas físicas, cuantificar las mismas e identificar las causas asociadas a ellas y proponer acciones para reducir o minimizarlas con alternativas de mejoras en el proceso. Los resultados fueron analizados mediante la técnica de Ishikawa, diagrama de Pareto, histograma y gráficas de serie de tiempo, para visualizar que las pérdidas físicas ocurren en las operaciones de recepción de ingredientes, trasvase de mezcla 2, dosificación, enfriamiento y recubrimiento referente a los puntos donde fueron detectadas, relacionado con el escape del producto líquido en la bomba 3, las fallas en el sistema de inyección y las fallas de diseño de ingeniería de la línea de proceso, cuantificándose 5%, lo cual representó en promedio aproximadamente 13,79 Kg (524,15kg en total de pérdidas de los datos tomados en el lapso de los cuatro (4) meses), es decir, 4193 bolsitas empacadas de 125gr, alrededor de 104 cajas. En conclusión la relación hombre-máquina y el control estricto sobre el mantenimiento y funcionamiento adecuado de la maquinaria conllevó a que tenga el mayor porcentaje de las pérdidas del producto en estudio. Se recomendó establecer un programa de mantenimiento riguroso de las máquinas y equipos para detectar cualquier desviación de los estándares, compras de repuestos de las mismas, supervisiones estrictas en todo el proceso desde la recepción de materia prima hasta producto terminado.

Palabras clave: gomitas alimenticias, confites, pérdidas físicas gomitas, control de proceso confites.

Proposal to reduce physical losses of food gumdrops in a state enterprise Aragua

Giusmary Vitulli Andrade

Central University of Venezuela - Faculty of Agronomy, Department of Agricultural Engineering. Av. University via the lemon. Maracay. Edo Aragua. Email:

giusmaryv@gmail.com

Abstract

The proposal to reduce physical losses in a food company gummies arose due to losses of intermediate raw material during processing as a result of man-machine relationship uncontrolled process. The methodology allowed to locate the points where physical losses are detected, quantify them and identify the causes associated with them and propose actions to reduce or minimize them with alternative process improvements. The results were analyzed using the technique of Ishikawa, Pareto chart, histogram and graphs of time series, to show that the losses occur in the receive operations batch, dosing, cooling and coating because of the failure of the formulation with respect the technical specifications of the products, in which the little oversight of operators staff and helpers of the process area and leading to non-compliance with the working method was observed, inter alia, quantified to 5%, which represented an average of about 13,79 Kg (524,15kg total loss of data taken over the span of four (4) months), ie bags packed 125gr 4193, about 104 boxes. In conclusion, the man-machine relationship and strict control over proper maintenance and operation of machinery led to having the highest percentage of losses the product under study. It was recommended that a maintenance program of rigorous equipment to detect any deviation from standards, strict supervision throughout the process from receipt of raw material to finished product.

Key Words: food gums, confectionery, gummies physical losses, process control confectionery

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
Portada.....	i
Acta de aprobación del trabajo de grado.....	ii
Pensamiento.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
Tabla de contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de figuras.....	xi
Introducción.....	1
Objetivos de la investigación	4
Antecedentes.....	5
Procesos tecnológicos.....	5
Tecnología de productos de confitería.....	5
Control operativo y estadístico de un proceso tecnológico.....	7
Método de las “5 M”.....	7
La Técnica de los 5 ¿Por qué?.....	8
Métodos estadísticos	9
Análisis de capacidad normal.....	9
Histogramas.....	10
Diagrama de Pareto.....	11
Gráficas de series de tiempo.....	11
Metodología de la investigación.....	12
Lugar de la investigación.....	12
Identificación del área y material de estudio.....	12
Plan de muestreo y análisis estadístico.....	13
Métodos.....	14

Ubicar los puntos donde se detectan las pérdidas físicas durante la fabricación de gomitas.....	14
Cuantificar las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo.....	15
Identificar las causas de las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo.....	17
Proponer acciones orientadas a reducir o minimizar las pérdidas físicas del producto en estudio en el proceso.....	19
Resultados y discusión.....	20
Ubicar los puntos donde se detectan las pérdidas físicas durante la fabricación de gomitas.....	20
Cuantificar las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo.....	22
Identificar las causas de las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo.....	25
Proponer acciones orientadas a reducir o minimizar las pérdidas físicas del producto en estudio en el proceso.....	37
Conclusiones.....	38
Recomendaciones.....	39
Referencias bibliográficas.....	40
Anexos.....	44

INDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Identificación de los productos en estudio.....	12
Cuadro 2. Plan de muestreo en la línea de gomitas alimenticias en el turno diurno	13
Cuadro 3. Simbología para el diagrama de flujo vertical.....	14
Cuadro 4. Registro de control de pesos de materias primas por Batch.....	15
Cuadro 5. Registro de control de pérdidas físicas en la línea de proceso.....	15
Cuadro 6. Fórmulas para la determinación de la capacidad del proceso (CP), reducción de la variabilidad (%R) y desplazamiento de la media poblacional (K).....	16
Cuadro 7. Descripción del proceso operativo y fallas del proceso involucradas en la fabricación de gomitas.....	21
Cuadro 8. Variables a considerar en el proceso, los productos A, B, C y D por razón de porcentajes de reducción, y desplazamiento de la media....	24
Cuadro 9. Análisis de las causas de las pérdidas físicas y propuestas de soluciones	28
Cuadro 10. Resultados de las encuestas realizada al personal de proceso de la línea de gomitas alimenticias.....	31
Cuadro 11. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema de pérdidas físicas de la mezcla líquida en la bomba 3.....	33
Cuadro 12. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema del derrame de producto líquido por el sistema de inyección.....	34
Cuadro 13. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema del Incumplimiento con el método de trabajo.....	34
Cuadro 14. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema de fallas en la caldera.....	35
Cuadro 15. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema de pérdida de producto de gomitas sólidas (sin recubrimiento y con recubrimiento).....	36

INDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Modelo del diagrama causa–efecto para la identificación de las causas principales y subcausas.....	17
Figura 2. Ejemplo del diagrama de Pareto.....	18
Figura 3. Ejemplo del histograma.....	18
Figura 4. Ejemplo de la herramienta de los 5 ¿Por qué? para el problema de caída de refinado al piso en fabricación de chocolates.....	19
Figura 5. Capacidad del proceso (Cp) de fabricación de los productos A,B,C y D.....	22
Figura 6. Variaciones en el porcentaje de pérdidas físicas en los productos A,B,C y D.....	23
Figura 7. Diagrama causa–efecto de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias en el área de proceso.....	27
Figura 8. Diagrama de bloque del proceso con balance de los componentes.....	30
Figura 9. Diagrama de Pareto de las causas secundarias con respecto a las pérdidas físicas de las gomitas ácidas – dulces.....	31
Figura 10. Resultados de la distribución de frecuencia en la variabilidad de las Pérdidas Físicas para los productos A, B, C y D.....	32

Introducción

Un proceso productivo de elaboración de un producto como los confites (gomas, caramelos, entre otros) es un desarrollo sistemático que conlleva una serie de operaciones ordenados y organizados, que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a obtener un producto terminado bajo estándares de calidad (Kilié, 2013).

Sin embargo, en todos estos procesos ocurren pérdidas físicas de productos, ya sea, al inicio, al final e incluso durante las etapas intermedias, las cuales deben controlarse para no afectar la eficiencia del mismo. En este estudio por ejemplo, la problemática esta referida a pérdidas físicas por material imposible de recuperar en la línea de proceso, durante su fabricación en los equipos de proceso y que no sólo afecta los rendimientos, sino también el factor económico y de rentabilidad de su producción comercial (Plaza, 2013).

De aquí la importancia de verificar el cumplimiento de los estándares de producción y los factores que pueden estar influenciando en la variabilidad de los rendimientos y la eficacia del proceso, asociada a problemas de funcionamiento de las máquinas y equipos, en las etapas propiamente del proceso causadas por aspectos relacionados con el incumplimiento de los parámetros establecidos para el producto, pudiendo suceder que si estos no se cumplen (tiempos, temperaturas, velocidad) pueden acarrear variaciones en las pérdidas (mayor o menor) esperadas y por lo tanto afectar la calidad de los productos (ITCH, 2015).

Por otro lado, es importante señalar que a nivel agroindustrial existen procesos en los cuales pueden presentarse pérdidas durante el sistema de producción, que conllevan desde el punto de vista económico a valores significativos. Muchas de estas pérdidas no son percibidas, porque se presentan en diferentes formas como polvo, humedad, entre otros. Para cada empresa tanto las mermas como las pérdidas físicas son diferentes, razón por la cual no es fácil determinar cuál es la mejor metodología para realizar su determinación y análisis (Acevedo, 2005). Sin embargo, es relevante realizar dichas determinaciones y definir el factor para la disminución, ya que ello

permite mejorar la productividad y eficiencia de la empresa. Es de mencionar, que en el caso de algunos tipos de pérdidas físicas, es posible que no se pueda eliminar completamente, pero si es probable controlarlas a un nivel que sea aceptable para la producción. (Santamaría, 2004). Con base a esta premisa, se entiende por pérdidas físicas a la pérdida del material (producto intermedio o materia prima) que ocurre a lo largo del proceso y por merma, la que se produce por disminución de humedad, polvo, residuos que acompañan al producto, entre otros, el sistema opuesto a estas situaciones se le conoce como ganancia, el cual es un excedente que se presenta a las salidas de la línea de producción (Asencio, 2010).

En términos generales las empresas procesadoras de alimentos, no conocen cuáles son sus pérdidas físicas reales y por tanto no tienen completamente claro, si sus sistemas de producción están funcionando de manera adecuada, es decir si el proceso es capaz. Esta situación puede causar problemas, ya que dicha suposición no permite obtener datos reales de la eficiencia y eficacia durante la producción. De aquí la importancia de la cuantificación de las pérdidas físicas de una planta de procesamiento en los diferentes puntos de la línea de procesamiento (desde recepción de batch, preparación del producto, hasta recubrimiento). Es por ello, que estas deben medirse periódicamente para asegurar que el proceso esta siendo manejado en el margen de las tolerancias y que el mismo no afecta la producción (Asencio, 2010).

La aplicación de métodos y herramientas estadísticas, permiten cuantificar y mejorar los procesos de producción a través de la reducción de sus defectos, ya que tienen como finalidad proporcionar a la agroindustria una información real, que puede ser analizada hasta alcanzar un medio eficaz para desarrollar nuevas tecnologías y controlar la calidad en los procesos de manufactura hasta reducir o minimizar las pérdidas físicas (Moreno y Rodríguez, 2008).

En este sentido, muchos de los problemas de pérdidas físicas de productos intermedios durante el proceso de fabricación, son analizados por medio de los diagramas causa - efecto, los cuales ayudan al estudio sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema (Matera, 2012). Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que cada equipo de trabajo pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o

factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y organizar planes de acción (Argueta *et al.*, 2008).

Bajo este contexto de ideas se planteó el trabajo en estudio titulado propuesta para la reducción de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias durante su procesamiento agroindustrial, en el cual se utilizó como herramienta la técnica de Ishikawa mediante el diagrama causa y efecto, las técnicas estadísticas para cuantificar las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo, identificando las causas de las mismas bajo el concepto teórico del correcto funcionamiento de la maquinaria, para la toma de decisiones en los correctivos requeridos para cumplir con las especificaciones del proceso en la obtención del producto final (García, 2007). Esto con la finalidad de minimizar o disminuir el porcentaje de pérdidas físicas totales mediante la implementación de alternativas rentables para la empresa, que conlleven a solucionar la problemática existente de pérdidas físicas de productos intermedios durante la elaboración de gomitas.

Objetivos de la investigación

1. Objetivo General

- Proponer acciones para la reducción de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias en una empresa del estado Aragua

2. Objetivos Especificos

- Ubicar los puntos donde se detectan las pérdidas físicas durante la fabricación de gomitas
- Cuantificar las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo
- Identificar las causas de las pérdidas físicas del producto en estudio durante el proceso productivo
- Proponer acciones orientadas a reducir o minimizar las pérdidas físicas del producto en estudio en el proceso

Antecedentes de la investigación

Procesos tecnológicos

Los procesos tecnológicos se definen según algunos autores (Larrañaga *et al.*, 1999; Pyzdek, 2003 y Zarramera, 2003) como la combinación de máquinas, herramientas, métodos, materiales y personas comprometidas en el desarrollo de un producto y que dependen del diseño de las operaciones secuenciales y la funcionalidad de los mismos, para cumplir con las especificaciones operativas.

Así mismo, Evans y William (2005) y Días *et al.* (2009) coinciden en señalar que durante este sistema operativo, debe existir un proceso bajo control, es decir donde se evidencie una relación inversamente proporcional a la variabilidad de las respuestas de las relaciones simultáneas entre los materiales, máquinas, mano de obra, medio ambiente y métodos involucrados en el proceso. Al respecto, uno de los problemas más frecuentes de variabilidad operativa de un proceso, están relacionada con los inadecuados procedimientos de pesadas de materia prima para la formulación, tiempos de las operaciones, entre otros y según Vegas (2011), esta situación altera el desarrollo tecnológico que conllevan a las pérdidas físicas a lo largo del proceso productivo.

Por otro lado, Alvarado (2010) explica que para el análisis interpretativo de esta problemática se aplican métodos de análisis estadístico, con el propósito de establecer procedimientos para minimizar las fallas o la cantidad de rechazos por productos defectuosos y en el mejor de los casos eliminarlas.

Tecnología de productos de confitería

Los confites de mayor consumo son las gomitas como agente gelificante, grenetina, almidón o agar – agar, combinándose con pectina cubiertas con azúcar o chispadas con aceite o ceras (LEGISCOMEX, 2009), los cuales son productos azucarados de uso común generalizado dentro del Código Alimentario Argentino (2001) como confituras, de manera que es importante que el

elaborador conozca cada uno de estos términos a fin de nombrar y rotular adecuadamente al producto terminado (Leiva *et al*, 2012).

Los productos de confitería normalmente contienen en su formulación una mezcla a base de sacarosa, agua y jarabe de maíz, con adición además de gelatinas o grenetinas como agente gelificante, para luego ser llevados a temperaturas de cocción entre 106 y 118 grados celsius (FUSADES, 2013) la textura final, dura o blanda, depende mucho del contenido de agua residual, 1 a 25 por ciento, lo cual depende de la temperatura de ebullición aplicada (Mejorado, 2006), de este modo, el producto base contiene todavía entre un 20 y un 30 por ciento de agua que se evapora durante el proceso de cocción, la masa es dulce, pegajosa y no tiene color, proporcionando un aspecto final que puede ser abrigantado o azucarado (Paiva, 2015).

Tecnológicamente para la fabricación de gomitas lo primero que debe definirse es la textura final que se desea, esto precisará la concentración en la que la gelatina o grenetina debe usarse y el valor en unidades Bloom que se requiere, así como la concentración final de sólidos que debe lograrse, de este modo, las gomitas suaves con poca elasticidad, deberán utilizarse grenetinas de 250 grados Bloom en porcentajes de 5,5 a 6,0 por ciento, con sólidos finales del jarabe de 74 por ciento. Los valores de concentración de sólidos son mediciones después de la adición de la grenetina hidratada; en caso de considerar solamente los sólidos de los jarabes, el rango de valores deberá estar entre 82 a 86 por ciento (FUSADES, 2013).

Con relación al desarrollo de este tipo productos, González *et al*. (2015) formularon una golosina tipo “gomita” reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con *Stevia rebaudiana* B, a pesar de que se requiere azúcar que contribuye a su sabor y consistencia. Pero, en este caso el interés de esta sustitución, fue el alto poder edulcorante (200-300 veces más que el azúcar) y el cero aporte calórico, siendo por ello considerados seguros para la dieta. Esta azúcar alternativa, es denominada GRAS por la Agencia de Alimentos y Drogas en Estados Unidos.

Control operativo y estadístico de un proceso tecnológico

Según Hernández y Porras (2010), en la décadas de los 50 comenzaron a aplicar en Japón las herramientas estadísticas de control de calidad, desarrolladas anteriormente por Shewhart Y Deming, herramientas que fueron descritas genéricamente como “métodos para la mejora continua y la solución de problemas”. Los cuales consisten en técnicas gráficas que ayudan a comprender los procesos de trabajo de las organizaciones para promover su mejoramiento, excepto el diagrama causa - efecto que fue ideado por Ishikawa.

De igual modo, Gutiérrez y De la Vara (2013), señalan que la capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural del mismo para una característica de calidad dada; a fin de considerar que el proceso funciona de manera satisfactoria, es decir, si se trata de un proceso masivo que produce muchos productos por día, entonces se considera un período de 4 a 10 días, para cada determinado tiempo tomar una pequeña cantidad de productos hasta completar una muestra de 120 a 150, pero cuando se trata de un proceso lento, que produce pocos productos por día, es necesario incrementar el período de estudio para completar una muestra de por lo menos 50 o 60 productos. En ambos casos, en la medida que se tengan más datos y un periodo más amplio será posible conocer mejor el estado real del proceso.

Método de las “5 M”

El método de las “5 M” según Herrero (2011), es un sistema de análisis estructurado que plantea cinco propuestas fundamentales para el análisis de las posibles causas de un problema y está asociada directamente con la filosofía de la mejora continua de un proceso, ya que permite analizar un problema de forma metódica y estructurada. Este método incluye los puntos a estudiar:

Maquinaria: Esta se refiere al análisis de las entradas y salidas de cada una de las máquinas que interviene en el proceso, así como del funcionamiento de principio a fin y de la configuración de

sus parámetros. Como resultado se espera conocer si la intervención de la máquina es compleja o si uno de los mecanismos, son responsables del problema.

Método de trabajo: Su aplicación tiene por objetivo conocer la forma como se hacen los procedimientos tecnológicos y sus posibles variaciones a lo largo del tiempo.

Mano de obra: Es referido a la función del personal especializado o no, que labora en cada operación y el resultado de su desempeño permite reflejar si aplican correcta o incorrectamente los métodos y procedimientos específicos.

Medio ambiente: Las condiciones ambientales pueden afectar al resultado de un proceso productivo y la generación de variaciones de productos. De manera que su valoración puede orientar el porqué de una falla, así por ejemplo, verificar si el adecuado funcionamiento de una máquina en un medio es de alta o baja temperatura.

Materia prima: Los materiales empleados en el proceso y su adecuada definición bajo un buen sistema de trazabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro y durante el proceso de almacenaje, pueden reflejar si cumplen o no con las especificaciones del proceso.

La Técnica de los 5 ¿Por qué?

La Técnica de los 5 ¿Por qué? según TÜV RHEINLAND (2015), es una técnica de preguntas y respuestas, utilizada para explorar la relación causa / raíz sobre un problema particular. Actualmente se utiliza para determinar la(s) causa(s) raíz de un defecto o problema. El principio de esta metodología se basa en considerar que, al aplicar 5 preguntas, se puede llegar a establecer a un nivel satisfactorio la causa efectiva de un problema o situación. Esto no quiere decir que no se pueda continuar haciendo más preguntas, sin embargo, la verdadera clave al aplicar esta técnica es fomentar la solución de problemas al evitar las suposiciones en lugar de seguir la cadena de causalidad directa.

La técnica fue desarrollada originalmente por Sakichi Toyoda y más tarde fue utilizado dentro de Toyota Motor Corporation, durante la evolución de sus métodos de fabricación. Es un componente crítico de la solución de problemas que se da en la capacitación como parte de la inducción al sistema de producción Toyota. El arquitecto del sistema de producción Toyota, Taiichi Ohno, describe la metodología de los 5 por qué como "... la base del enfoque científico de Toyota... al repetir 5 veces “¿porqué?” la naturaleza del problema así como su solución se vuelven más claros, una vez identificada la causa raíz del problema, el siguiente paso es elaborar un plan de acción, en el que se indiquen las actividades a desarrollar, los responsables y las fechas de cumplimiento de las mismas; de esta forma se podrá eliminar la causa del problema y por consecuencia su recurrencia (TÜV RHEINLAND, 2015).

Métodos estadísticos

Análisis de capacidad normal

Los índices de capacidad son estimaciones numéricas de la capacidad del proceso, que permiten dar una idea de lo capaz de un proceso o del nivel con que cumple con las especificaciones del mismo. Estos estadísticos son muy útiles ya que, aparte de ser sencillos de calcular, no tienen unidades de medida, por lo que permiten comparar distintos procesos. Básicamente, son el cociente entre la amplitud tolerable del proceso (la distancia entre los límites de tolerancia o límites de especificación) y la amplitud real o natural del proceso, recordando que, habitualmente, la distancia entre los límites de control es de 6 sigma. Algunos de estos estadísticos se definen a partir de la media del proceso (Bothe, 2001).

Los índices de capacidad asociados con la variación en corto plazo, son CP (capacidad del proceso), Cpk (habilidad de proceso), CPU (unidad de proceso central) y CPL (especificación del límite inferior), mientras los asociados con la variación a largo plazo son Pp (radio entre la amplitud permitida (distancia entre los límites de especificación) y la amplitud natural, Ppk (cociente entre la amplitud permitida y la amplitud natural, teniendo en cuenta la media del proceso respecto al punto medio de ambos límites de especificación), PPU (proceso sólo tiene un

límite de especificación superior) y PPL(proceso sólo tiene un límite de especificación inferior). (Rengifo, 2000). En la práctica, se considera que 1,33 es el valor mínimo aceptable para el índice de capacidad, es decir, cualquier valor por debajo de esta cifra indicaría que aunque esté bajo control estadístico, el proceso no cumple con las especificaciones deseadas (Juran, 1993). Con relación a los cálculos de la capacidad del proceso (CP) (1) y el desplazamiento de la media poblacional (%K) (2) Juran *et al.* (1993) y Maldonado y Graziani (2007) propusieron las fórmulas que se describe a continuación:

$$(1) CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Donde:

CP: capacidad del proceso

LSE: Es el Límite Superior de Especificación

LIE. Es el Límite Inferior de Especificación

6σ: estadístico que representa el cumplimiento total a requerimientos del cliente. Un proceso 6 tiene rendimiento del 99.9997%

$$(2) K = \frac{(\bar{X} - \mu)}{LSE - LIE}$$

Donde:

LSE: es el Límite Superior de Especificación

LIE: es el Límite Inferior de Especificación

$\bar{X} - \mu$: es la Media Poblacional menos la Media de distribución normal

K: es el desplazamiento de la Media Poblacional

Histogramas

Un histograma es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos, pero en este caso, las diferentes observaciones de una misma variable se grafican alrededor de un valor medio o central. Algunos de los usos más comunes del uso de un histograma son: aumentar la calidad de alguno de los procesos, pues es necesario reducir al mínimo la variación que se presente en el mismo. Es por eso, que el histograma permite

identificar cuantas veces se repite un mismo valor, así como la frecuencia con la que se presenta, siendo sus respuestas la base para la toma de decisiones (Pyzdek, 2003).

Por otra parte, el histograma se usa para obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema, mostrar el resultado de un cambio en el sistema, identificar anomalías examinando la forma y comparar la variabilidad con los límites de especificación de un proceso u operación específica (Montgomery, 2008).

Diagrama de Pareto

Matera (2012), señala que el diagrama de Pareto se utiliza para demostrar gráficamente las diversas causas que afectan el resultado de la variable que estamos analizando, jerarquizando las mismas por su impacto, para determinar las causas más importantes y tomar los correctivos dando prioridad a aquellas pocas causas que contribuyen a la mayor parte del defecto.

La técnica consiste en concentrar la atención en las dos o tres barras más altas que son las que corresponden a la mayor parte del problema, sin embargo, Reyes (2009), indica que es una herramienta utilizada para el mejoramiento de la calidad para identificar y definir que el principio enuncia que aproximadamente el 80% de los efectos de un problema se debe a solamente 20% de las causas involucradas.

Gráficas de series de tiempo

Una gráfica de series de tiempo es una gráfica que puede utilizar para evaluar patrones y comportamiento de datos en el transcurso del tiempo. Una gráfica de series de tiempo muestra observaciones en el eje Y con respecto a intervalos de tiempo con igual separación en el eje X. Las gráficas de series de tiempo con frecuencia se utilizan para examinar variaciones diarias, semanales, trimestrales o anuales o efectos antes y después de un cambio de proceso (Suárez, 2016). Las series de tiempo llamadas también series cronológicas o series históricas son especialmente útiles para comparar patrones de datos de diferentes grupos que se obtienen en

períodos regulares y específicos a través del tiempo, los tiempos pueden ser en años, meses, semanas, días u otra unidad adecuada al problema que se esté trabajando (Suárez, 2016)

Metodología de la investigación

Lugar de la investigación

Esta investigación fue desarrollada en la modalidad de pasantía de investigación, en una agroindustria de confites, ubicada en la zona industrial La Morita I Turmero estado Aragua.

Identificación del área y material de estudio

El área de estudio correspondió a la línea única de procesamiento de gomitas, conformada por un conjunto de operaciones desde la recepción de la materia prima e ingredientes hasta la obtención del producto terminado (gomitas ácidas-dulces recubiertas con azúcar). El material de estudio correspondió a las gomitas alimenticias, mencionadas anteriormente en las presentaciones de figuras de animalitos (gusanitos (Producto A), cocodrilos (Producto B), tiburones (Producto C) y de planeta (círculos planos (Producto D)) de sabores artificiales variados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Identificación de los productos en estudio

Presentaciones de las gomitas alimenticias	Identificación del producto	Sabores artificiales del producto
Gusanitos	A	Piña-Limón Piña-Fresa Piña-Uva
Cocodrilos	B	Piña-Vainilla Limón-Vainilla Fresa-Vainilla
Tiburones	C	Piña Limón Fresa Uva
Círculos planos	D	Piña Limón Fresa Uva

Plan de muestreo y análisis estadístico

Este estudio se realizó durante el periodo de julio a noviembre 2015 (cuatro (4) meses), tomando datos continuos de las producciones del material de estudio mencionado, de acuerdo al plan de producción establecido por la empresa en el turno diurno (turno 1 y 2) del horario de 7:00 am a 5:00 pm. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Plan de muestreo en la línea de gomitas alimenticias en el turno diurno

Producción de gomitas		Número de lotes (Producciones) (N)	Total Número de lotes (N)	Número de muestras / producción (n)	Total del muestreo (n)	% Muestreo
Producto	Sabores					
A	Piña-Limón	5	23	3	14	60,86
	Piña-Fresa	11		8		
	Piña-Uva	7		3		
B	Piña-Vainilla	7	14	0	5	35,71
	Limón-Vainilla	3		2		
	Fresa-Vainilla	4		3		
C	Piña	2	11	1	5	45,45
	Limón			4		
	Fresa	9				
	Uva					
D	Piña	14	30	8	18	60,0
	Limón	16		10		
	Fresa					
	Uva					

Métodos

➤ Ubicar los puntos donde se detectan las pérdidas físicas durante la fabricación de gomitas.

Para ubicar los puntos donde se detectan las pérdidas físicas durante la fabricación de gomitas, se realizó previamente la descripción tecnológica, considerando los aspectos indicados por Alonso *et al.* (2007) y Sequeira (2009), quienes recomiendan aplicar la norma ISO – 15489 (2001), para la documentación de los procesos donde se identifique la secuencia real de las operaciones, indicando los puntos de control, las máquinas y equipos involucrados, tiempos de cada operación y puntos donde se reconozcan los problemas asociados a retrasos o pérdidas de productos. Esta descripción se presentó tomando como referencia el Cuadro 3.

Cuadro 3. Simbología para el diagrama de flujo vertical.

SIMBOLO	SIGNIFICADO	USO
	Origen	Sirve para identificar el paso previo que da origen al proceso
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Hay una operación cada vez que un documento es cambiado intencionalmente en cualquiera de sus características.
	Inspección	Indica cada vez que un documento o paso del proceso se verifica en términos de: la calidad, cantidad o características. Es un paso de control dentro del proceso. se coloca cada vez que un documento es examinado.
	Transporte	Indica cada vez que un documento se mueve o traslada a otra oficina y / o funcionario.
	Demora	Indica cuando un documento o el proceso se encuentra detenido, ya que se requiere la ejecución de otra operación o el tiempo de respuesta es lento.
	Almacenamiento	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo. También se puede utilizar para guardar o proteger el documento de un traslado no autorizado.

Fuente: Hernández y Porras, (2010)

➤ **Cuantificar las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo**

Para la cuantificación de las pérdidas físicas, se efectuó un registro de las mismas durante el procesamiento de las gomitas en la línea respectiva desde la recepción hasta su salida como producto terminado después del recubrimiento durante los cuatro meses (4 meses) de observación. Los datos se registraron en formatos, que se diseñaron para recoger y presentar esta información, como modelos propio de la investigación. El Cuadro 4 indica si el control de pesos de cada materia prima utilizada para cada producción es por defecto o por exceso.

Cuadro 4. Registro de control de pesos de materias primas por Batch.

FECHA	Nro. de Traslado	Nro. de Batch	Producto	Ingredientes	Cantidades	Total kg Cantidad	Observaciones
			A	AZUCAR			
			B	GLUCOSA			
			C	ALMIDON			
			D	GELATINA			
			A	AZUCAR			
			B	GLUCOSA			
			C	ALMIDON			
			D	GELATINA			
			A	AZUCAR			
			B	GLUCOSA			
			C	ALMIDON			
			D	GELATINA			

Cuadro 5. Registro de control de pérdidas físicas en la línea de proceso

FECHA	Nº BATCH	INGREDIENTES	TOTAL DE MATERIA PRIMA	DESPERDICIO LIQUIDO		DESPERDICIO SÓLIDO	TOTAL DESPERDICIO	Nº CESTAS X 6 Kg		ÚLTIMA CESTA Kg		TOTAL CESTAS PRODUCCIÓN Kg	TOTAL PRODUCTO FINAL
				CONTENEDOR	TOLVA			FRESA	UVA	FRESA	UVA		

Los resultados de las pérdidas físicas del Cuadro 5 serán expresados a través de gráficas de serie de tiempo para visualizar el comportamiento de las variaciones diarias según las tolerancias preestablecidas por la empresa y estos se relacionaron con la capacidad del proceso, siguiendo la metodología de Juran *et al.* (1993), para indicar si el proceso productivo implementado en este estudio es capaz o no, en el transcurso de los cuatros (4) meses de la investigación.

Para esta definición, se utilizó la fórmula 1 del Cuadro 6 cuyo resultado se analizó considerando lo señalado por Juran *et al.* (1993), al indicar que si la capacidad del proceso resultó mayor a 1,33 ($CP > 1,33$) se infiere que el proceso es capaz, si se encuentra entre 1 y 1,33 ($1 < CP < 1,33$) el proceso es capaz, pero requiere de un control estricto y si es menor que 1 ($CP < 1$), el proceso es incapaz, seguido se hizo un análisis de la reducción de la variabilidad en los puntos, donde se ubicaron las pérdidas según la variable crítica del proceso (variable que se detectó con variación en su respuesta con respecto al estándar de producción).

Para ello se aplicó la fórmula 2 (Cuadro 6) empleada por Maldonado y Graziani (2007) para determinar en qué porcentaje se puede disminuir la variabilidad de una operación específica en un proceso. Por último se determinó el desplazamiento de la media poblacional, a partir de la fórmula 3 (Cuadro 6) descrita por Maldonado y Graziani (2007), la cual revela que si un proceso presenta el desplazamiento de la media poblacional hacia la derecha significa aumento de las pérdidas físicas (fuera de las especificaciones) y si ocurre a la izquierda implica disminución de las mismas.

Cuadro 6. Fórmulas para la determinación de la capacidad del proceso (CP), reducción de la variabilidad (%R) y desplazamiento de la media poblacional (K).

Determinación	Fórmula	Especificación
Capacidad del proceso (CP)	(1) $CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$ CP: capacidad del proceso LSE: Límite Superior de Especificación LIE: es el Límite Inferior de Especificación σ : Desviación estándar media	<ul style="list-style-type: none"> ➤ $CP > 1,33$: el proceso es capaz ➤ CP entre 1 y 1,33: el proceso es capaz pero requiere de un control estricto ➤ $CP < 1$: el proceso es incapaz
Reducción de la Variabilidad (%R)	(2) $\%R = \frac{R}{\sigma_r} \times 100$ %R= porcentaje de reducción R= diferencial de desviación σ_r = desviación real	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A mayor % R mayor posibilidad de mejoras ➤ A menor % R menor posibilidad de mejoras
Desplazamiento de la media poblacional (K)	(3) $K = \frac{\bar{X} - \mu}{LSE - LIE}$ K: es el desplazamiento de la Media Poblacional LSE: es el Límite Superior de Especificación LIE: es el Límite Inferior de Especificación \bar{X} : media del proceso μ : valor nominal: $((LSE + LIE) / 2)$	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un incremento en 0,1 unidad de K representa 10% del desplazamiento de la media con respecto a la media nominal ➤ K positivo (+) el desplazamiento de la media poblacional es hacia la derecha ➤ K negativo (-) el desplazamiento de la media poblacional es hacia la izquierda

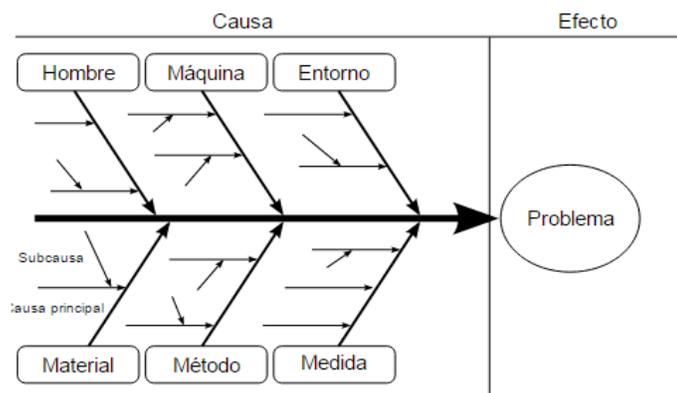
Fuente: Maldonado y Graziani (2007); Juran *et al.* (1993)

➤ **Identificar las causas de las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo**

Para identificar las causas que provocaron las pérdidas físicas del producto en la línea de elaboración de confites, se aplicará la técnica de Ishikawa o espina de pescado (Figura 1) para determinar las causas de las pérdidas físicas del producto durante su proceso. Con este procedimiento se definieron las causas principales y las secundarias, ya que este diagrama permite especificar los problemas existentes, ubicándolos en las siguientes categorías: métodos de trabajo, materiales, mano de obra y maquinaria (Rodríguez, 2014).

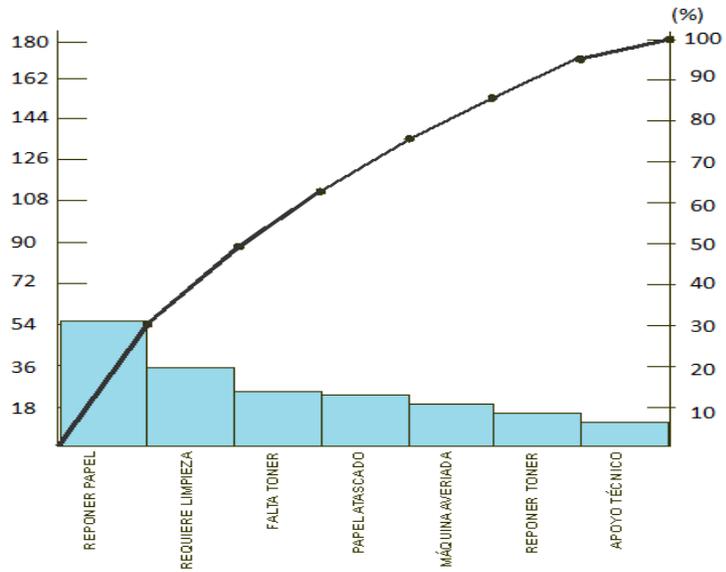
Asimismo, las causas de la técnica de Ishikawa fueron analizadas mediante el diagrama de Pareto (Figura 3), un método gráfico por medio de barras en forma decreciente que permite discriminar las causas más importantes de un problema (lo poco vital) de las que lo son menos (lo mucho trivial). Conjuntamente, al aplicar una herramienta como el histograma (Figura 4) permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas por la empresa, los cuales pueden determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones (AITECO, 2013).

Estas causas secundarias mas importantes fueron analizadas en un cuadro resumen indicado en la herramienta de los cinco (5) ¿por qué (Figura 2) (Varas, 2010). La aplicación de estos métodos permitió ubicar con exactitud en el esquema tecnológico los puntos de control y los puntos críticos de control dentro del conjunto de operaciones donde ocurren las pérdidas en estudio.

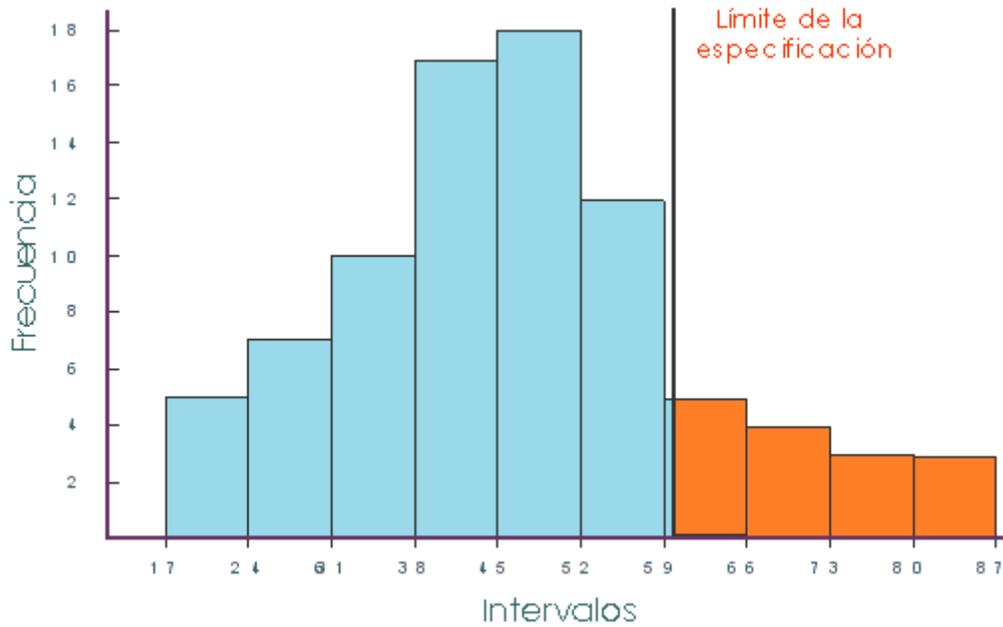


Fuente: Moreno y Rodríguez (2008).

Figura 1. Modelo del diagrama causa-efecto para la identificación de las causas principales y subcausas



Fuente: AITECO (2013)
 Figura 2. Ejemplo del diagrama de Pareto



Fuente: AITECO (2013)
 Figura 3. Ejemplo del histograma

	1era causa crítica	2da causa crítica	3ra causa crítica	4ta causa crítica
1er ¿Por qué?				
2do ¿Por qué?				
3er ¿Por qué?				
4to ¿Por qué?				
5to ¿Por qué?				
ACCION				

"5 Porqués" puede ser usado individualmente o como una parte del FishBone (también conocido como diagrama de causa y efecto o Ishikawa).

FishBone le ayuda a explorar todas las causas potenciales o reales que resultan en un único defecto o fracaso.

Una vez establecidas, usted puede usar la técnica de "5 Porqués" para llegar hasta las causas raíz.

Fuente: Varas (2010)

Figura 4. Ejemplo de la herramienta de los 5 ¿Por qué? para el problema de caída de refinado al piso en fabricación de chocolates.

- **Proponer acciones orientadas a reducir o minimizar las pérdidas físicas del producto en estudio en el proceso**

Con base a los resultados de los objetivos anteriores se seleccionarán los criterios para reducir o minimizar las pérdidas detectadas a lo largo del proceso y para ello se plantearán alternativas en forma de lista de pasos a seguir que sirvan como guía para su implementación.

Resultados y discusión

➤ Ubicar los puntos donde se detectan las pérdidas físicas durante la fabricación de gomitas.

En el Cuadro 7 se presenta la descripción del proceso de fabricación de gomitas ácido-dulces recubiertas con azúcar y sin recubrimiento, siendo este común para las cuatro presentaciones comerciales representadas por las figuras antes mencionadas, los cuales fueron identificados como productos A, B, C y D (ver cuadro 1). Este proceso consta de diez (10) operaciones, que se inician desde la recepción de materias primas e ingredientes, hidratación de gelatina, hidratación de almidón, mezclado de ingredientes, trasvase de mezcla 1, adición de microingredientes en la mezcla líquida, trasvase de la mezcla 2, dosificación en moldes de figuras, enfriamiento y recubrimiento. Dentro de estas operaciones existe un control de calidad, para asegurar que los tiempos, pesadas y formas de preparación se cumplan en función a las especificaciones de la empresa, considerando las máquinas y equipos involucrados al proceso.

Es importante señalar que durante este conjunto de operaciones pueden ocurrir pérdidas físicas de producto en toda la línea de elaboración de las gomitas ácidas dulces. En este sentido, se ha detectado durante la evaluación del proceso operativo pérdidas físicas de los productos intermedios en todas las operaciones, con excepción en la hidratación de gelatina (operación 2), hidratación de almidón (operación 3), el mezclado de los ingredientes (mezcla líquida de la formulación de gomitas) (operación 4), trasvase de mezcla 1 (operación 5) y Adición de microingredientes (operación 6).

En general, estas pérdidas en las distintas operaciones fueron atribuidas principalmente a la aplicación de procedimientos inadecuados por parte del personal encargado en el área de proceso, asimismo en el inadecuado funcionamiento de la maquinaria involucrada con referencia a las especificaciones del proceso establecidas por la empresa, que conllevaron a cambios en las formulaciones esperadas, que de una u otra forma originan pérdidas del producto intermedio.

Cuadro 7. Descripción del proceso operativo y fallas del proceso involucradas en la fabricación de gomitas

N°	Tiempos de proceso	Diagrama ANSI	Diagrama de flujo de las operaciones	Descripción del proceso	Punto control calidad	Máquinas y equipos involucrados	¿Pérdidas físicas de producto?		Fallas de procesos
							Sí	No	
1	5 min	PC 	Recepción	Pesar cada materia prima e ingredientes	Sí	Balanza Romana	x		Inadecuados procedimientos de pesadas de materia prima
2	15 minutos	PC 	Hidratación de gelatina	Incorporar agua y gelatina	Sí	Batidora Industrial		x	Fallas en el registro de las temperaturas. Falta de una termocupla.
3	20 minutos	PCC 	Hidratación del almidón	Incorporar agua y almidón modificado de maíz	Sí	Batidora Industrial		x	
4	2 horas y 40 minutos	PCC 	Mezclado de ingredientes formulados para la gomita (mezcla líquida)	Agregar al jarabe madre (*), almidón hidratado y gelatina hidratada en constante agitación para formar la gomita (*): mezcla	Sí	Concentrador		x	
5	5 minutos	PC 	Trasvase de mezcla 1	Trasiego del producto mediante la bomba 1	Sí	Concentrador a Contenedores		x	
6	20 segundos	PCC 	Adición de microingredientes en la mezcla líquida	Agregar el sabor, color y ácido (*)	Sí	Contenedores		x	Falta de agitadores centrales para el mezclado en el equipo
7	3 horas	PC 	Trasvase de mezcla 2	Trasiego del producto mediante la bomba 3	Sí	Contenedores a Tolva	x		Escape de producto líquido en la bomba 3
8		PCC 	Dosificación	Inyección de mezcla por dosificación volumétrica en moldes (*)	Sí	Inyectores	x		Desgaste de las munisiones de los inyectores
9	13 a 20 minutos	PCC 	Enfriamiento	El producto se solidifica (*)	Sí	Túnel de Enfriamiento	x		Descenso del producto a la segunda cinta transportadora
10	3 horas / Batch	PCC 	Recubrimiento	Dosificador del recubrimiento a la gomita con la forma definida	Si	Tomber	x		Descenso del producto al equipo

(*) : Parámetros establecidos por la empresa

De acuerdo a Rodríguez (2014) uno de los factores importantes para que todo proceso se lleve a cabo con éxito, es implementar un sistema adecuado de indicadores que permita medir las diferentes etapas del proceso, con el fin de reflejar un resultado óptimo en el mediano y largo plazo. Mientras Asencio, (2010) menciona que en la industria de alimentos, el requisito fundamental es cumplir con las especificaciones del proceso a cabalidad, con la finalidad de asegurar la productividad, y evitar la ocurrencia de pérdidas, durante el procesamiento o fallas de las maquinarias.

➤ **Cuantificar las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo**

En la Figura 5 se presentan los valores promedio indicativos de la capacidad del proceso operativo (C_p), donde se consideró que un valor menor a 1 ($C_p < 1$) para todos los productos, indica una operación incapaz de mantener la formulación del producto dentro del límite especificado para controlar las pérdidas de productos intermedios, por lo que se detecta la variabilidad en los porcentajes de pérdidas en cada tipo de producto.

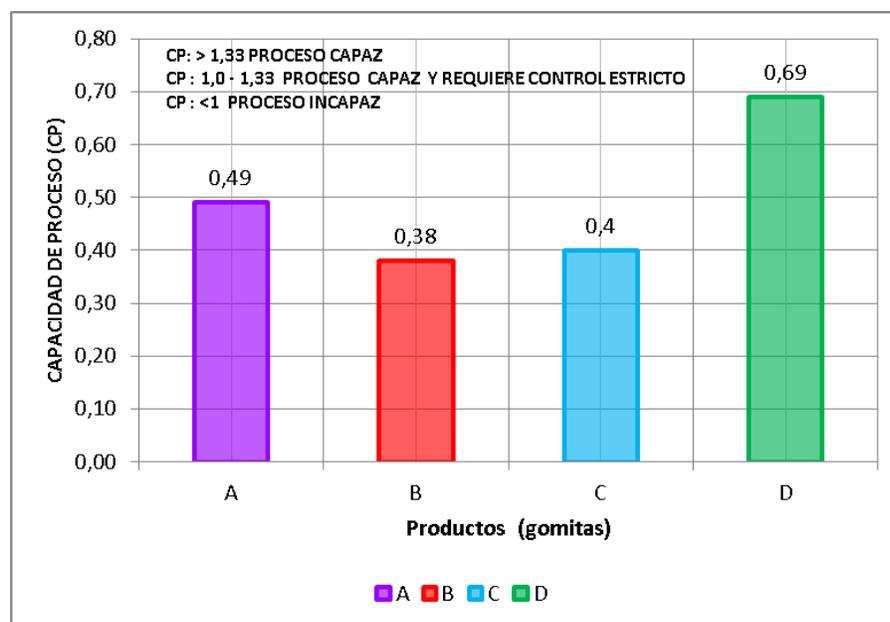


Figura 5. Capacidad del proceso (C_p) de fabricación de los productos A,B,C y D (Ver cuadro 1).

De acuerdo a estos resultados, Juran *et al.* (1993) explican que cuando un proceso es incapaz, se hace necesario implantar planes de registro que faciliten la visualización de las variaciones, así como la incidencia de las mismas y en este sentido se podría plantear no solo los registros de las variables críticas del proceso, sino también implementar la colocación de algún sistema automático que permita dar alertas cuando las especificaciones no se cumplen, para asegurar de controlar las pérdidas detectadas.

Para las gráficas que se muestran en la Figura 6, respecto a las pérdidas físicas del área de proceso, estos son representados para los productos estudiados con la línea morada para el límite superior (LSP), la línea roja para el límite inferior (LIP) y la línea verde representa el promedio (PP), de este modo, el análisis es expresado de manera porcentual, en el cual los equipos generan pérdidas de gomitas de forma no recuperable al proceso, que varía entre valores promedio de 5,4 a 10,3 %.

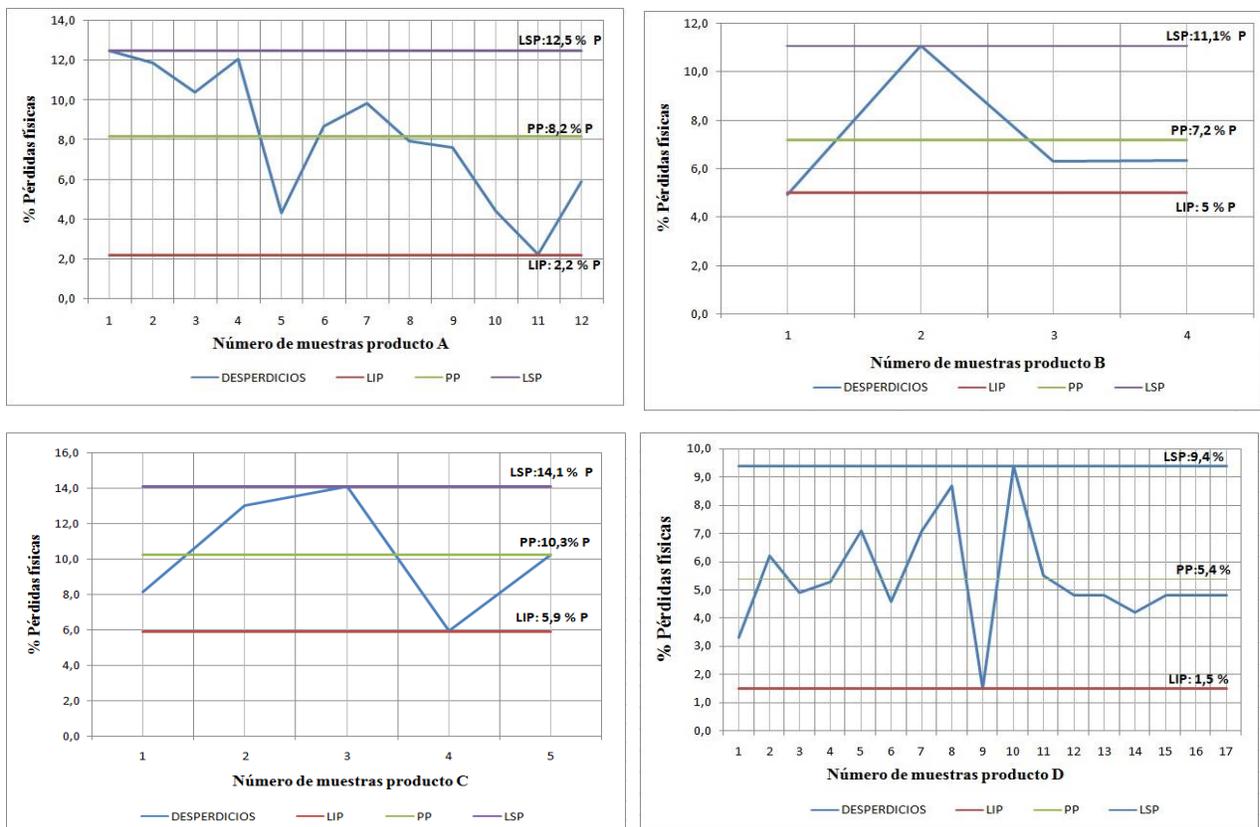


Figura 6. Variaciones en el porcentaje de pérdidas físicas en los productos A,B,C y D (Ver cuadro 1).

Por otro lado al analizar el valor porcentual de K, que representa el desplazamiento de la media poblacional con respecto al promedio nominal de las pérdidas estimadas para cada proceso de fabricación de las gomitas en estudio (Cuadro 8), se encontró que los valores fueron positivos y al calcularlo con base a que el incremento en 0,1 unidad de K que representa el 10%, los mismos indicaron desplazamientos entre 56 y 99 %. Es decir que la media poblacional del proceso se desplazó hacia la derecha, incrementando significativamente las pérdidas de producto intermedio ($P < 0,05$). Este resultado permitió inferir que el proceso en general requiere del establecimiento de un control más estricto en la supervisión y corrección de la ejecución secuencial de las operaciones y del funcionamiento esperado de la maquinaria involucrada en los puntos donde ocurren las pérdidas. Es por ello que Maldonado y Graziani (2007) recomiendan para estos casos instalar controles automáticos, que permitan registrar las variables críticas del proceso, es decir las variables asociadas a la problemática en estudio.

Cuadro 8. Variables a considerar en el proceso, los productos A, B, C y D por razón de porcentajes de reducción, y desplazamiento de la media

PRODUCTO	% Reducción	%K
A	62,05	56
B	71,48	99
C	69,70	97
D	50,53	93

En consecuencia se propone establecer estrategias que permitan un control de las operaciones, aplicando medidas como por ejemplo calibración y ajustes que conlleve a un porcentaje de reducción de la variabilidad de pesos con un promedio de 63,44 % en gomitas alimenticias respectivamente, para cumplir con las exigencias especificadas por la agroindustria, con la finalidad de lograr un nivel de capacidad altamente competitivo en el mercado.

Al analizar los resultados de la capacidad de proceso, se encontró que estos fueron menores a uno ($C_p < 1$) para los cuatro productos indicando procesos incapaces, lo cual fue atribuido a las causas

principales definidas en el diagrama Ishikawa. Sin embargo se determinó que el porcentaje de reducción de las pérdidas por estas causas puede oscilar entre 50,53 y 71,48 % para los productos A, B , C, y D, siendo esto viable al aplicar las correcciones de las causas principales y secundarias planteadas anteriormente. Ante esta premisa existe la posibilidad de que la capacidad del proceso mejore, teniendo en cuenta que el desplazamiento de la media de las pérdidas ocurre con sentido positivo, como se presenta para los procesos de los productos A,B,C y D, esto por la aplicación de medidas preventivas sobre los aspectos del método de trabajo.

Al respecto, Maldonado y Graziani (2007) explican que para la industria de productos cárnicos enlatados, las herramientas de calidad son útiles para encontrar las causas probables con respecto al bajo peso de las latas y son generadas en modo de fallas un 80 % por la relación de métodos de trabajo, el 58% de las observaciones estuvo fuera de las especificaciones, lo que genera una capacidad de proceso real de 0,004 (proceso incapaz), por lo tanto la empresa debería aplicar un programa de mejoramiento basado en la reducción en un 83% de la variabilidad a nivel de la línea y que la media poblacional se desplace hacia la izquierda en un 98%.

➤ **Identificar las causas de las pérdidas físicas de los productos en estudio durante el proceso productivo**

Uno de los elementos más importantes de un sistema de gestión de calidad es la mejora continua; dentro de los diversos orígenes. Para esta mejora se tiene la implementación de acciones correctivas y preventivas que atiendan situaciones indeseables, reales o potenciales que se presenten dentro de la organización. Para ello, se requiere disponer de una herramienta eficaz a los fines de mejorar las prácticas de fabricación, esto hace relevante contar con una metodología para la solución de problemas y dentro de esta, la correcta identificación de las causas que las originan.

En consideración a lo expuesto, en la Figura 7 se presenta el análisis del diagrama de causa - efecto de los factores que producen las pérdidas físicas de los productos en estudio, con el fin de conocer cada una de las causas principales en la generación de pérdida de gomitas en el proceso y su relación con las causas secundarias.

Del mismo modo, se determinaron cuatro categorías para el análisis interpretativo de las causas principales de las pérdidas físicas del producto intermedio, las cuales fueron representadas por método de trabajo, maquinaria, mano de obra y materiales para todos los procesos, en el cual se encontró en el diagrama que las causas principales de pérdidas físicas se deben con alto porcentaje a la maquinaria 41,66%, los cuales conllevan a pérdidas promedios continuas de 5 % de las pérdidas físicas, del mismo modo este promedio resulta alto debido a que las especificaciones de la empresa indican valores en el intervalo de 1,0 a 2,0%. Como ejemplo de lo indicado este valor de pérdidas encontrado, representa aproximadamente en promedio 13,79 Kg (524,15kg en total de pérdidas de los datos tomados en el lapso de los cuatro meses), es decir, 4193 bolsitas empacadas de 125gr, alrededor de 104 cajas.

Por otro lado, Sierralta (2010) señala que las causas que mayormente inciden en un proceso de fabricación de alimentos, son atribuidas con alta frecuencia a la mano de obra, recomendando para disminuir estas fallas trabajar con una planificación en general para el mejoramiento continuo del personal, a fin de garantizar el buen funcionamiento y evitar paradas no programadas. Así como realizar investigación y desarrollo con materias primas alternativas, que conlleven al tipo de producto terminado deseado, para controlar la productividad segura y satisfacer la aceptación como demanda del mercado.

Bajo estas consideraciones, en el Cuadro 9, se presenta en forma resumida el análisis de las causas de las pérdidas físicas de los productos intermedios encontradas durante la evaluación del proceso en estudio de fabricación de gomitas ácido-dulces con y sin recubrimiento de azúcar.

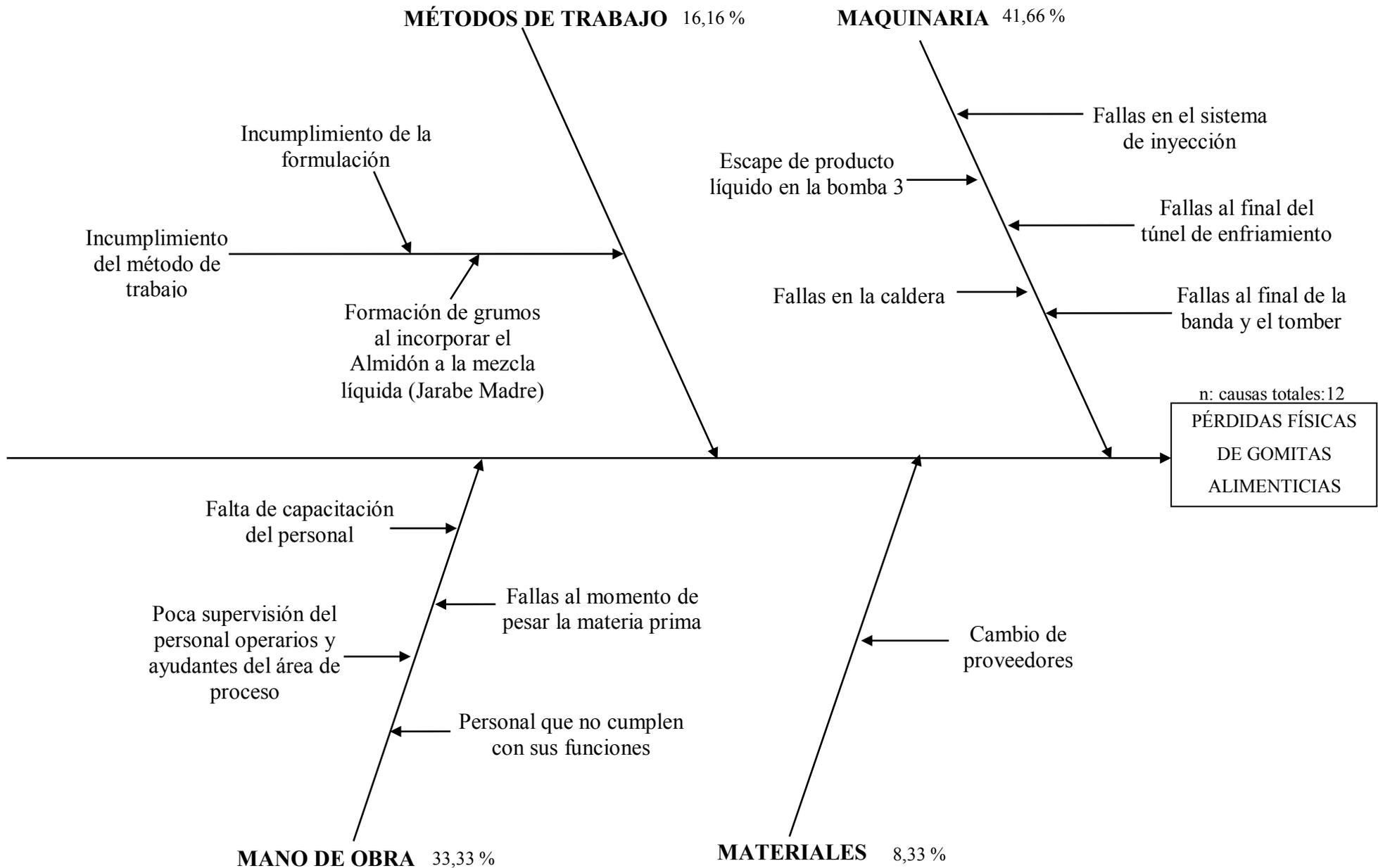


Figura 7. Diagrama causa–efecto de las pérdidas físicas de gomitas alimenticias en el área de proceso

Cuadro 9. Análisis de las causas de las pérdidas físicas y propuestas de soluciones.

Categorías	Causas asociadas	Propuesta de Solución(es)
Método de trabajo	<p>El incumplimiento con la formulación a conllevado a los procedimientos inadecuados en el método de trabajo, por ejemplo mencionar, la mezcla líquida presenta grumos colosales tras haber incorporado el almidón a temperatura no óptima y una agitación inadecuada, generando otra calidad del producto intermedio y por ende problemas para lograr las especificaciones consideradas para el producto terminado (Ver figura 7).</p>	<p>Establecer círculos de control de calidad estricto en todo el ciclo y que estos estén asociados a estándares de naciones e internacionales y cumplan a su vez, con la degustación del mercado de usuarios que consumen el producto final.</p>
Maquinarias	<ul style="list-style-type: none"> • La caldera presenta fallas mecánicas debido a varios factores que altera su equilibrio. • Se presenta pérdidas de producto líquido en la bomba de trasiego 3, debido a una fuga por falta de mantenimiento general y repuesto de empacadura. • Fallas en el sistema de inyección es debido a cambios en la dosificación de la fórmula originando un desajuste en la calibración del equipo, debido a que altera la presión de funcionamiento de los pistones, desgastando así cada elementos mecánico que lo compone. • Pérdidas de producto de gomitas sólidas (sin recubrimiento y con recubrimiento) al final del túnel de enfriamiento y al final de la cinta transportadora que se une al tomer, que da lugar a la obtención del producto final. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar como correctivo en la caldera, la instalación controles automáticos modulantes de alimentación de agua y sistemas para el control de sólidos disueltos, de manera que los efectos que se generen serán minimizados y permitirán que funcione con mayor eficiencia. • En la bomba de trasiego se recomienda realizar estudios de estimación de potencia eléctricas e hidráulicas a las diferentes condiciones de las propiedades del fluido (temperatura, densidad, concentración y viscosidad), con finalidad de conocer si este instrumento mecánico cumple con la exigencias del proceso, necesario para la optimización de varias operaciones que son importantes en esta industria de alimentos. (Ver anexo 1) • Estar en constante monitoreo del sistema de inyección en áreas de establecer mantenimiento preventivo y correctivos rápidos acorde a la eficiencia del equipo, evitando así la detención general en la línea de producción. • Se recomienda la realización de pruebas de velocidad de las bandas de transporte, así mismo, verificar su grado de inclinación de la bandeja de ascenso, separación entre las bandas, ancho operativo entre las bandas y material que posee la última cinta transportadora para evitar que ha alta velocidad el producto rebote y caiga al suelo. Las sugerencias anteriormente planteadas llevarán a un rediseño en estos dos puntos de la línea. De forma rápida, la instalación de una bandeja en el cuerpo de soporte de los equipos evitará minimizar en poco porcentaje las pérdidas anteriormente mencionadas.

Cuadro 9. Análisis de las causas de las pérdidas físicas y propuestas de soluciones. CONTINUACIÓN

Categorías	Causas asociadas	Propuesta de Solución(es)
Materiales	La escasez de materia prima conlleva al cambio de proveedores, ocasionando una sustitución en la formulación y la calidad en el producto final. A su vez, la constante alza de los precios de los ingredientes de las gomitas a lo largo del ciclo productivo altera el equilibrio económico de la institución y conlleva a cambios en la formulación.	Desarrollo de nuevas formulas adaptadas al gusto de consumidor, como por ejemplo elaboración de golosinas reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con Stevia o alcoholes polihídricos como edulcorantes, una alternativa para la sustitución de azúcares simples tiene grandes repercusiones en la salud pública. La aplicación de estas u otras técnicas no puede afectar el manejo tecnológico de la mezcla, para obtenerlo con las mejores cualidades sensoriales y fisicoquímicas.
Mano de Obra	La mano de obra de esta agroindustria se destaca a las múltiples actividades del proceso de producción lo cual hace que se incremente considerablemente el porcentaje de desperdicio. Estas pérdidas están asociadas a que personal que labora en la institución posee: A. Falta de adiestramiento; B. Descuido del operario en la ejecución de las actividades; C. Mala utilización de los recursos; D. Falta de procedimientos estándares; E. Mala manipulación de materiales y equipos; F. La poca supervisión del personal operarios.	<ul style="list-style-type: none"> • La capacitación del personal es una inversión que trae beneficios a los empleados y a la institución, ya que el empleado tiene la responsabilidad para la ejecución de las actividades en las distintas áreas involucradas, del mismo modo, ayuda a prevenir riesgos laborales, produce actitudes más positivas, aumenta la rentabilidad de la empresa, eleva la moral del personal, mejora el conocimiento de los diferentes puestos y, por lo tanto, el desempeño, crea una mejor imagen de la empresa, facilita que el personal se identifique con la institución, ayuda a solucionar problemas y promueve la comunicación en la organización. • La estandarización de las actividades dentro de un proceso es de gran importancia, debido a que a través de ella se propone realizar las operaciones de una mejor manera, con la finalidad de que estas siempre se realicen siguiendo el mismo método para así evitar fallas en los pesos de la materia prima teniendo pesadas superiores o inferiores a las especificaciones de calidad.

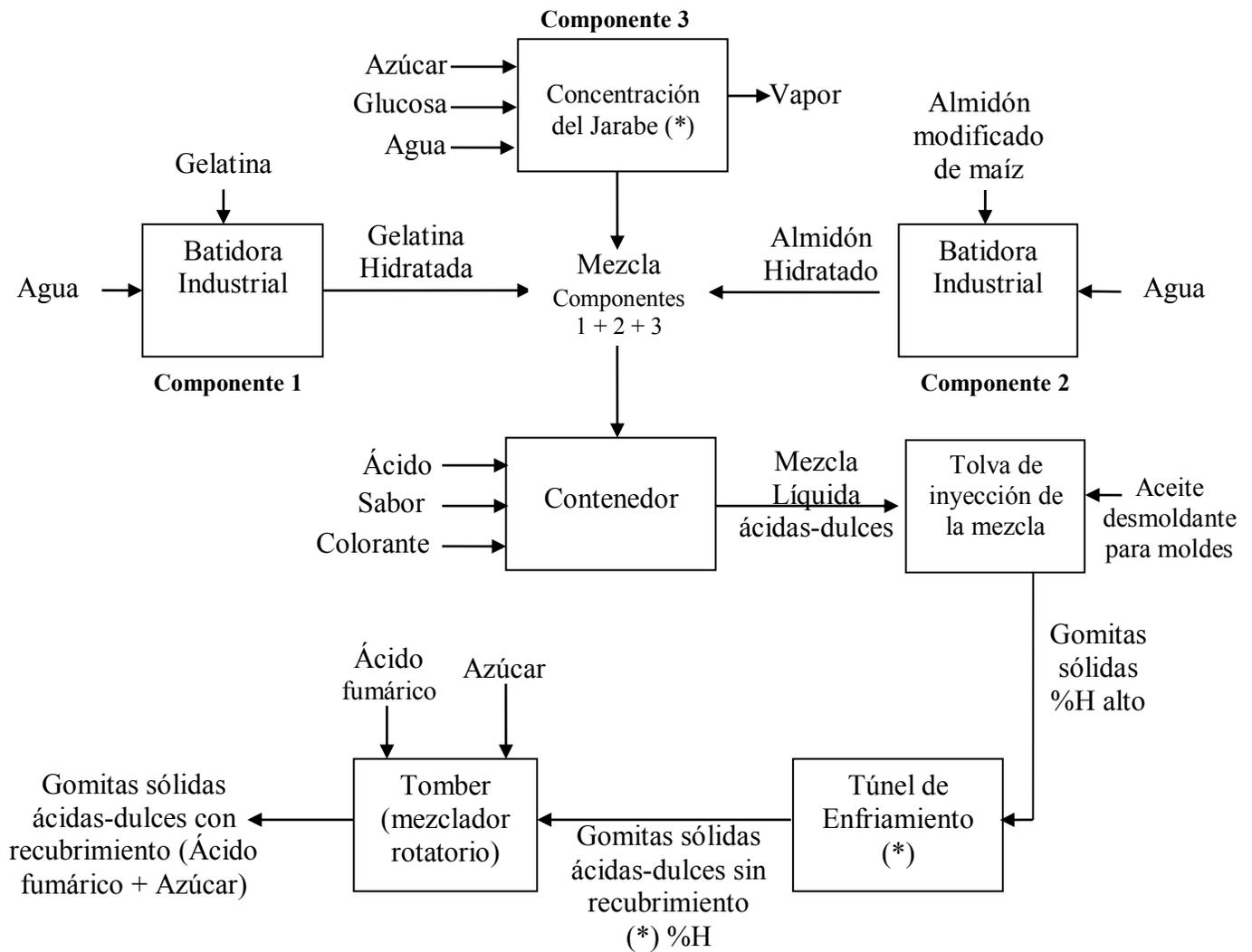


Figura 8. Diagrama de bloque del proceso con balance de los componentes

En la figura 9 se observa el diagrama de Pareto demostrando las causas secundarias que están asociadas a las categorías mediante el diagrama de causa – efecto relacionadas con el método de trabajo, maquinaria y mano de obra. Además, esta investigación está basada a través de la técnica de grupo nominal por medio de encuestas realizadas a los trabajadores (producción y calidad) en el área de proceso (Ver anexo 3), indicando que el diagrama de Pareto cumplió con la finalidad de discriminar en cuanto a las tres primeras barras, para resolver 3 de 6 causas que representan aproximadamente un 65,86 %, sin embargo, resolviendo el escape del producto líquido de la bomba 3, las fallas en el sistema de inyección y las fallas en el diseño de ingeniería están

orientadas mediante la conveniencia de implementar programas de mantenimiento de las máquinas y equipos con la adquisición de los nuevos repuestos tanto para la bomba 3 como para los pistones de inyección, de igual manera para el problema con respecto al diseño de ingeniería de la línea se podrán reducir de las pérdidas físicas con la instalación de una bandeja en el cuerpo de soporte de los equipos y evitar de esta manera que el producto se deseche.

Cuadro 10. Resultados de la encuesta realizada al personal de proceso de la línea de gomitas alimenticias (Ver anexo 3).

N° causas	Causas probables	Puntaje total de las causas	Porcentaje (%)
1	Fallas en la caldera	38	15,26
2	Escape de producto líquido en la bomba 3	65	26,10
3	Fallas en el sistema de inyección	57	22,89
4	Falta de capacitación del personal operador y ayudantes	28	11,24
5	Problemas con la poca supervisión del personal	19	7,63
6	Fallas en el diseño de ingeniería en la línea	42	16,87
Total		249	100

N° = número de causas secundarias (1 al 6)

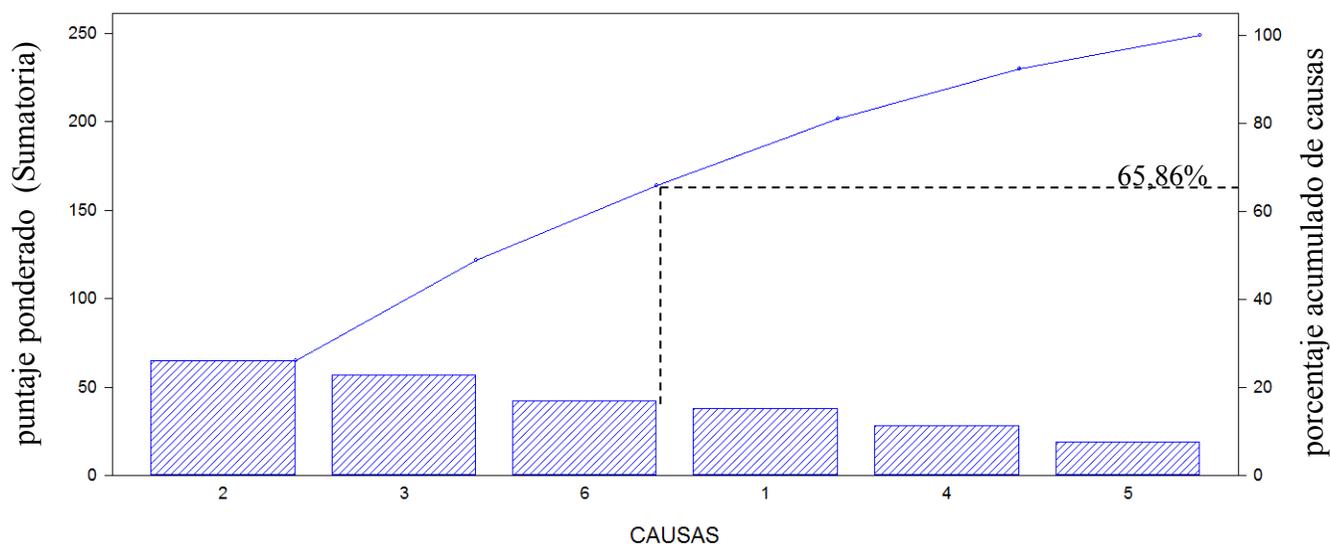


Figura 9. Diagrama de Pareto de las causas secundarias con respecto a las pérdidas físicas de las gomitas ácidas – dulces.

En la figura 10, se observan los histogramas para los productos de las gomitas alimenticias, las cuales se representan de forma asimétrica, con el pico descentrado respecto al rango de datos, por

lo que esta distribución para cada producto puede ser debida a un proceso que se ha ajustado demasiado a uno de los extremos del rango permitido, y que la media (la barra más alta), está por fuera de la especificación superior lo que podría tener sentido si consideramos que el porcentaje de las pérdidas suministrados por la empresa deberían estar entre los intervalos 1 y 2%, es por ello que el mayor número de observaciones tanto para el producto A como para el producto D, se concentra cerca de los rangos de intervalos de la empresa. La tendencia central está ubicada alrededor de 4,1; 7,9; 5,4 y 4,0 porcientos (pérdida porcentual promedio) para los productos A, B, C y D, con una amplitud o rango bastante amplio, lo que evidencia una dispersión pronunciada de los datos (alta variabilidad), indicando que la producción promedio escapa de la máxima especificación lo que quiere decir que los procesos son incapaces (Statistix versión 8.0G).

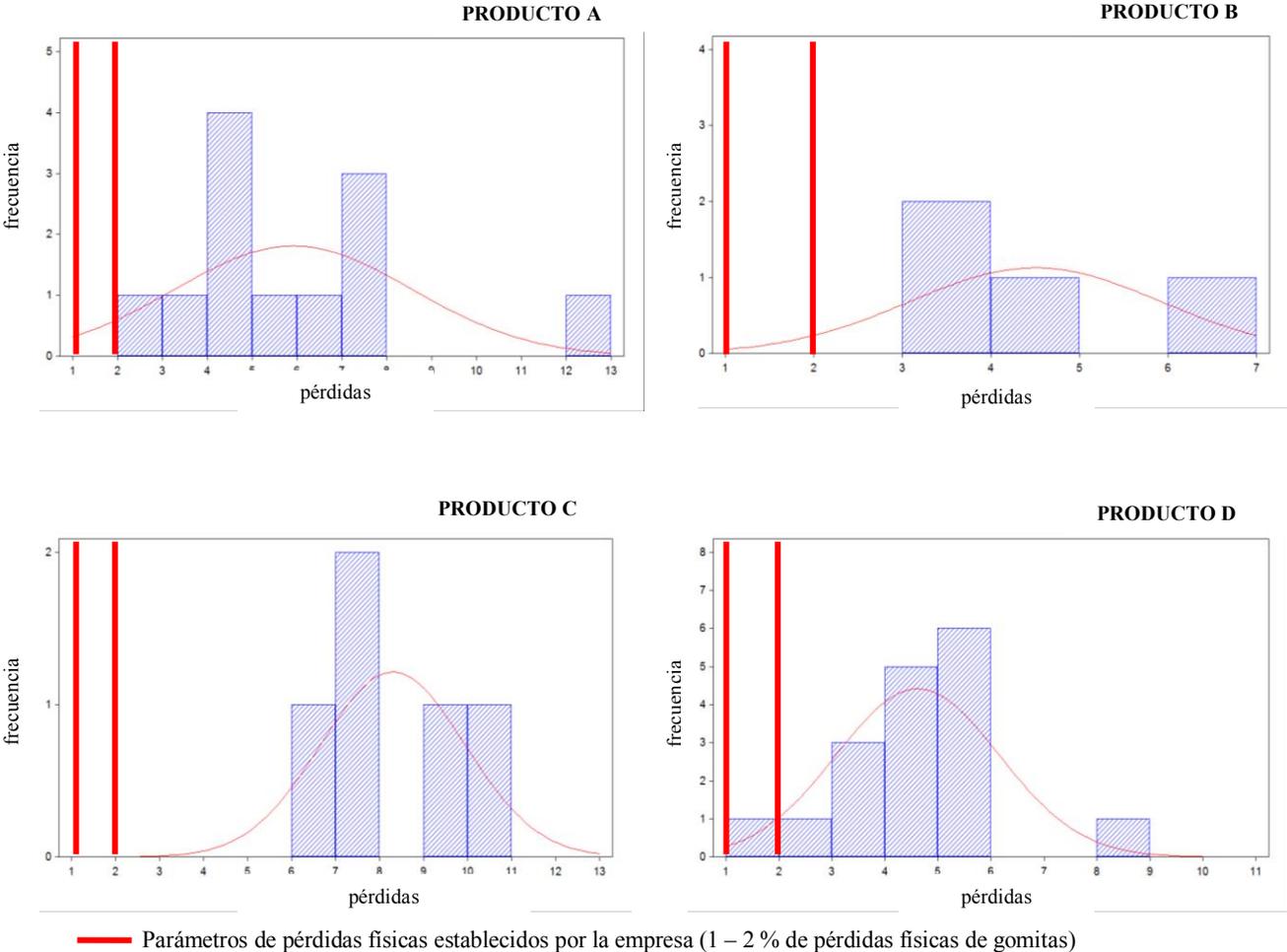


Figura 10. Resultados de la distribución de frecuencia en la variabilidad de las Pérdidas Físicas para los productos A, B, C y D (Ver cuadro 1).

Al analizar las causas de las pérdidas físicas del producto líquido durante la operación de mezclado (producto intermedio) por el método de los 5 ¿Por qué? (Cuadro 11), se encontró que la principal causa está asociada a una relación hombre-máquina-tecnología, donde al parecer aun existiendo un cronograma de mantenimiento del equipo (bomba 3 de trasiego) no se lleva a cabo por la deficiente manutención del mismo y sus fallas dan lugar a pérdidas del producto intermedio, esto conlleva a que no se logre evaluar a tiempo las variables o parámetros que se definen y por ende al establecerse las medidas correctivas, estas no se mantienen eficientemente en el tiempo, debido al recurrente incumplimiento del plan de mantenimiento por el personal encargado o responsable.

Cuadro 11. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema de pérdidas físicas de la mezcla líquida en la bomba 3

PROBLEMA: Pérdidas de producto líquido en la bomba 3				
1er ¿POR QUÉ?	2do ¿POR QUÉ?	3er ¿POR QUÉ?	4to ¿POR QUÉ?	Causa raíz del problema
Pérdidas de producto líquido por la bomba 3	→ La bomba necesita de un repuesto para que no se pierda producto líquido	→ Los técnicos mecánicos le colocan un repuesto que no es eficiente para la bomba 3	→ No se consigue el repuesto (empacadura) en el país	Falta del repuesto para la bomba 3 (empacadura)

Por otro lado, al revisar el problema de las fallas en el sistema de inyección e incumplimiento con el método de trabajo (Cuadro 12 y 13), se detectó que las mismas se pueden atribuir a un problema en la relación hombre – máquina - tecnología, debido a que aun cuando existen pasos y procedimientos para la ejecución de la elaboración del producto, los encargados de supervisar el proceso para el cumplimiento de las variables en cada operación, ejercen un deficiente ejercicio de control. Esta acción origina desviaciones en la calidad intermedia y final del producto terminado, por lo tanto, debería establecerse un proceso continuo de capacitación del personal en el cumplimiento de sus funciones para las mejoras del proceso continuo y llevar una supervisión bajo control verificado en cada operación intermedia para asegurar la consecución del producto dentro de las especificaciones de calidad.

Cuadro 12. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema del derrame de producto líquido por el sistema de inyección

PROBLEMA: Fallas en el sistema de inyección				
1er ¿POR QUÉ?	2do ¿POR QUÉ?	3er ¿POR QUÉ?	4to ¿POR QUÉ?	Causa raíz del problema
El sistema de inyección presenta fallas	→ Por el desgaste de las munisiones de los pistones	→ Los técnicos mecánicos no cumplen con el mantenimiento preventivo de las máquinas	→ Falta de un cronograma para el mantenimiento de las máquinas y equipos	Falta de un cronograma para el mantenimiento de las máquinas y equipos

Cuadro 13. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema del Incumplimiento con el método de trabajo

PROBLEMA: Incumplimiento con el método de trabajo				
1er ¿POR QUÉ?	2do ¿POR QUÉ?	3er ¿POR QUÉ?	4to ¿POR QUÉ?	Causa raíz del problema
No se cumple el método de trabajo	→ No hay una supervisión estricta en el área de proceso	→ Los supervisores se encuentran en otras áreas de la planta	→ Para resolver los problemas que se presentan en las distintas áreas	Falta de supervisores en las diferentes áreas de la línea

Asimismo, las causas de las pérdidas con respecto a la formulación de la mezcla para la gomita dulce (inicio del proceso) (Cuadro 14), se detectó que la caldera presenta fallas mecánicas por falta de un programa para el mantenimiento mecánico de la misma, por lo tanto se recomienda instalar controles automáticos para que funcione con mayor eficiencia.

Cuadro 14. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema de fallas en la caldera

PROBLEMA: Fallas en la caldera			
1er ¿POR QUÉ?	2do ¿POR QUÉ?	3er ¿POR QUÉ?	Causa raíz del problema
La caldera presenta fallas →	Los técnicos mecánicos no cumplen con el mantenimiento preventivo de la máquina →	No existe un programa de mantenimiento preventivo para máquinas y equipos	Falta de un programa para el mantenimiento mecánico de la caldera

Del mismo modo, las causas que atribuyen a las pérdidas de producto sólido (sin recubrimiento y con recubrimiento) observadas al final del túnel de enfriamiento y al final de la banda que se une al tomber (Cuadro 15), se debe al diseño incompleto de las maquinarias, el cual se deposita el producto en gran cantidad acumulándose y cayendo al suelo, por lo que se recomienda en la corrección de estas fallas colocar bandejas que sostenga el producto al final del túnel y de igual manera con respecto a la segunda banda, en este último caso es para que el producto este dentro del equipo de recubrimiento, evitando así que las gomitas se junten por la cantidad de dosificación de aceite y azúcar que se presenta al inicio del equipo.

Cuadro 15. Resultados de la aplicación de los cinco (5) ¿Por qué? para el problema de pérdida de producto de gomitas sólidas (sin recubrimiento y con recubrimiento)

PROBLEMA: Pérdida de producto de gomitas sólidas (sin recubrimiento y con recubrimiento)			
1er ¿POR QUÉ?	2do ¿POR QUÉ?	3er ¿POR QUÉ?	Causa raíz del problema
El producto se deposita en gran cantidad al final del túnel de enfriamiento	→ Diseño defectuoso en el descenso de las gomitas al la segunda banda		Diseño defectuoso al final del túnel de enfriamiento
El producto se deposita en gran cantidad al inicio del tomler generando una masa	→ Exceso de dosificación del aceite desmoldante para los moldes	→ No se cumple con el método de trabajo	Incumplimiento con el método de trabajo
	↘ Diseño defectuoso en el descenso de las gomitas al tomler		Diseño defectuoso al final de la banda del tomler

De acuerdo a lo planteado por Rincón, (2012) señala que para analizar las causas potenciales del problema, identificadas en la lluvia de ideas y representadas en el diagrama de causa-efecto, se utilizó la herramienta de los 5 Por qué, el cual, se encontró que las condiciones por las pérdida de producto determinadas mediante el área de proceso afectan en cierta forma a la producción y a la rentabilidad de la misma.

➤ **Proponer acciones orientadas a reducir o minimizar las pérdidas físicas del producto en estudio en el proceso**

- Promover un programa de formación continua del personal (inducción del personal) adscrito al proceso productivo, con la finalidad de que adquieran mayor conocimiento para el proceso de elaboración de las gomitas alimenticias ácidas-dulces para garantizar la eficiencia y eficacia del mismo con implementación de folletos y manuales de procedimientos.
- Estudios de pruebas de velocidad de las bandas de transporte, tanto para el túnel de enfriamiento como para la última cinta transportadora, tomando en cuenta la posibilidad de un rediseño en estos puntos de pérdida de producto sólido (con y sin recubrimiento) en la línea, de manera de instalar una bandeja en cada cuerpo de soporte de los equipo, lo que evitará minimizar en poco porcentaje las pérdidas físicas.
- La instalación de controles automáticos modulantes de alimentación de agua y sistemas para el control de sólidos disueltos, de manera que los efectos que se generen serán minimizados y permitirán que funcione con mayor eficiencia la caldera.

Conclusiones

Las pérdidas físicas de los productos intermedios fueron identificados y ubicados a nivel del diagrama de flujo en las operaciones tanto de recepción de materia prima por haberse detectado inadecuados pesos en las mismas, dosificación, trasvase de la mezcla por medio de la bomba 3, de igual forma en el enfriamiento y recubrimiento se observaron pérdidas físicas por adherencia entre las mismas gomitas formando una masa al final del túnel de enfriamiento y en el tomer.

Al cuantificar las pérdidas físicas de las gomitas a nivel del esquema tecnológico y por las causas antes mencionadas se encontró que estas fueron en promedio de 4,1% para el producto A; 7,9 % para el producto B; 5,4 % para el producto C y 4,0% para el producto D, el cual, éste último presenta una alta variabilidad debido a la forma del mismo ya que muestra una representación singular y se ratifica con facilidad ocasionando pérdidas en el descenso del producto.

Por medio del diagrama de Ishikawa, las causas de las pérdidas físicas detectadas fueron atribuidas a la relación hombre – máquina – proceso siendo la principal causa con mayor porcentaje la categoría de maquinaria con un 41,66 %, seguido de la mano de obra con un 33,33%, método de trabajo con un 16,16% y los materiales con un 8,33%. De esta manera, las causas que mas se detectaron por medio de la herramienta de Pareto es el escape de producto líquido en la bomba 3, las fallas en el sistema de inyección y las fallas en el diseño de ingeniería en la línea.

Como criterios principales para reducir las pérdidas físicas de los productos en estudios que se propusieron fueron relacionados con la implementación de un programa de formación continua del personal, con la finalidad de que adquieran mayor conocimiento para el correcto funcionamiento de las máquinas, realizando con regularidad jornadas de capacitación, entrenamiento y que se hagan cumplir supervisiones estrictas en todo el proceso desde la recepción de materia prima hasta producto terminado.

Recomendaciones

- Promover un programa de formación continua del personal (inducción del personal) adscrito al proceso productivo, con la finalidad de que adquieran mayor conocimiento para el proceso de elaboración de las gomitas alimenticias ácidas-dulces para garantizar la eficiencia y eficacia del mismo con implementación de folletos y manuales de procedimientos.
- En base a que la línea de producción presenta diversas fallas, expresadas en maquinarias, mano de obra y método de trabajo, se recomienda la evaluación y selección de una matriz de priorización de soluciones, en función de los criterios: costo, tiempo, impacto y factibilidad.
- En la bomba de trasiego se recomienda realizar estudios de estimación de potencia eléctricas e hidráulicas a las diferentes condiciones de las propiedades del fluido (temperatura, densidad, concentración y viscosidad), con finalidad de conocer si este instrumento mecánico cumple con la exigencias del proceso, necesario para la optimización de varias operaciones que son importantes en esta industria de alimentos.
- Estar en constante monitoreo del sistema de inyección y la bomba 3 de trasiego del producto líquido a la línea para establecer el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, evitando así la detención general en la línea de producción.

Referencias bibliograficas

- AITECO Consultores. 2013. Histograma, herramientas de calidad En línea: (Consultado el 23 de abril de 2016) <http://www.aiteco.com/histograma/>
- Acevedo, 2005. Elaboración de un Balance de Masa Para Yogur, Helado, Queso Zamorella y Queso Crema en La Planta de Lácteos de Zamorano. Tesis Lic. Ing. Agroindustrial Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Asencio, L. 2010. Desarrollo de una metodología para la cuantificación de mermas en plantas de alimentos balanceados de Zamorano. Carrera de agroindustria alimentaria. p(54)
- Alonso, J; M. García; R. Lloveras. 2007. Norma ISO 15489. Marco sistemático de buenas prácticas de gestión documental en las organizaciones.
- Alvarado, O. 2010. Proponer alternativas para la reducción de las pérdidas físicas de materiales e insumos en las líneas de envasado de jugo de frutas en lata de aluminio, botellas de vidrio y tetra pak. Trabajo de grado Ingeniería Agronómica. Universidad Central de Venezuela, Maracay-Venezuela. Pp. 34-35.
- Argueta, D; Solís, E; Nájera, G; Barrios, J; De León, M; Bravo, M; Ocaña, M; Rivas, M; Gómez, M; Méndez, N. 2008. Medición de la pérdida de producto en la fabricación industrial de tortillas. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango. Boletín Electrónico No. 10.
- Bothe, D. 2001. Metrología en la Capacidad de Procesos, Revista. USA: ISBN. 13(4): 107-112.
- Días, E; C. Gonzales; L. Flores; S. Heyser. 2009. Estudio de la variabilidad de proceso en el área de envasado de un producto en polvo. Información tecnológica. (México). 20(6): 105-113.
- Evans H; E William. 2005. Administración y control de la calidad. México. Pp 516-524.
- Código Alimentario Argentino (CCA). 2001. Departamento de Salud Pública Veterinaria (855) p. En línea: (Consultado el 03 de febrero de 2016) <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/35331/180907/>
- Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES). 2013. Desarrollo de productos de chocolatería y confitería. En línea: (Consultado el 03 de agosto de 2015) <http://fusades.org/areas-de-investigacion/innovaci%C3%B3n-tecnol%C3%B3gica-en-confiter%C3%ADa-y-chocolater%C3%ADa>

- García, S. 2007. La importancia de la Valuación de Maquinaria y Equipo en la competitividad Empresarial. 34p.
- González, I; Dzul, O; Martín, E; Campos, M; Ordoñez, Y; Ancona, D. 2015. Desarrollo de una golosina tipo “gomita” reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con *Stevia rebaudiana* B. Nutrición Hospitalaria Madrid – España 31 (1) 334:340
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. 2013. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. Tercera edición. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. Universidad de Guadalajara - Guanajuato, México
- Hernández, O. y Porras, R. 2010. Control Estadístico de La Calidad. En línea: (Consultado el 01 de octubre de 2015) <http://control-estadistico-de-la-calidad.wikispaces.com/page/pdf/CAPITULO+1>
- Herrero, P. 2011. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Buenos Aires: Ed. Alfa omega. Pp. 75-86.
- Instituto Tecnológico de Chihuahua (ITCH). 2015. Ingeniería de Calidad. México. En línea: (Consultado el 10 de octubre de 2015) <http://www.itch.edu.mx/academic/industrial/ingcalidad/index.html>
- Kilié, C. 2013. Diferentes Tipos de Procesos Industriales. Universidad americana, Ingeniería de procesos. En línea: (Consultado el 14 de febrero de 2016) <http://thelupus2012.blogspot.com/>
- Larrañaga, B; P. Inza; R. Sierra; J. Etxeberria; J. Lozano; M. Pena. 1999. Control e higiene de los alimentos. Unidad de trabajo 1. Technical Report EHU-KZAA-IK-1/99. Madrid: Prentice Hall. Pp. 73-75.
- Leiva, M; Nieto, S; Pilatti, L; Rizzardo, A; Soria, R. 2012. Guías y manuales de trabajo, manual de buenas prácticas de manufactura: sector dulces y confituras. Argentina 2da edición.
- Legislación Comercial De México (LEGISCOMEX), 2009. Confitería en México. 31p.
- Maldonado, R; L. Graziani. 2007. Herramientas estadísticas de la calidad para la diagnosis: estudio de un caso en la industria de productos cárnicos. Interciencia. (Venezuela). 32(10): 707-711
- Matera, M. 2012. Evaluación de Las Pérdidas de fibra en la producción de papel sanitario de Kimberly-Clark Venezuela. Trabajo Especial de Grado. En línea: (Consultado el 01 de agosto de 2015) <http://saber.ucv.ve/jspui/handle/123456789/2742>

- Mejorado, N. 2006. Tecnología de Confitería. En línea: (Consultado el 15 de diciembre de 2015) <http://es.slideshare.net/jugomez6/tecnologia-confiteria>
- Montgomery, D. 2008. Diseño y análisis de experimentos. 2da edición. Editorial Limusa Wiley, México. 686p.
- Moreno, P. y Rodríguez, M. 2008. Análisis de los procedimientos estadísticos aplicados al control de la calidad. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente. Núcleo de Sucre, Cumaná. 119p.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). 2001. Información y documentación - Gestión de documentos N° 15489. Norma Internacional Revista Española Documento Científico Parte I. En línea: (Consultado el 3 de febrero de 2016) <http://es.scribd.com/doc/60315431/Norma-ISO-IEC-15489-Parte1>
- Paiva, L. 2015. Práctica N° 5 Elaboracion De Gomas. En línea: (Consultado el 01 de octubre de 2015) http://www.academia.edu/7831769/PRACTICA_N_5_ELABORACION_DE_GOMAS_I._RESUMEN_Seg%C3%BA_n las_normas_ITINTEC.
- Plaza, E. 2013. Estudio de actualización de mermas de producto para mejorar la rentabilidad de alimentos LACALI S.A. Pasantía Institucional para optar al título de Ingeniero Industrial. Santiago De Cali Universidad Autonoma De Occidente.
- Pyzdek, A. 2003. Manual de Control de la Calidad en Ingeniería. México: Mc Graw Hill. Pp. 289 – 292.
- Reyes, P. 2009. Herramientas estadísticas para la solución de problemas (Colombia) 3(1):26-50.
- Rodríguez, K. 2014. Propuesta de mejora del proceso de fabricación de galletas en la línea de producción “Werner” en una empresa de alimentos ubicada en el estado Aragua.
- Santamaria, J. 2004. Balance de Masa para la cuantificación de mermas en la planta de concentrados de Zamorano. Carrera de agroindustria. Honduras. En línea: (Consultado el 03 de febrero de 2016) <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1912/1/T1846.pdf>
- Sequeira, M. 2009. Guía para la elaboración de diagramas de flujo. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.

Statistix versión 8.0 G

- Suárez, M. 2016. Análisis de tendencia para series de tiempo. En línea: (Consultado: el 23 de abril de 2016) <http://docentesinnovadores.net/Archivos/5863/SERIES%20DE%20TIEMPO%20EMPLEANDO%20EXCEL%20Y%20GRAPH.pdf>
- TÜV RHEINLAND (Organismo Internacional Líder en Servicios Técnicos para la Calidad, la Seguridad y Medio ambiente). 2015. Análisis de Causas raíz de Problemas. México. Boletín técnico (1). 3p.
- Varas, C. 2010. Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Nestlé chile S.A. Fábrica Maipú. Universidad de Chile. pp. 8-10.
- Vegas, L. 2011. La Metrología. En línea: (Consultado el 11 de febrero de 2016) <http://www.yotta.com.ve>
- Zarramera, G. 2003. Evaluación de las Pérdidas Físicas del Material de Envoltura y Empaque Originadas Durante el Proceso de Fabricación de Productos Embutidos. Trabajo de grado Ingeniería Agronómica. Universidad Central de Venezuela, Maracay-Venezuela. Pp. 38-43.

ANEXOS

Anexo 1. Fórmulas

I.) Potencia de la Bomba:

$$\bullet \quad PB = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)} * \gamma \text{ (Kg/m}^3\text{)} * HB}{\eta}$$

Donde:

PB = Potencia de la Bomba (HP)

Q = Caudal (m³/s) constante en todo el sistema del fluido confinado

γ = Viscosidad (Kg/m³)

HB = Altura de la bomba (m)

η = Rendimiento

II.) Altura de la bomba:

$$\bullet \quad HB = (h_2 - h_1) + h_f$$

Donde:

h_2 = longitud de tubería de ascenso

h_1 = longitud de tubería de descarga

h_f = Pérdidas por cargas (Primarias y Secundarias)

III.) Pérdidas por cargas

Primarias: Longitud de la tubería. Ley de Darcy

$$\bullet \quad h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2.g} \qquad \bullet \quad V = \frac{Q}{A} \qquad \bullet \quad A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Donde:

f = Factor de fricción asociado al material de tubería (acero comercial) (Diagrama de Moody)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro de la tubería (m) (1 pulg = 2,54 cm; 1 m = 100 cm)

V = Estimación de la velocidad del fluido (m/seg)

g = Gravedad (9,8 m / seg²)

A = Área de la tubería (m²)

Secundarias: Accesorios de las tuberías

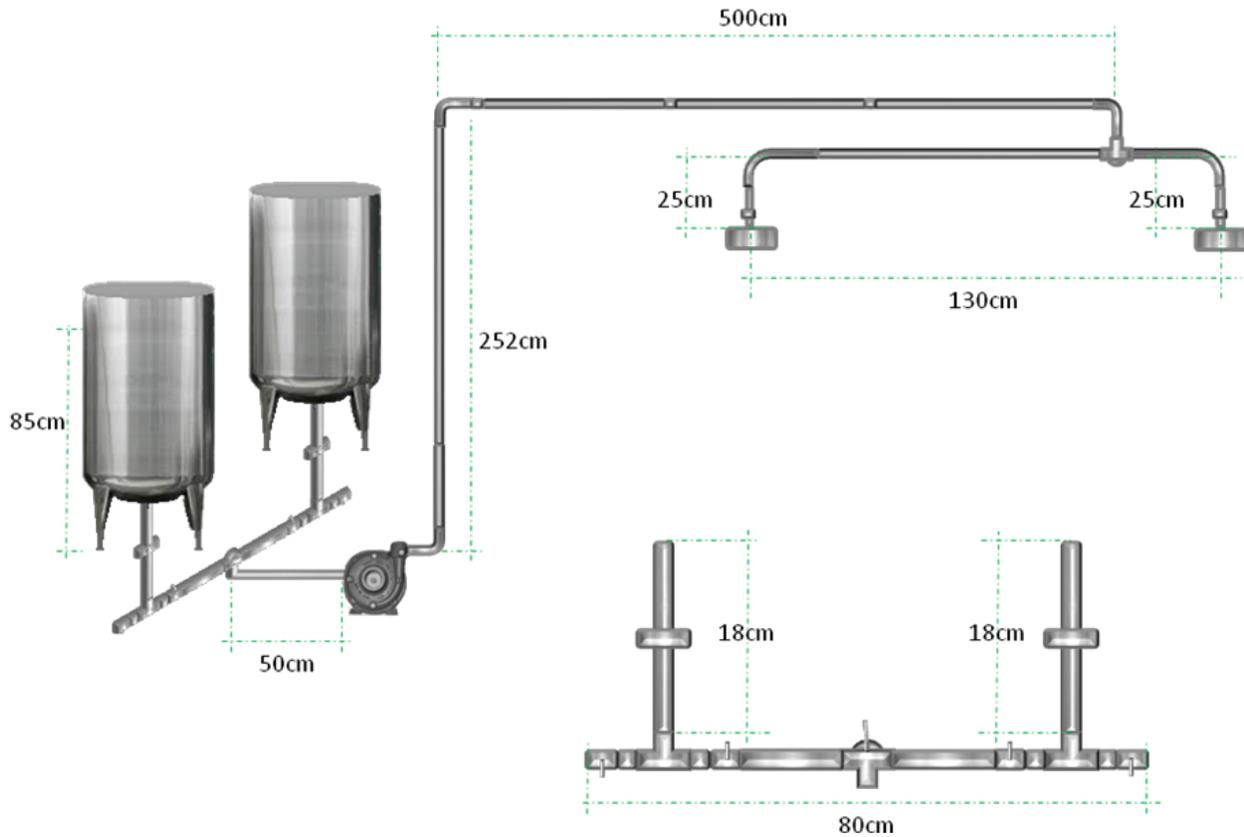
• $h_f = K * \frac{V^2}{2.g}$ \Rightarrow

Cantidad	Concepto	K_L
5	Codos	0,11
2	Salida del tanque	1
3	Tee	1
2	Compuerta (100%)	0,20

Donde:

K_L = Coeficientes de resistencia para válvulas y accesorios

Anexo 2. Sistema de tuberías desde contenedores hasta la línea de proceso



Anexo 3. Encuesta para el personal de proceso de la línea de gomitas alimenticias.

A continuación, se tiene un problema de pérdidas físicas en la línea de gomitas, para identificar cual es la principal causa, se elaboró este instrumento al cual se le asignaron los siguientes valores del 1 al 6, indicando con 6 puntos a la que considere más importante y 1 punto a la que considere menos importante sin repetir el puntaje

N° CAUSAS	Causas probables	PUNTAJE ASIGNADO
1	Fallas en la caldera	
2	Escape de producto líquido en la bomba 3	
3	Fallas en el sistema de inyección	
4	Falta de capacitación del personal operador y ayudantes	
5	Problemas con la poca supervision del personal	
6	Fallas en el diseño de ingeniería en la línea	