



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPIRITUS
“José Martí Pérez”
(UNISS)
Facultad de Ingeniería

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MÁSTER EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL
MENCIÓN CALIDAD

Título: Procedimiento para la mejora del control de proceso en la Empresa Mixta
Alimentos Río Zaza, Planta Sancti Spiritus.

AUTOR: Ing. Addys Ileana Castellanos Gómez

TUTORES: Dr. C. Bismayda Gómez Avilés
Dr. C. Osvaldo Romero Romero

Diciembre, 2012

RESUMEN

La planta Sancti Spíritus de la empresa Alimentos Río Zaza, requiere de un procedimiento que contribuya a la estabilidad en las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso. La investigación se propone el diseño de un procedimiento general para la mejora y uno específico para la identificación de brechas y potenciales de mejora. La problemática, en un escenario seleccionado, se analiza a través del comportamiento estadístico del proceso, se identificó la causa fundamental de inestabilidad del producto: la variabilidad de las características de calidad de las pulpas de vegetales; y las causas fundamentales de ineficiencia del proceso: falta de capacitación del personal e inadecuados métodos de elaboración; con el Análisis Modal de Variaciones y Efectos. La solución parte de los principios de la ingeniería de la calidad, que plantean los «Métodos de Taguchi» para el control on- line, se optimizó el diseño del producto, consistente en la reformulación con mezclas de pulpas, para garantizar la insensibilidad a la variabilidad inicial que provoca la materia prima, de esta forma se logró la robustez del proceso, con incidencia favorable en los resultados productivos, económicos y por tanto de imagen de la empresa ante los clientes. Se tomaron acciones en el control del proceso encaminadas a aumentar la eficiencia, con la disminución del porcentaje de pérdidas de producto. En el plan de acción se mantienen las mejoras, según comportamiento de indicadores y causas identificadas, con proyecciones favorables respecto a la calidad del producto terminado y la eficiencia del proceso.

ASBTRACT

The plant Sancti Spíritus of the company Foods Laughs Zaza, it requires of a procedure that contributes to the stability in the characteristics of quality of the finished products and the efficiency of the process. The investigation intends the design of a general procedure for the improvement and one specific for the identification of breaches and potentials of improvement. The problem, in a selected scenario, is analyzed through the statistical behavior of the process, the fundamental cause of uncertainty of the product was identified: the variability of the characteristics of quality of the pulps of vegetables; and the fundamental causes of ineficiencia of the process: lack of the personnel's qualification and inadequate elaboration methods; with the Modal Analysis of Variations and Effects. The solution leaves of the principles of the engineering of the quality that outline the "Methods of Taguchi" for the control on - line, the design of the product was optimized, consistent in the reformulación with

mixtures of pulps, to guarantee the insensibility to the initial variability that provokes the matter it prevails, this way the robustness of the process was achieved, with favorable incidence in the productive, economic results and therefore of image of the company before the clients. They took actions in the control of the process guided to increase the efficiency, with the decrease of the percent of product losses. In the action plan they stay the improvements, according to behavior of indicators and identified causes, with favorable projections regarding the quality of the finished product and the efficiency of the process.

INDICE

Introducción -----	1
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL-----	5
1.1. Introducción -----	5
1.2. Mejora de la calidad en procesos industriales -----	6
1.2.1 Enfoques para la mejora de los procesos industriales -----	7
1.2.2 Ejecución de los procesos de mejora -----	13
1.3 Control de la calidad en la industria de alimentos-----	14
1.3.1 Caracterización del control de la calidad en la industria de alimentos-----	15
1.3.2 Valoraciones sobre el control de proceso -----	19
1.4 Los procesos característicos en las industrias de alimentos -----	20
1.4.1 Producción industrial de alimentos en la empresa Alimentos Río Zaza -----	21
1.4.2 Oportunidades de mejora en la empresa mixta Alimentos Río Zaza, planta Sancti Spíritus -----	24
1.4.3 Necesidad de mejorar el control de proceso en la empresa mixta Alimentos Río Zaza, planta Sancti Spíritus-----	25
1.5 Conclusiones parciales -----	26
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MIXTA «ALIMENTOS RÍO ZAZA», PLANTA SANCTI SPÍRITUS -----	32
2.1. Introducción -----	28
2.2. Bases del procedimiento para la mejora en el control del proceso -----	29
2.3. Desarrollo del procedimiento para la mejora en el control del proceso -----	30
2.3.1 Caracterizar y definir el escenario -----	30
2.3.2 Identificación de brechas y potenciales de mejora -----	31
2.3.3 Ejecución de la mejora con reducción de variabilidad e incremento en la eficiencia del proceso -----	40
2.3.4 Evaluación de indicadores de mejora-----	41
2.3.5 Significación de la mejora-----	42
2.3.6 Mantenimiento-----	43

2.4	Conclusiones parciales-----	43
CAPÍTULO 3 MEJORAS EN EL CONTROL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MIXTA «ALIMENTOS RÍO ZAZA», PLANTA SANCTI SPÍRITUS -----		45
3.1	Introducción -----	45
3.2	Mejoras en el control del proceso en un escenario seleccionado -----	45
3.2.1	Caracterización y definición del escenario -----	45
3.2.2	Identificación de brechas y potenciales de mejora -----	48
3.2.3	Ejecución de la mejora -----	62
3.2.4	Evaluación de indicadores de mejora -----	67
3.2.5	Significación de la mejora -----	68
3.2.6	Mantenimiento-----	74
3.3	Conclusiones parciales-----	75
CONCLUSIONES GENERALES-----		77
RECOMENDACIONES-----		78
BIBLIOGRAFÍA-----		79
ANEXOS		

INTRODUCCIÓN

Los constantes avances científicos y tecnológicos imponen cada día mayores exigencias a las industrias productoras de alimentos, lo cual se traduce en un elevado rigor en términos de calidad y productividad. Ello implica en muchos casos la necesidad de reducir los costos sin afectar la calidad, además de satisfacer los requerimientos y plazos de entrega exigidos por los clientes. Por estos motivos la gestión de la calidad cobra gran importancia para cualquier organización que pretenda insertarse en un mercado cada vez más competitivo.

Actualmente, se observa una tendencia en el sector de la Industria alimentaria de búsqueda de mejora continua de la calidad para sus productos, hecho que responde directamente al creciente desarrollo del mundo moderno, que exige de los alimentos no solo su seguridad desde el punto de vista de la inocuidad, sino que se tiene un alcance mucho mayor pues el término calidad es más abarcador, incluyendo no solo el aspecto de la seguridad del alimento, sino también otros detalles importantes como su apariencia, presentación, diseño, atractivo visual, competitividad, que garantizan conjuntamente con la inocuidad, lo que se reconoce como Calidad Total y que hace posible una amplia comercialización de los alimentos. (García, 2004)

Al respecto (Gómez, 2007), refiere el planteamiento de (Arcelus & Rahim, 1996), sobre las prácticas modernas de calidad, donde recomiendan la eliminación de metas numéricas fijas, y la proyección a favor de programas que reduzcan constantemente la variabilidad en los procesos, con el propósito de que puedan ser conformadas nuevas especificaciones, basadas en la uniformidad de la producción como la principal meta. En este sentido, (Woodall, 2000) refiere que son muchos los casos industriales que todavía en el presente tienen serios desafíos, ante lo cual, la actitud de asumir riesgos y plantear estrategias de calidad flexibles y adaptables, requiere de un conocimiento profundo de los productos que ofrecen y los procesos empleados para elaborarlos; soporte que no permite la introducción de innovaciones aisladas, sino el desarrollo de políticas empresariales a través de mejoras continuas y sistemáticas.

Ante la situación del cambiante mercado internacional, el país necesita abrirse al mundo y modificar sus empresas, para obtener un producto capaz de satisfacer las necesidades de los clientes. Este proceso de transformación se aborda explícitamente en los lineamientos aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (2011), al expresar: «Cuba, con una economía dependiente de sus relaciones económicas externas, no ha estado

exenta de los impactos de la crisis, que se han manifestado en la inestabilidad de los precios de los productos que intercambia, en las demandas para sus mercancías y servicios de exportación, así como en mayores restricciones en las posibilidades de obtención de financiamiento externo».

La Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza», del estado cubano, experimenta los efectos de la crisis económica internacional, y las propias debilidades de la estructura económica cubana que dicha crisis provoca; todo lo anterior le impone retos en las estrategias de gerencia y gestión de los procesos para poder acceder a un mercado cada vez más exigente y cambiante con productos de mayor competitividad. En ese contexto la empresa desarrolla sus propias estrategias de gestión y organización de la calidad, con la definición de objetivos y normas, para implementar en el aseguramiento de la calidad de las producciones; pero en la actualidad la empresa no logra insertarse de forma efectiva en el mercado. En los últimos años esto se ha visto reflejado en **situación problemática** siguiente:

- devoluciones de producto;
- reclamaciones de los clientes;
- mermas por deterioro de la calidad y
- elevados costos de producción.

De todo lo anterior expuesto se deriva el **problema científico** siguiente:

Las limitaciones en el enfoque para el control de proceso, en la Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza» Planta Sancti Spíritus, no garantizan la estabilidad en las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso.

Para abordar este problema se planteó como **objetivo general** implementar un procedimiento para la mejora del control de proceso, en la Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza» Planta Sancti Spíritus, que contribuya a la estabilidad en las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso. Los **objetivos específicos a alcanzar son:**

1. Construir el marco teórico y referencial de la investigación, como fundamento para abordar la mejora de la calidad en procesos industriales; teniendo en cuenta las características del control de la calidad en los procesos industriales, en particular para la industria de alimentos; así como la tecnología de la producción de alimentos, que permitan detectar oportunidades de mejora, que se orienten a lograr estabilidad en las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso.

2. Diseñar un procedimiento general para la mejora del control de proceso en la Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza» Planta Sancti Spíritus, que contribuya a la estabilidad en las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso.
3. Diseñar un procedimiento específico para identificar las brechas en el control de proceso y los potenciales de mejora.
4. Evaluar, a través indicadores, la estabilidad de las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso, la contribución del procedimiento general implementado en un escenario seleccionado, con el propósito de validarlo, como base para trabajos posteriores sobre la temática, de esta industria u otras, bajo los principios de adaptabilidad y generalidad.

Se establece como **hipótesis de la investigación** que: la implementación del procedimiento para la mejora del control de proceso, en la Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza», Planta Sancti Spíritus, contribuirá a la estabilidad en las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso.

Para comprobar la hipótesis se definen las variables.

Variable independiente: el procedimiento para la mejora del control de proceso en la Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza», Planta Sancti Spíritus. Se puede evaluar por:

- conjunto de pasos lógicamente estructurados para realizar el mejoramiento del control del proceso industrial.
- incorporar a las prácticas actuales de control del proceso, aspectos esenciales del control estadístico de procesos y de ingeniería de la calidad, a través de la propuesta de procedimientos.

Variable dependiente: estabilidad en las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso. Se puede evaluar en:

- posibilidad de mantener en estado de control, variables con un significativo impacto en la variabilidad de los procesos y la eficiencia del proceso.
- Capacidad de reducir la variabilidad del proceso y las pérdidas asociadas, al investigar las fuentes de variación y el incremento de la insensibilidad de los productos que hacen robusto el proceso.

Objeto de estudio: mejora de la calidad en procesos industriales.

Campo de acción: control de la calidad en el proceso industrial de producción de alimentos.

Significación teórica, metodológica, práctica, social y económica de la investigación

Es importante reflejar **el valor teórico de la investigación**, que está dado por la integración de enfoques para la mejora del control de proceso industrial de producción de alimentos, con el desarrollo e implementación de herramientas que identifiquen cómo las fuentes de variación hacen impacto en la robustez de productos y procesos, la identificación de indicadores que caractericen la estabilidad de las características de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso; como base para trabajos posteriores sobre la temática, de esta industria u otras, bajo los principios de adaptabilidad y generalidad.

El **valor metodológico** Se manifiesta en la posibilidad de sistematizar de forma lógica herramientas ingenieriles para la mejora de la calidad de los procesos. Estas herramientas pueden ser incorporadas a las prácticas de calidad que se utilizan en otras industrias alimenticias del país.

El **valor práctico** radica en la factibilidad y pertinencia demostrada de poder mejorar el control del proceso y el Sistema de Gestión de la Calidad en la empresa. El **valor social** se establece al agregar valor en el proceso, con la actuación sobre la variabilidad que en éste se provoca; práctica que reduce desechos y reproceso, y que tiene implicación directa en la satisfacción del cliente, al reducir pérdidas que tienen implicación social, porque en última instancia la población las paga. Y el **valor económico** está en la capacidad de reducir pérdidas asociadas al proceso, con el control de las fuentes de variación que hacen impacto en la robustez de productos y procesos, y el logro de estabilidad de las variables significativas, lo cual se expresa en el incremento de los indicadores de eficiencia industrial.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

1.1. Introducción

En el marco teórico y referencial se abordan tres aspectos fundamentales:

- mejora de la calidad en procesos industriales;
- control de la calidad en los procesos industriales, particularidad para la industria de alimentos; y
- los procesos de producción de alimentos, se destacan las oportunidades de mejora que en específico pueden resultar en la Empresa Mixta de alimentos de Sancti Spíritus.

Con este análisis la autora establece las bases teóricas para el desarrollo de la investigación, y define la necesidad de mejorar el control del proceso en la Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza», Planta Sancti Spíritus.

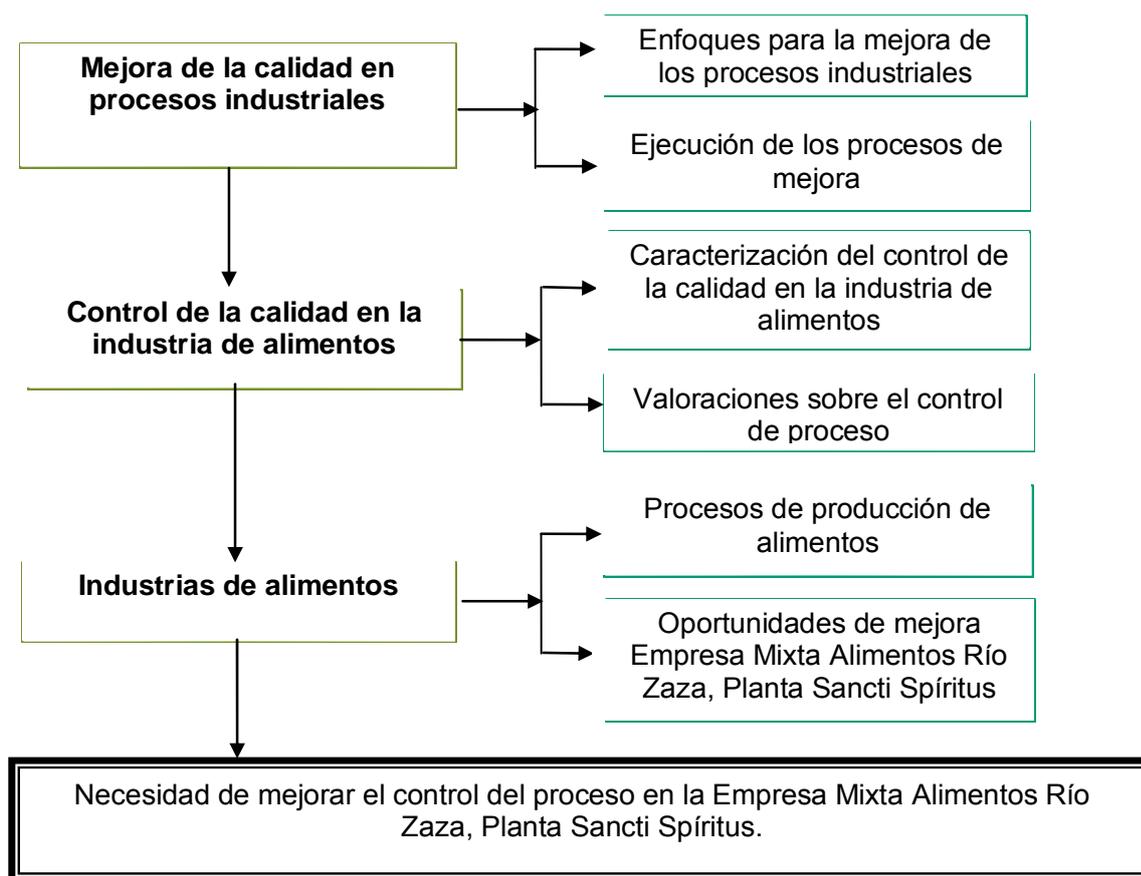


Figura 1.1. Hilo conductor del marco teórico y referencial

1.2. Mejora de la calidad en procesos industriales

Las presiones competitivas globales provocan que las organizaciones busquen formas de satisfacer mejor las necesidades de sus clientes, reducir costos, e incrementar productividad. El mejoramiento de la calidad se desarrolla como un pivote para satisfacer estos objetivos, como parte necesaria e integral de la estrategia de negocios de las organizaciones; se considera un proceso que describe la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser competitivas en el tiempo. Según (Harrington ,1988), los clientes son lo más importantes en el negocio y por lo tanto los empleados deben trabajar en función de satisfacer sus necesidades; este proceso debe ser progresivo y continuo, con la incorporación de todas las actividades que se realicen en la empresa a todos los niveles. El proceso de mejoramiento es un medio eficaz para implementar cambios positivos que permiten ahorrar dinero tanto para la empresa como para el cliente.

Al abordar el mejoramiento continuo, (Ivancevich et al., 1996), lo presentan como un proceso constante y progresivo de mejoras en los sistemas y métodos de una organización, por lo que constituye un principio fundamental de una organización basada en una gestión total de la calidad; mientras que para (Jablonsky, 1997), significa aceptar pequeños incrementos, como pasos en la dirección correcta hacia la calidad total. En este sentido la ISO 9000:2000 plantea que mejoramiento de la calidad, es la parte de la gestión de la calidad que se orienta al aumento de la capacidad, para cumplir los requisitos de la calidad, que se relacionan con aspectos, como la eficacia, la eficiencia o la trazabilidad. Por su parte (Evans & Lindsay ,2000), refieren que al mejorar continuamente también hay un aprendizaje continuo: adaptación a los cambios lo que conduce a metas y procedimientos nuevos, que debe ser parte integral de la administración en todos los sistemas y procesos. En este sentido (Crisóstomo, 2002), plantea que la verdadera mejora es un ciclo: Deming o Shewhart, que no tiene fin, comienza con la planificación, para satisfacer al cliente (externo o interno, pues como precisa (Ishikawa, 1989): la próxima etapa de un proceso es un cliente), prosigue con la ejecución de lo que se planificó, continua con la verificación de lo que se realiza, y por último, se actúa sobre la brecha, según el aprendizaje, que significa mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización.

(Moen et al. , 2000), establecen el mejoramiento como la realización de la orientación continua de los esfuerzos, para saber acerca del sistema de causas en un proceso, y usar

este conocimiento en cambiar el proceso, reducir la variación y complejidad, así como mejorar la satisfacción del cliente (incluyen los cliente internos), según refiere (Gómez, 2007). Al respecto, esta autora plantea que los propósitos del mejoramiento de la calidad resultan de interés para las industrias de proceso, pues según (Arcelus & Rahim, 1996) y (Woodall, 2000), son muchos todavía los desafíos en las industrias de proceso, con experiencias de derroches inaceptables y arbitrariedades en la definición de los requisitos para el desempeño de los procesos, por lo que presentan grandes proporciones de su producción fuera de los límites establecidos y se alega que son demasiado estrechos, aunque están basados en diseños técnicamente argumentados.

Esta situación no es ajena para la industria cubana, y está presente en el pensamiento del Che, cuando planteaba que el derroche no puede ser característico de un país socialista. Sin embargo, como refiere (Gómez, 2007), para (Juran & Gryna, 2001) los problemas de calidad se subestiman y lo que estos representan en la rentabilidad financiera a largo plazo; en este sentido, el propósito debe estar orientado a refinar las herramientas para lograr la detección oportuna de las causas que provocan tales alteraciones y poder obtener los beneficios esperados. Al respecto (Mahto & Kumar, 2008), refieren que la identificación de las causas raíces relativas a los problemas de calidad y productividad, son claves en la ejecución de los procesos de manufactura: aún cuando existen organizaciones con acceso a altas tecnologías, como es el caso de la Empresa Mixta Alimentos Río Zaza, en Cuba. Son diversos los problemas con la obtención de materiales y materias primas, que provocan amplia variabilidad en el proceso, con su consecuente afectación en la obtención de productos alimenticios con exigentes requerimientos de inocuidad.

1.2.1. Enfoques para la mejora de los procesos industriales

La nueva piedra filosofal de la calidad total permite a la empresa satisfacer mejor al cliente y más barato. Se demuestra que la calidad no cuesta más caro; al contrario, rinde porque permite vender. Lo que cuesta caro es la no-calidad, es decir, el fracaso, los costos inútiles, los retrasos; todo esto es producto de una mala organización que se le factura como multa al cliente y que le sorprende, le disgusta y finalmente le desvía hacia otros proveedores, porque tienen de ahora en adelante el dilema de elegir. (Ramiro & González, 2005). Cuando la literatura especializada refiere el enfoque *Seis Ceros*, plantea el objetivo de obtener: cero defectos, cero stocks, cero averías, cero plazos, cero papeles y cero accidentes; y se centran en:

1. Mejora de procesos: medir es necesario pero no suficiente con en el tiempo, para estimular a las personas a que realicen cambios. El análisis de los defectos por millón y de sus correspondientes valores sigma, brinda una orientación sobre cuáles son los procesos con mayores potenciales de mejora; una vez que se detectan los potenciales de mejora, se ponen en práctica los instrumentos y capacidades para mejorar estos procesos.
2. Mejora de productos: «Seis Sigma» permite establecer un sistema de mejora continua de productos; y se puede ir mucho más allá, por ser un apoyo excelente para el Diseño Robusto de Productos y para una dinámica de simplificación de éstos. Los ingenieros de diseño para desarrollar sus productos robustos y simplificados necesitan conocer la capacidad de los procesos, como se reducen los costos de fabricación, al tiempo que diseñan productos con menor variabilidad en su proceso de fabricación.
3. Sistemática para la resolución de problemas: cuando se presenta un problema en un proceso, lo normal es acudir a experiencias pasadas para encontrar soluciones o buscar causas, luego acudir a procedimientos de análisis tipo Ishikawa, Pareto. Estos métodos no siempre llevan a soluciones óptimas. «Seis Sigma» aporta una sistemática más precisa y concluyente con la aplicación del diseño de experimentos, la utilización adecuada del análisis de regresión, el Control Estadístico de Proceso (siglas en inglés: SPC) y entre otros métodos estadísticos. La sistemática medición y resolución de problemas utilizando probadas técnicas estadísticas junto con una adecuada organización y entrenamiento de las personas es lo que en conjunto garantizan los éxitos de «Seis Sigma»

Los esfuerzos de «Seis Sigma» se dirigen a tres áreas principales: mejorar la satisfacción del cliente; reducir el tiempo del ciclo y reducir los defectos. Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costos, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Técnicamente, calidad «Seis Sigma» equivale a un nivel de calidad con menos de 0,000003 defectos por oportunidad (3 defectos por millón de oportunidades). Desafortunadamente, no existe una regla, inmediata, sencilla y fácil para alcanzar tal nivel de calidad. «Seis Sigma» aporta las metodologías que ayudan a alcanzar tal objetivo. En la terminología de «Seis Sigma», los requerimientos y expectativas de los clientes se llaman CTQs (Críticos para la Calidad).

- A corto plazo aporta soluciones rápidas a problemas sencillos o repetitivos.
- A largo plazo aporta una metodología de diagnóstico, Diseño Robusto, establecimiento de tolerancias, y un medio sencillo de comunicación y definición de metas.
- Aporta herramientas de mejora: diseño de experimentos, análisis de regresión, tolerancias, Diseño Robusto y otros métodos sistemáticos para reducir la varianza.

El sistema integrado de Ingeniería de Calidad del Dr. Genichi Taguchi, es uno de los grandes logros en ingeniería del siglo XX; ampliamente reconocido como líder del movimiento de la calidad industrial en los Estados Unidos, e iniciador del movimiento de Diseño Robusto en Japón hace 30 años. Su contribución más importante es la combinación de métodos estadísticos y de ingeniería para conseguir rápidas mejoras en costos y calidad mediante la optimización del diseño de los productos y sus procesos de fabricación; proporcionó la Función de Pérdida y la relación Señal/Ruido, para evaluar la funcionalidad del producto durante las etapas tempranas de su desarrollo, cuando se tiene tiempo de realizar mejoras al mínimo costo. La Función de Pérdida de calidad, identifica todos los costos asociados con la baja calidad, y muestra la manera en que estos costos se incrementan cuando el producto se separa de lo que exactamente pidió el cliente (valor objetivo). Mientras menor sea la pérdida, más deseable es el producto, alejarse del valor objetivo hace más severa la pérdida; no es suficiente que los valores de un determinado requisito del producto, estén dentro de los límites de especificación; se requiere uniformidad, la razón está en que para: el cliente, cuanto más se aleja la característica del producto de las especificaciones, mayor es la insatisfacción: pérdidas. (Ramiro & González, 2005)

Taguchi llama *ruido* a cualquier cosa que provoque en una característica de la calidad el desvío de su objetivo, que a su vez causa una pérdida de la calidad, es variabilidad. *Factores de ruido* (NFs, Noise Factors) son los que causan variaciones, generalmente incontrolables, como la temperatura, altura, nivel de combustible, factores externos de ruido, porque ocurren fuera del producto; también se consideran como factores de ruido interno, las partes críticas de la maquinaria que se deterioran, y la variabilidad pieza a pieza en los componentes fabricados de un coche, ruido entre productos. (Ramiro & González, 2005). Constituyen desafíos que requieren iniciativas tecnológicas, sociales y de gestión para dirigirlos; por lo que se considera un buen diseño aquel que traslada completamente y con éxito las especificaciones y necesidades del cliente a las características de funcionamiento del producto o proceso. En este sentido, un buen ingeniero de diseño debe ser capaz de

lograr el traslado de características y de hacer cumplir con su función al producto/ proceso según las necesidades del cliente, a pesar del ruido esperado.

El modo más efectivo de evitar los efectos perjudiciales de la variación y su habilidad para afectar a las expectativas de los clientes, es diseñar productos y procesos de forma que disminuya la sensibilidad de éstos productos a la variación y sin incurrir en gastos extra. La Metodología del Diseño Robusto (RDM: Robust Design Methodology) es una forma de hacerlo; es la sostenibilidad de las salidas (Ys), a través del control basado en las variaciones (Xs). Para utilizar el RDM de una manera más efectiva y lograr esta meta, es importante conocer las fuentes de variación de importancia para la satisfacción y la insatisfacción del cliente. Taguchi sugiere que el remover los efectos es muchas veces más barato, que eliminar las causas, y resulta más efectivo para producir un producto consistente; de esta forma se garantiza que las pequeñas variaciones en materiales y procesos no destruyen la calidad del producto. El Diseño Robusto tiene dos dimensiones:

1. comprender las necesidades del cliente y lo que espera;
2. conocimiento del riesgo que se corre cuando se toman ciertas decisiones (elemento de compensación entre la calidad y los costos); consiste en lograr los objetivos de calidad fijados, teniendo en cuenta los costos admisibles.

En los últimos años la reducción de la variabilidad de cualquier característica de calidad (longitud, peso, temperatura, concentración), es una preocupación de los ingenieros de diseño, fabricación y cualquier profesional de la calidad. La indiferencia ante la variabilidad por parte de la empresa origina desechos y reproceso, que son necesarios para mantener el producto dentro de especificaciones. Ambos factores: insatisfacción del cliente y los costos derivados de esos desechos y reprocesados, determinan un bajo valor de los productos que es imprescindible mejorar. Como refieren (Ramiro & González, 2005), los desafíos que deben afrontar las industrias en un ambiente competitivo son muchos:

- El impulso para minimizar el tiempo de preparación del producto hasta que sale al mercado (TTM: Time To Market). Los ciclos de vida del producto se acortan, por lo que es necesario una rápida salida al mercado. Esto es una verdad particular de los productos tecnológicos.
- La necesidad de robustez en los productos y los procesos, la habilidad de ser capaz de hacer entrega de productos y procesos con un nivel de calidad «Seis Sigma» consistente.

- El cliente no quiere ninguna variación entre diferentes unidades del mismo producto. Así que es importante producir productos que siempre cumplan con las características especificadas.

Estos autores refieren que por el momento se dispone de las metodologías de «Seis Sigma», y de la RDM, la diferencia está en que la primera hasta ahora se centra principalmente en minimizar la variación en la producción, y la segunda se enfoca a minimizar la variación durante el diseño de los productos y los procesos, aunque el concepto de «Seis Sigma» (DFSS), tiene gran semejanza con la RDM. Las metodologías: DIMAIC y DMADV, de «Seis Sigma», reaccionan ante eventos no deseados y lo solucionan, mientras que el DFSS, previene eventos no deseados; pero todavía es un concepto nuevo y falta desarrollarlo, sobre todo es conceptual. (Ramiro & González, 2005), refieren las dos estrategias básicas, que en este contexto se desarrollan para controlar el efecto de los *factores de ruido*:

- controlar los factores de ruido, y
- crear un diseño robusto en el que los factores de ruido no tengan efecto sobre el funcionamiento.

El uso de la segunda estrategia, se fundamenta en que los factores de ruido algunas veces son imposibles de controlar o resulta demasiado caro. Lograr la insensibilidad ante las variaciones, requiere de la utilización de herramientas orientadas a este fin, al respecto el Diseño Robusto toma la filosofía básica del Análisis Modal de Fallos y sus Efectos: AMFE (siglas en inglés: FMEA), y la transforma a través del Análisis Modal de Variaciones y Efectos (VMEA, Variation Mode and Effects Analysis); de esta forma se investigan cómo las fuentes de variación hacen impacto sobre la robustez de productos y procesos; análisis que resulta consistente con las necesidades de mejorar la productividad y eficacia en las industrias de proceso, particularmente en Cuba, que generalmente operan con la presencia de una alta variabilidad de las materias primas y materiales, sin embargo los análisis en pocas ocasiones los orienta en este sentido.

El Análisis Modal de Variaciones y Efectos o VMEA, encaminado a abordar la variación en todo el desarrollo del producto, es un método de ingeniería basado en la estadística y cuyo propósito es hacer una valoración sistemática de los factores que afectan a las características clave del producto (KPCs), a través de un estudio de las fuentes de variación y una valoración de sus efectos en las KPCs. El procedimiento del VMEA fue

inicialmente inspirado por el Análisis Modal de Efectos y Fallos (FMEA) y el Análisis del Árbol de Fallos (FTA), métodos que están bien expandidos actualmente en la industria gracias a su simplicidad y su utilidad. El VMEA es particularmente útil para apoderarse de información de la función de transferencia normalmente dominada por los expertos en el producto bajo estudio. Los resultados del VMEA entonces sirven como base para lograr un diseño robusto usando el DOE tradicional en las fases de 'diseño de los parámetros y la tolerancia'.

En el caso donde el proceso implica un producto, el diseño experimental se puede utilizar para proporcionar el mejoramiento del producto o de la calidad. Un aspecto importante de este esfuerzo de mejora de la calidad en los 80 y los 90, fue el diseño de la calidad en procesos y productos en la etapa de investigación o en la etapa de diseño del proceso. Gran parte de este fuerte impulso que tuvieron los métodos de mejora de la calidad lo motivó el éxito que ingenieros y científicos japoneses tuvieron con el uso del diseño experimental. (Ramiro & González, 2005) Hay varios tipos de diseño de experimentos, que se apoyan a su vez en otros tantos métodos estadísticos: El clásico, el de Taguchi y el de Shainin. El modo clásico está basado en los trabajos de sir Ronald Fisher que aplicó las técnicas del DOE en el campo de la agricultura hacia 1930. El Dr. Taguchi de Japón adaptó el modo clásico para desarrollar la técnica de las tablas ortogonales. El tercer tipo es una colección de técnicas concebidas por Dorian Shainin consultor de muchas empresas líderes en EEUU. Cualquiera de estos enfoques es mejor que los experimentos tradicionales en los cuales se hace variar un factor en el tiempo, mientras todos los demás se mantienen constantes, lo que imposibilita separar los efectos principales de los efectos de interacción.

Los métodos estadísticos son:

1. Diseños Factoriales Clásicos;
2. Arreglos Ortogonales o Fracciones Factoriales;
3. Superficies de Respuesta;
4. Diseños Mixtos; y
5. Diseño Robusto de Taguchi.

El objetivo del Diseño de Experimentos en su primera fase, es dotar de los conocimientos suficientes a los ingenieros y otras personas involucradas en el desarrollo del producto y del proceso para que puedan mejorar la calidad de los mismos, reduciendo su variabilidad desde el punto de vista del diseño robusto. El método del Dr.

Taguchi para el diseño de experimentos utiliza técnicas que implican bajos costos y que son aplicables a los problemas y requerimientos de la industria moderna. El propósito que se tiene en el diseño del producto es encontrar aquella combinación de factores que proporcione el desempeño más estable y confiable al precio de manufactura más bajo.

1.2.2. Ejecución de los procesos de mejora

Para la ejecución de los procesos de mejora de la calidad y para la solución de problemas, (Gómez , 2007), aborda el reconocimiento que hace (Imai, 2000); (Juran & Gryna, 2001) y (ASQ, 2004) a través de dos formas: una «incremental» con carácter específico, asociada estrechamente a técnicas de Control Estadístico de Proceso (siglas en inglés: SPC) (al respecto se desarrollan metodologías como el Benchmarking y el Mejoramiento continuo o Kaizen); y *a saltos* «breakthrough» o Reingeniería, que es más general e implica cambios importantes o radicales, como resultado de adelantos tecnológicos y de los últimos conceptos gerenciales o técnicas de producción. La determinación de enfrentar el proceso de mejoramiento, requiere de un análisis de las circunstancias en las que se desarrollará, y es determinante la tipología del proceso u organización de aplicación y el objetivo que se persiga. Al respecto, se analizan diferentes estructuras de mejoramiento (tabla 1.1), propuestas por autores clásicos, de la ISO 9000:2000, así como las metodologías que se desarrollan en la filosofía «Seis Sigma» y en particular DMAIC (siglas en inglés de: Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Para emprender los procesos de cambio, «Seis Sigma» utiliza tres metodologías: (I) DMAIC; para problemas en procesos existentes complejos o ineficientes; (II) DMADV (siglas en inglés de: Define, Measure, Analyze, Design, Validate), diseño o reajuste de un nuevo servicio o proceso; y (III) DFSS (siglas en inglés de: Design For Six Sigma), metodología orientada a los proyectos de la introducción de nuevos productos.

Tabla 1.1. Estructuras para el mejoramiento. Fuente: (Gómez, 2007)

Deming	Juran	Ishikawa	Pons	ISO 9004-2000*
Planear	1. Prueba de necesidad	1. Escoger un tema	1. Liste y priorice los problemas 2. Defina el proyecto y el equipo de trabajo	a. Razón para la mejora. b. Situación actual
Hacer	2. Síntoma 3. Causa 4. Remedio	3. Evaluar la situación actual 4. Investigación de causa 5. Establecer medidas correctivas y ejecutables 6. Evaluar resultados	3. Analice los síntomas 4. Formule las teorías sobre las causas 5. Confirme las teorías 6. Identifique las causas reales	c. Análisis d. Identificación de soluciones posibles
Verificar	5. Acción	7. Estandarización, prevención de errores y su repetición	7. Considere soluciones alternativas 8. Diseñe las soluciones y los controles. 9. Enfrente la resistencia al cambio 10. Introduzca las soluciones y los controles	e. Evaluación de efectos
Actuar	6. Acción	8. Repaso y reflexión, consideración de los problemas restante 9. Planeación para el futuro	11. Compruebe el desempeño 12. Monitoree el sistema de control	f. Implantación y normalización g. Evaluación de la eficacia y eficiencia del proceso al complementar la acción de mejora.

1.3. Control de la calidad en la industria de alimentos

El notable crecimiento y reconocimiento de la calidad, en la sociedad en general, se provoca en gran medida por el fenómeno de «la vida detrás de los diques de la calidad», definido por Juran. La sociedad industrial proporciona a los ciudadanos los maravillosos beneficios de la tecnología pero también hace que la continuidad de este estilo de vida dependa absolutamente de la calidad de las mercancías y de los servicios que son su base. (Aragón,

2004). Además, se manifiesta un crecimiento de la competencia en calidad, especialmente intenso, en el ámbito internacional debido a la globalización de los mercados. La calidad es un elemento crítico del comercio mundial, de la capacidad de defensa, de la seguridad y la salud humanas, del mantenimiento del entorno. (Aragón, 2004)

La autora coincide con la valoración que realiza (Gómez, 2007), de las fábricas de obtención de azúcar, respecto al planteamiento de (Shulze, 2002) sobre las industrias productoras de alimentos, al referir que las tecnologías de control requieren de flexibilidad en las herramientas «on-line», para mantener permanente monitoreo de los procesos de fabricación e informar al personal de operación, de la localización de las desviaciones y las causas. El desarrollo de procedimientos que den respuesta a estas aspiraciones, constituye una posibilidad de obtener grados de conversión más altos en un proceso industrial que, como plantea (Sabadí, 1996), involucra un elevado flujo de materiales, con un valor económico relativamente alto donde la transmisión de la variación, en la medida que se avanza en las etapas que lo conforman, altera e incrementa continuamente las pérdidas; por lo que las mejoras o modificaciones en las etapas iniciales del proceso de producción de alimentos, como el área de mezclado y normalización tendrán el mayor efecto resultante en las ganancias en esta industria. Sin embargo, (Gómez, 2007), refiere que las investigaciones desarrolladas por tecnólogos de diversas ramas de la ciencia en la industria azucarera, como por ejemplo (Cardoso, 1993), (González, 2002) y (O´Farrill, 2005), presentan enfoques parciales u omiten la utilidad que, la ingeniería y la gestión de calidad, pueden tener en el control de este proceso industrial, lo que hace que estén arraigados métodos de trabajo y formas de pensar lejos de cualquier pretensión estratégica en términos de mejora de la calidad.

1.3.1. Caracterización del control de la calidad en la industria de alimentos

Con frecuencia, en la industria de alimentos se utilizan de forma inapropiada los conceptos de la calidad y la inocuidad. A pesar de que según las definiciones presentadas, la calidad incluye la inocuidad, en la práctica los procedimientos para el manejo de la inocuidad difieren considerablemente de aquellos que utilizan otros componentes de la calidad, como es la estabilidad (vida útil y la aceptabilidad).

En el manejo de la calidad se siguen esencialmente procedimientos para:

- a. establecer la identidad del producto, la cual puede ser establecida arbitrariamente o según un acuerdo con el comprador;

- b. ajustar un proceso para que dicha identidad o calidad se mantenga; y
- c. verificar que se mantiene dicha calidad.

Se aprecia que para el proceso, el manejo de la calidad, involucra el uso de indicadores para asegurar que cada lote de producción se ajusta a las características requeridas. En la industria de alimentos esto se cumple principalmente mediante auditorías y programas de muestreo y análisis del producto.

Se considera un alimento sano aquel que no presenta contaminación, que mantiene su frescura, y conserva sus características físico- químicas, microbiológicas y organolépticas, con un buen manejo higiénico durante el procesamiento.

Los criterios de calidad se asocian a:

1. propiedades organolépticas: apetencia
 - a. apariencia: forma, color: visión
 - b. sabor: aroma, gusto: nariz, boca
 - c. textura: resistencia, consistencia a la masticación: tacto
2. salubridad: ausencia de acción tóxica o infecciosa.
3. valor nutricional: capacidad de asimilación:
 - a. composición: calorías, proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, vitamina, sales minerales, oligoelementos.
 - b. digestibilidad y disponibilidad de nutrientes.
4. propiedades funcionales: diversos ingredientes, interés industrial.
5. estabilidad: aptitud del producto a no alterarse.
6. costo: penetración de mercado y consumo.
7. factores de naturaleza psicológica: moda, tradición.

De gran importancia para la calidad de los alimentos es dar seguimiento al cumplimiento de los principios para su conservación:

- prevención o retraso de la descomposición microbiana.
 - a. mantenimiento los alimentos libres de gérmenes (asepsia).
 - b. eliminación de los existentes (filtración).
 - c. obstaculizar el crecimiento y actividad microbiana (disminución o aumentos de temperatura)
 - d. destruir los microorganismos (calor o radiaciones).
- prevención o retraso de la auto-descomposición de los alimentos.

- a. destrucción o inactivación de sus enzimas (escaldado).
- b. prevenir o retrasar las reacciones puramente químicas (evitar oxidación).
- prevención de las alteraciones que ocasionan los insectos, animales superiores, causas mecánicas.

La contaminación de los alimentos es un problema serio para la industria alimentaria, debido a que propicia la aparición de productos inaceptables para el consumo humano. La producción industrial de alimentos es un proceso que se desarrolla a gran escala, razón por la cual las consecuencias de pérdidas por contaminación microbiana son elevadas y altamente costosas. Este fenómeno generalmente es un proceso mixto, en el que participan bacterias, levaduras y hongos filamentosos; al mismo tiempo es un proceso competitivo, en el cual prevalecen aquellos grupos que muestran la mayor adaptación a las condiciones ambientales, que se manifiestan en el producto en particular.

Las valoraciones anteriores sobre los aspectos relativos a la calidad en los alimentos, y la necesidad que tiene el hombre de adquirir y consumir éstos, se precisa destacar que en la elección del cliente, los valores explícitos a privilegiar, se vinculan con atributos organolépticos, nutricionales, funcionales y comerciales, sin embargo, no serán suficientes si no es posible brindar una garantía cabal de la característica propia, única e implícita a los alimentos: la *inocuidad o seguridad* de los mismos (García, 2004). Tradicionalmente, el control de los alimentos se realiza con la comprobación de la operación o el proceso al cual se someten, y el cumplimiento de los requisitos comerciales y las leyes vigentes. El personal encargado de controlar la calidad y los inspectores que hacen cumplir las normativas legales, examinan habitualmente la operación o el proceso para asegurar la adopción de buenas prácticas; además se toman muestras del producto final para su análisis en el laboratorio. De lo anterior se concluye que el control de la calidad de los alimentos se basa en: la inspección y el posterior análisis del alimento.

Este término de "Inocuidad de los alimentos" es de vital importancia para las entidades productoras de alimentos, y el mismo se refiere a la propiedad que tienen éstos de no causar daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen por los mismos, de acuerdo con el uso previsto (Hidalgo, 2003), y constituye un derecho ciudadano, que se tiene que garantizar.

El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC), es un tema actual en cualquier conversación relativa a la inocuidad, producción y comercio de alimentos, en

toda la cadena alimentaria. También se reconoce por las siglas en inglés HACCP: Hazard Analysis Critical Control Points.

El sistema APPCC para la inocuidad de alimentos, tiene utilidad en industrias: grandes, medianas, pequeñas, locales de expendido, ventas callejeras de alimentos y en cocinas domésticas. Es un instrumento para identificar peligros y que permite establecer controles que se orienten hacia medidas preventivas, con la finalidad de garantizar la inocuidad de los alimentos. A diferencia de la mayor parte de las actividades tradicionales de inspección de alimentos, este sistema se basa en el conocimiento de los factores que contribuyen a causar brotes de enfermedades transmisibles por los alimentos. El APPCC se utiliza internacionalmente, en países de la comunidad Europa, Estados Unidos y Canadá, y es un requisito legal obligatorio para la producción e importación de alimentos. Las referencias reflejan que la implementación tiene sus inicios en las industrias lácteas, cárnicas y procesamiento de mariscos, por ser productos potencialmente peligrosos y de alto consumo. (Hidalgo, 2003).

La inocuidad alimentaria es un proceso que asegura la calidad en la producción y elaboración de los productos alimentarios y garantiza la obtención de alimentos sanos, nutritivos y libres de peligros para el consumo de la población. La preservación de alimentos inocuos implica la adopción de metodologías que permitan identificar y evaluar los peligros potenciales de contaminación de los alimentos, en el lugar que se producen o se consumen, así como la posibilidad de medir el impacto que una enfermedad transmitida por un alimento contaminado, puede causar a la salud humana. Los términos y definiciones usados son los que aparecen en la NC-ISO 22000:2005, NC 136:2007 y NC 143: 2007.

En Cuba los primeros productos que se comercializan, bajo las exigencia del APPCC son los: rones elaborados por la corporación CUBARON, Rones Havana Club y Licores; en la actualidad empresas con una importante representación en el mercado internacional se encuentran certificadas. No obstante, aún cuando el país se proyecta en aumentar el número de fábricas que implemente este sistema, es insuficiente las industrias que lo poseen en comparación con las fábricas productoras de alimentos que existen, la barrera fundamental está en el incumplimiento de los prerrequisitos, en lo referente a la no aplicación del código de práctica de higiene. Situación que gran medida lo provoca el deterioro en las industrias que requieren reparaciones capitales, inversión en la tecnología y acondicionamiento de los laboratorios de control; así como la imposibilidad del productor de

seleccionar directamente las materias primas, y la compra de acuerdo a las especificaciones, aún cuando se hace énfasis en que éstas no presente afectaciones de inocuidad. En el caso particular de Alimentos Río Zaza, planta SS, se encuentra en proceso de implementación de la documentación, pero no se cumplen los prerrequisitos establecidos.

Los programas de prerrequisitos exigen el cumplimiento de las condiciones estructurales y ambientales en las industrias que elaboran alimentos, a partir de los códigos de prácticas de higiene generales para la elaboración de alimentos y los específicos de cada producto, para lograr el cumplimiento de las buenas prácticas de fabricación e higiene. (NC 143:2007 Código de prácticas—Principios generales de higiene de los alimentos).

1.3.2. Valoraciones sobre el control de proceso

La ingeniería de la calidad se reconoce, dentro de las actividades de manufactura, de gran apoyo a los objetivos económicos y a la rentabilidad de las organizaciones, por lo que significa la introducción de nuevos sistemas y productos, que exigen el empleo de herramientas que garanticen una mejor comprensión del comportamiento y los resultados de los procesos industriales, para adaptarse de forma satisfactoria a las exigencias del entorno empresarial y obtener los resultados deseados. Con frecuencia en las industrias de proceso se obtiene baja calidad de los productos, y se debe a la variabilidad existente en el proceso, una forma efectiva de detectar la presencia de ésta, es la utilización de herramientas estadísticas. La filosofía de Taguchi plantea que se puede reducir el costo, con la reducción de la variabilidad, y cuando se hace, mejora automáticamente la calidad, precisamente esta es la idea que sustenta el empleo del Control Estadístico de Proceso (SPC), en la presente investigación.

El SPC, se define como un conjunto de técnicas estadísticas, orientadas a la vigilancia del comportamiento de las características seleccionadas como mejores medidores de la calidad; según (Pons, 2002), el propósito fundamental del SPC, es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variación) para llevar a los procesos al estado de control. Además este autor refiere que permite medir y monitorear en forma continua las características de calidad, ventana a través de las cuales se es capaz de observar el proceso, por lo que tienen que constituir una vista predecible, consistente del proceso, para tomar decisiones inteligentes acerca de acciones sobre el proceso. Cuando las mediciones escapan de ciertos límites, constituyen una señal de alerta ante problemas que requieren

acciones correctivas. El estudio de la variabilidad de los procesos, a través de Gráficos de Control (GC), permite separar las causas aleatorias de las especiales, presentes en los procesos. Shewhart en 1926 propuso los primeros GC, que constituyen aún, los más utilizados en los sistemas industriales de hoy, bajo la consideración que los datos tomados para su construcción son independientes e idénticamente distribuidos con el modelo normal, (Stoumbos, *et al.*, 2000).

Sobre el tema (Gómez, 2007), comenta el trabajo de (Woodall, 2000) respecto a que esta premisa de normalidad, no necesariamente siempre es así, y refiere a (Burr, 1967) sobre el efecto de los datos que no siguen el modelo normal en los límites de control, situación que se presenta generalmente en la etapa inicial del uso de los GC, resultan importante también las consideraciones sobre: la selección de las características de calidad, el plan de muestreo, las mediciones y los subgrupos racionales, así como el grado de autocorrelación en los datos. A pesar de la importancia de estas herramientas, en la industria de alimentos en Cuba, se hace poco uso de ellas y como destaca (Gómez, 2007), son limitados los trabajos sobre el tema.

1.4 Los procesos característicos en las industrias de alimentos

La industria alimentaria es la encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de los alimentos de consumo humano y animal. Las materias primas se concentran en los productos de origen vegetal (agricultura), animal (ganadería) y fúngico, principalmente. El aumento de producción está unido con un esfuerzo progresivo en la vigilancia de la higiene y de las leyes alimentarias de los países, por lo que se intenta regular y unificar los procesos y los productos.

Los procesos habituales de la elaboración de alimentos, tienen como objeto la transformación inicial del alimento crudo para la obtención de otro producto distinto y transformado, generalmente más adecuado para su ingesta. Algunos de los procesos de elaboración tienen su fundamento en la conservación del alimento. Esta fase es vital ya que los procesos de conservación en la industria alimentaria tienen por objeto la interrupción de la actividad microbiana y prolongar la vida útil de los alimentos. Para ello se tiene la posibilidad de trabajar con tres variantes:

- Pasteurización
- Esterilización
- Acción química

Algunos procesos de conservación de alimentos pretenden sin embargo inhibir el desarrollo de los microorganismos:

- Refrigeración
- Deshidratación

En Alimentos Río Zaza la conservación del alimento se logra con un envasado aséptico en envases tetra brik tras la ultra pasteurización del producto. El proceso se llama Procesamiento de Ultra-Alta Temperatura (UAT, o UHT, por sus siglas en inglés). Es un proceso térmico de alta temperatura y corto tiempo para obtener la esterilidad comercial del producto, sin cambiar sus propiedades nutricionales. Así como la alta temperatura elimina los microorganismos, la corta duración del proceso causa menos daño a sus nutrientes y sabor que el tradicional proceso de pasteurización y enlatado, garantizando incrementar la duración del producto. La manera en que se transforman los alimentos influye decisivamente en sus propiedades, la realización en condiciones inadecuadas, provoca pérdidas en determinados componentes: compuestos volátiles, vitaminas, incluso proteínas.

1.4.1 Producción industrial de alimentos en la Empresa «Alimentos Río Zaza»

En la Empresa «Alimentos Río Zaza», los productos industriales se dividen, según las características, en lácteos: Leche entera y Leche evaporada y de frutas y vegetales: Tomates y derivados, Jugos y néctares, Purés de frutas. En la figura 1.2, se muestran las etapas dentro de los principales procesos.

Procesos de fabricación de productos de frutas y vegetales

- ❖ Mezclado – Normalización: Proceso que consiste en el mezclado de las pulpas e ingredientes para lograr la disolución completa, este proceso se realiza con agua de calidad bacteriológica, tanto para la disolución como para la normalización final.
- ❖ El almacenamiento, es la etapa en la que el producto se mantiene bajo agitación, para ayudar a la homogeneidad antes del proceso de tratamiento térmico.

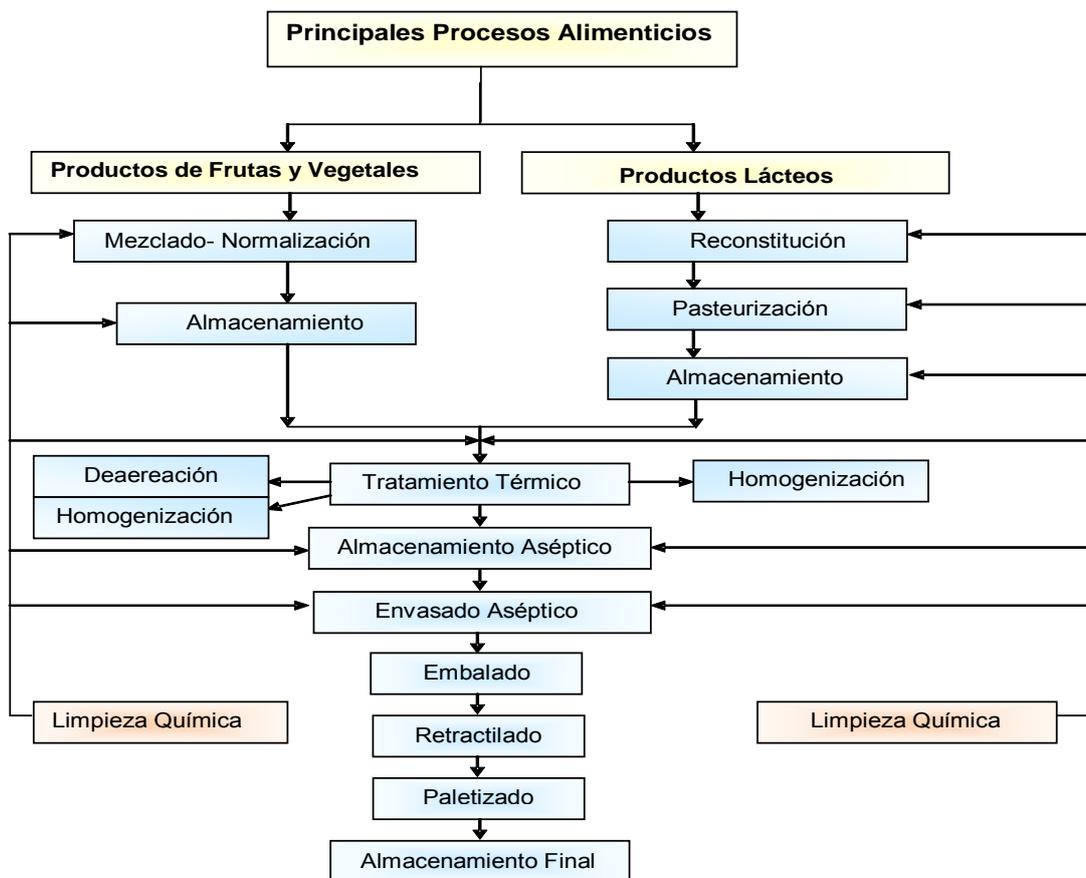


Figura 1.2. Etapas en común en el proceso de producción de Alimentos Río Zaza.

Proceso de fabricación de productos Lácteos

- ❖ Reconstitución. Proceso en el que se realiza la recombinación de la Leche entera en Polvo en agua suavizada, previamente se calienta, para lograr la mejor disolución del polvo y evitar el proceso enzimático de la grasa. En esta etapa es importante considerar el tiempo de hidratación del polvo a fin de garantizar una estabilidad proteica en las etapas de tratamiento térmico.
- ❖ La pasteurización se realiza con el objetivo de eliminar los microorganismos patógenos presentes en la leche, así como algunas enzimas termófilas. En esta etapa juega un papel importante las temperaturas de pasteurización, tiempo de retención y temperaturas de enfriamiento.

- ❖ Almacenamiento. Esta etapa consiste en mantener la leche refrigerada durante el tiempo que dure el proceso de envasado, para inhibir el desarrollo microbiológico por la baja temperatura. En esta etapa es importante mantener la leche lo más fría posible.

Procesos comunes

- ❖ Tratamiento térmico: consiste en someter al producto a combinaciones de temperatura y tiempo con el objetivo de lograr la esterilidad comercial. Con estas combinaciones temperatura – tiempo se logra eliminar la totalidad de los microorganismos presentes en el alimento, incluye algunas esporas termorresistentes. Las combinaciones de temperatura – tiempo, dependen de las características físicas y químicas del producto, los productos con características ácidas (frutas y vegetales) son menos exigentes en cuanto a temperatura – tiempo, que los productos de características básicas (lácteos), que si requieren un tratamiento severo y corto tiempo de retención para evitar cambios en los componentes nutricionales. En esta etapa es importante el control de las temperaturas de tratamiento térmico, para garantizar las condiciones higiénicas sanitarias del producto, desde el punto de vista microbiológico.

En las etapas de tratamiento térmico, se cuentan con las etapas de deaereación, fundamental en los productos de frutas y vegetales, con el fin de eliminar el aire ocluido en el producto mediante vacío. Para esta operación se utiliza agua fría, que tiene la finalidad de eliminar la espuma en el producto. Se cuentan, además, con las operaciones de homogenización, que dependen de las características del producto y la finalidad deseada; para los productos de frutas y vegetales se favorece la viscosidad y en los productos lácteos, se rompen los glóbulos de grasa para dispersarlos en toda la leche en pequeñas partículas, y evitar la separación.

- ❖ Almacenamiento aséptico. Es un proceso que garantiza la inocuidad del producto que se suministra a las máquinas llenadoras; se utiliza para aumentar las capacidades productivas y flexibilizar las operaciones anteriores. En esta etapa es importante el control de las temperaturas de las barreras de vapor que garantizan la esterilidad del sistema.
- ❖ Envasado aséptico. Consiste en el envasado del producto, se trata en diferentes formatos, bajo condiciones asépticas. Las condiciones asépticas se garantizan con controles de temperaturas del aire en diferentes etapas de la máquina y con la esterilidad del material de envase en un baño de peróxido. En esta etapa se garantiza la inocuidad

del producto, a través de constantes chequeos a las temperaturas del aire, temperaturas de los sellados, consumo y concentración de peróxido, temperatura del peróxido, sistemas de enfriamientos.

- ❖ Embalado: se empaquetan los envases llenos que salen de las máquinas llenadoras en los formatos correspondientes.
- ❖ Retractilado: se coloca una película de Nylon a todas las bandejas producidas en la etapa de embalado.
- ❖ Paletizado: proceso en el que toda la producción se colocada en pallets, cumpliendo con las estibas máximas para cada formato.
- ❖ Almacenamiento final: etapa donde el producto terminado se mantiene durante un período de cuarentena antes de su liberación a la venta.
- ❖ Limpieza química: una de las operaciones más importante de la industria, se asegura a partir de los equipos del proceso en los que se elaboran los alimentos, la calidad higiénica del producto. Son importantes en esta etapa, las concentraciones de las soluciones de limpieza, las temperaturas de actuación y los flujos.

1.4.2 Oportunidades de mejora en la empresa mixta «Alimentos Río Zaza», planta Sancti Spíritus

Cuando un proceso no alcanza sus objetivos, la organización establece las acciones correctivas para asegurar que las salidas del proceso sean conformes, lo que implica actuar sobre las variables de control para que el proceso alcance los resultados planificados (Carrasco; Carmona & Rivas, 2001). También puede ocurrir que, aún cuando un proceso alcance los resultados planificados, la organización identifique una oportunidad de mejora en dicho proceso por su importancia, relevancia o impacto en la mejora global de la organización. En cualquiera de estos casos, la necesidad de mejora de un proceso se traduce por un aumento de la capacidad del proceso, para cumplir con los requisitos establecidos, incremento de la eficacia y/o eficiencia del mismo (esto es aplicable igualmente a un conjunto de procesos). En cualquiera de estos casos, a partir de las ISO 9000:2000, se define el ciclo de mejora de Deming: PDCA, siglas en inglés de Plan-Do-Check-Act), como estructura general para conducir este proceso, que se ilustra en la figura 1.3



Figura 1.3 Ciclo de mejora de Deming. Fuente: Beltrán Sanz et al. (2001).

Este ciclo considera cuatro grandes pasos para ejecutar la mejora continua en los procesos.

P. Planificar: implica establecer qué se quiere alcanzar (objetivos) y cómo se pretende alcanzar (planificación de las acciones), según las subetapas siguientes:

- Identificación y análisis de la situación.
- Establecimiento de las mejoras a alcanzar (objetivos).
- Identificación, selección y programación de las acciones.

D. Hacer: implantación de las acciones planificadas según la etapa anterior.

C. Verificar: se comprueba la implantación de las acciones y la efectividad de las mismas para alcanzar las mejoras planificadas (objetivos).

A. Actuar: en función de los resultados de la comprobación anterior, en esta etapa se realizan las correcciones necesarias (ajuste) o se convierten las mejoras alcanzadas en una «forma estabilizada» de ejecutar el proceso (actualización), de la etapa de Planificar.

Las acciones que responden a una mejora sobre problemas crónicos del proceso, constituyen la base para proyectar nuevas áreas de control, a través de la planificación de la calidad, según define (Juran, 2001), en la trilogía de la calidad para definir como ejecutar la gestión de la calidad en las organizaciones. (Anexo 1). En ese sentido, la presente investigación se plantea la identificación de oportunidades de mejora, a partir de los problemas crónicos a los que se enfrenta la industria de Alimentos Río Zaza, Sancti Spíritus, que se provocan a partir de la variabilidad de los procesos, traducida en inestabilidad en los procesos y productos e ineficiencia en los procesos.

1.4.3 Necesidad de mejorar el control del proceso en la empresa mixta «Alimentos Río Zaza», planta Sancti Spíritus

A consideración de la autora, ante la situación problemática, es imprescindible realizar acciones de mejora en el control del proceso que permitan elevar la estabilidad de las

características de calidad de los productos, reducir los costos y con ello aumentar la eficiencia de los procesos. En la actualidad no existen en la industria programas de mejora que permitan incorporar a las prácticas actuales de control del proceso, aspectos esenciales del control estadístico de procesos y de la ingeniería de la calidad, que contribuyan a eliminar problemas crónicos con el mantenimiento en control de variables con un significativo impacto en la variabilidad y eficiencia del proceso.

1.5 Conclusiones parciales

1. La mejora del control de los procesos industriales constituye un desafío en las industrias de proceso, que requieren iniciativas tecnológicas, sociales y de gestión para dirigirlos; con herramientas que permitan detectar de forma oportuna las causas que provocan variabilidad en los procesos o la forma de atenuar su efecto, en correspondencia con los enfoques «Seis Sigma» y la Metodología Diseño Robusto, para garantizar que las variaciones en materiales y procesos, no destruyan la calidad del producto, y sí faciliten la proyección de prácticas de calidad encaminadas a robustecer los procesos.
2. Reducir los costos, con la reducción de la variabilidad y de esa forma mejorar la calidad en los procesos, es el fundamento de la Filosofía de Taguchi, y constituye el planteamiento base para el empleo del Control Estadístico de Proceso y el VMEA, Variation Mode and Effects Analysis, que fortalecen la insensibilidad de los procesos, al investigar cómo las fuentes de variación hacen impacto en la robustez de productos y procesos; análisis que resulta consistente con las necesidades de mejorar la productividad y eficacia en las industrias de proceso, particularmente en Cuba que generalmente operan con la presencia de una alta variabilidad de las materias primas y materiales, sin embargo los análisis en pocas ocasiones los orienta en este sentido.
3. La industria alimenticia cubana de forma general, basa el control de los alimentos que procesa en la inspección: mantener el producto dentro de especificaciones y la posterior valoración del alimento, que incluye el muestreo del producto final para su análisis en el laboratorio. De esta forma no se agrega valor en el proceso y expresa poca atención a la variabilidad, donde se requiere uniformidad, pues alejarse del valor objetivo, implica pérdidas, y no es suficiente que los valores de un determinado requisito del producto, estén dentro de los límites de especificación. Estas prácticas provocan desechos y reproceso, que resulta insatisfacción del cliente y un bajo valor

de los productos, situación que es imprescindible mejorar, en cualquier economía y especial en la cubana.

4. El sistema APPCC es un instrumento para identificar peligros, que permite establecer controles que se orientan hacia medidas preventivas, con la finalidad de garantizar la inocuidad de los alimentos. A diferencia de la mayor parte de las actividades tradicionales de inspección de alimentos, este sistema se basa en el conocimiento de los factores que contribuyen a causar brotes de enfermedades transmisibles por los alimentos. Por lo que es reconocido internacionalmente, como la medida más eficaz para lograr la inocuidad en un alimento.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MIXTA «ALIMENTOS RÍO ZAZA» PLANTA SANCTI SPÍRITUS

2.1. Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo la fundamentación teórica del procedimiento que se propone para la mejora en el control del proceso de producción industrial de la empresa mixta «Alimentos Río Zaza», planta Sancti Spiritus, como contribución a la reducción de variabilidad de los requisitos de calidad de los productos terminados y la eficiencia del proceso. El procedimiento se estructura según el ciclo Deming o Shewhart, como se muestra en la figura 2.1.

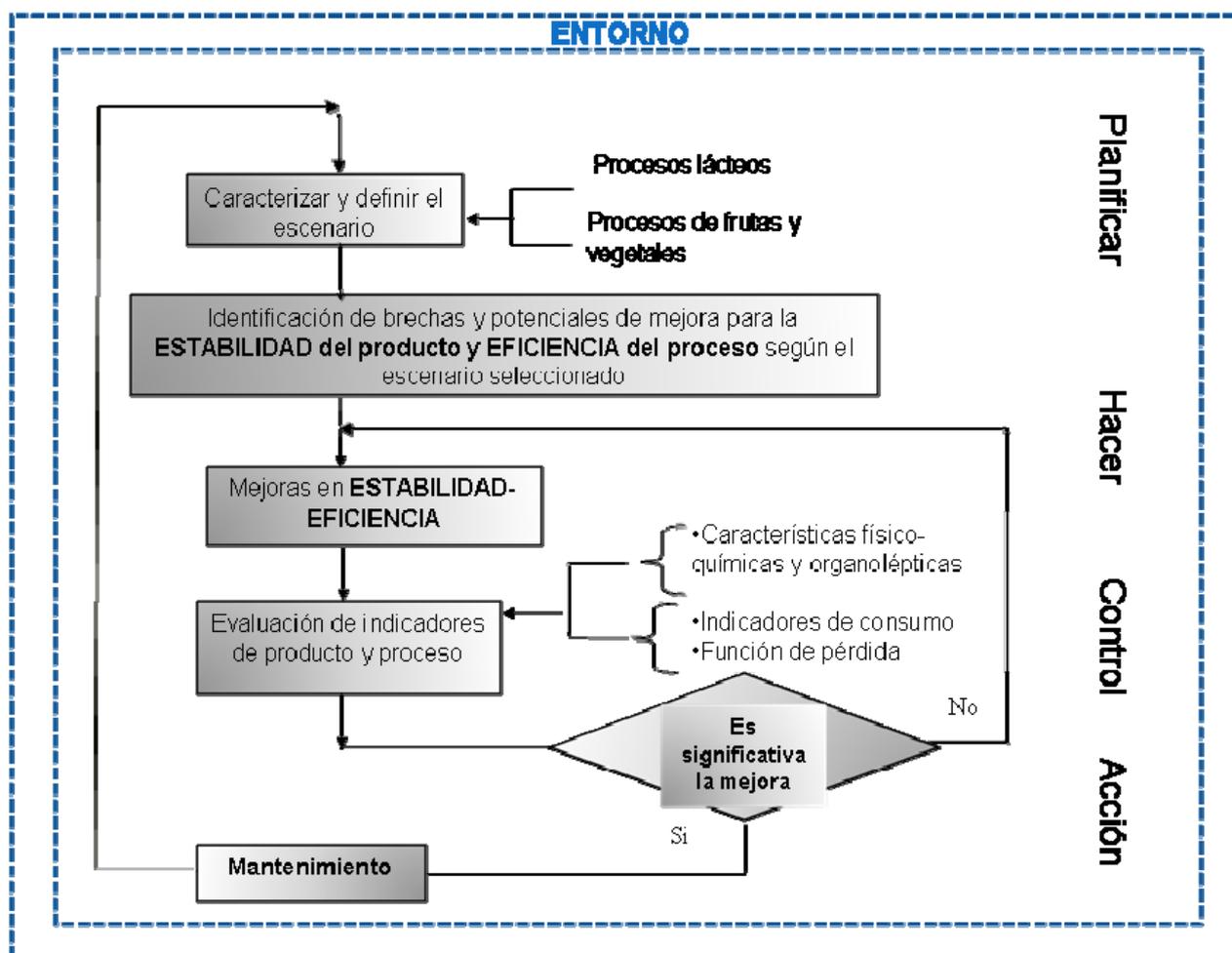


Figura 2.1 Procedimiento para mejoras en el control del proceso

2.2 Bases del procedimiento para la mejora en el control del proceso

El procedimiento se realizó sobre las premisas siguientes:

- robustecer los procesos de producción industrial de la Empresa mixta «Alimentos Río Zaza» Planta Sancti Spíritus, a través de herramientas de ingeniería de calidad.
- promover la utilidad de la concepción cliente-proveedor, a través de la evaluación de la Función de Pérdida como indicador de la eficiencia que se logra en el proceso de producción industrial, con la reducción de variabilidad en los requisitos de calidad de los productos.

El procedimiento se plantea como **objetivo** mejorar el control del proceso de producción industrial, a través de la reducción de variabilidad en los requisitos de calidad del producto terminado y en la eficiencia del proceso, a partir de los principios siguientes:

- Mejoramiento continuo: implícito del ciclo Deming, con retorno a la fase anterior para ejecutar acciones correctivas o ante la significación de la mejora, planificar el mantenimiento o mejoras incrementales.
- Adaptabilidad: la significación de la ingeniería de la calidad como soporte teórico-metodológico, en la responsabilidad social que implica ajustar tecnológicamente el proceso de producción industrial a las necesidades de alimentos para el país.
- Aprendizaje: robustecer el proceso de producción industrial promueve la profundización en su conocimiento, a través de herramientas estadísticas básicas, que se integran al control «on line» de la ingeniería de calidad, como instrumentos para la toma de decisiones de los directivos, y el análisis de datos por especialistas y obreros.
- Pertinencia: la posibilidad que tiene el procedimiento de ser aplicado integralmente en las condiciones tecnológicas que presentan los procesos de producción industrial de alimentos, sin consecuencias negativas para los clientes internos y externos de la industria.
- Perspectiva o generalidad: dada la posibilidad de su extensión como instrumento metodológico para ejecutar estos estudios en otros procesos similares.

Entradas al procedimiento:

1. Datos de producciones realizadas, desempeño proceso de producción industrial y evaluaciones de los requisitos de la calidad del producto terminado.

2. Información detallada del proceso de producción industrial que permita su caracterización y descripción.
3. Datos del comportamiento de las variables tecnológicas por etapas del proceso de producción industrial.
4. Fuentes de variación que hacen impacto en la robustez de productos y procesos.

Salidas del procedimiento:

1. Evaluación de indicadores físico-químicos y organolépticos que caracterizan la calidad del producto terminado.
2. Evaluación de indicadores de consumo.
3. Evaluación de la insensibilidad que se logra en el proceso de producción industrial, a través de indicadores de estabilidad de las características de calidad de los productos terminados y la Función de Pérdida como indicador de la eficiencia del proceso.

2.3 Desarrollo del procedimiento para la mejora en el control del proceso

En el procedimiento de la figura 2.1, inicia la fase PLANIFICAR, con la caracterización de la empresa, y la definición del escenario que se necesita mejorar, a partir de criterios productivos y tecnológicos de la planta, datos de entrada que permiten identificar las brechas y potenciales de mejora en el control del proceso, para lo cual se desarrolla un procedimiento específico que evalúa los procesos por etapas, realiza el estudio estadístico de las variables y el Análisis Modal de Variaciones y Efectos (VMEA, siglas en inglés), para detectar las áreas críticas en términos de los efectos de una variación no deseada. La fase HACER, implica ejecutar mejoras, y realizar el seguimiento y medición, para evaluar los indicadores asociados a las características de calidad resultado del proceso y los indicadores de eficiencia. La significación de la mejora que se evalúa en la fase de CONTROL, permite definir en la ACCIÓN, el tipo de retorno: ante la presencia de no conformidades, a la fase HACER; mientras la reducción de variabilidad y eficiencia del proceso implica mantener las mejoras que se incorporan a la PLANIFICACIÓN o detectar mejoras incrementales.

Fase de PLANIFICAR

2.3.1 Caracterizar y definir el escenario

En esta fase se realiza la caracterización de la empresa, información que permite evaluar la situación actual de la empresa, y constituye el punto de partida para proceder a la **definición del escenario** a mejorar, se tienen en cuenta datos históricos productivos de la planta, se analizan las condiciones tecnológicas y la responsabilidad social que tiene el proceso de producción industrial ante las necesidades de alimentos para el país. Se utiliza gráfico de línea que compara el comportamiento productivo de la planta en los últimos 5 años, diagrama de Pareto e histograma que reflejan el comportamiento de indicadores de eficiencia de los escenarios en cuestión.

2.3.2 Identificación de brechas y potenciales de mejora

La ejecución del procedimiento específico de la figura 2.2, permite identificar brechas y potenciales de mejora basado en un enfoque de proceso, con una estructura de cinco pasos. Como se observa en la figura 2.2.

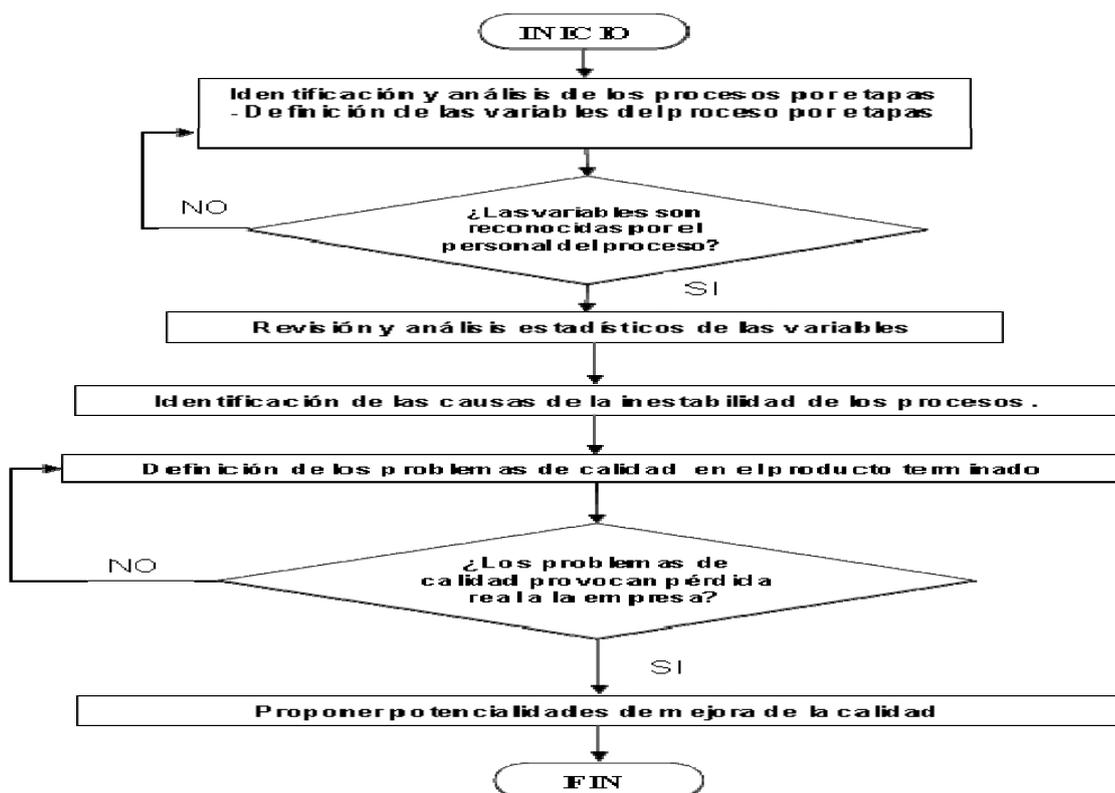


Figura 2.2. Procedimiento específico para identificar brechas y potenciales de mejora en el control del proceso. (PE)

Paso 1 del PE. Identificación y análisis de los procesos por etapas del proceso productivo

Para la identificación de los procesos productivos, se realizan las acciones siguientes:

- Confección de los diagramas de flujo de los diferentes procesos con sus corrientes de entrada y salida.
- Estudio de los planos existentes para cada etapa.
- Verificación de los diagramas en la planta.
- Descripción de los procesos productivos.
- Definición de las variables establecidas en las normas de proceso, y los requisitos de la calidad de cada producto.

En el diagrama de flujo para el análisis del proceso, según la simbología de la American National Estándar Institute- ANSI (ver anexo 2). Se identifican etapas, detallan operaciones, condiciones tecnológicas, equipos empleados y esquemas de control; todo ello con el reconocimiento de las características del diseño original del proceso. En el proceso de análisis se responden las preguntas siguientes:

¿Cómo trabaja el proceso?

¿Qué se supone que debe lograr?

¿Cuál es la forma de llevar a cabo el proceso?

Paso 2 del PE. Revisión y análisis estadísticos de las variables

En la evaluación de las variables resultado de proceso, se comparan los resultados históricos con los valores nominales definidos en la norma de empresa y se analiza la variabilidad de los procesos, según las tareas que se relacionan:

1. Revisión de los registros de control de proceso por etapas de los operadores de equipos.
2. Revisión de los registros de control del proceso del personal de calidad.
3. Estudio de las cartas gráficas existentes en equipos de proceso.

Con el objetivo de determinar las causas que tienen mayor impacto en los problemas de calidad del proceso, se analizan las variables a través de Gráficos de Control (GC) de X_m (medias móviles) por ser más sensible para mostrar los cambios que pueden ocurrir en el proceso, (Juran & Gryna, 2001) refieren la utilidad de estos gráficos, cuando no es posible formar subgrupos racionales, por la naturaleza del proceso relativamente uniforme (efecto de las mezclas). En la NC 92-11:80, se plantea que el gráfico de las X_m es particularmente apropiado en procesos químicos continuos.

Las expresiones cálculo de los Límites de Control Superior (LCS) e Inferior (LCI), se presentan en la expresión 2.1 y la Línea Central en la expresión 2.2, para el GC X_m se precisa en la expresión 2.3, cálculo de la X_{mj} de acuerdo al tamaño de muestra que se defina.

$$\text{LCS y LCI: } \overline{X}_m \pm A_2 \overline{R}_m \quad (2.1)$$

$$\overline{X}_m = \frac{\sum_{j=1}^k \overline{X}_{mj}}{k} ; k: \text{ cantidad de conjuntos de tamaño } n \quad (2.2)$$

Donde

$$\overline{X}_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^n X_n}{n} ; n: \text{ tamaño de muestra, lo define el investigador.} \quad (2.3)$$

Para el análisis de la variabilidad del proceso se utilizó el GC de R_m , en las expresiones de la 2.4 a 2.6, se presentan las fórmulas de cálculo, que realizan en una hoja de Excel.

$$\text{LCS} = \overline{RmD}_4 ; \text{LCI} = \overline{RmD}_3 \quad (2.4)$$

$$\overline{Rm} = \frac{\sum_{j=1}^k R_{mj}}{k} \quad (2.5)$$

Donde

$$R_{mj} = \frac{X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{m}n}}{n} \quad (2.6)$$

Las constantes dependen del tamaño de muestra que defina el investigador (anexo 3), el análisis del estado de control estadístico del proceso, a partir de los gráficos se realiza según los criterios referenciados en (Pons, 2002) (anexo 4); de esta forma, se establece la distinción entre la presencia de causas aleatorias y sistemáticas de variación como guía de actuación en la toma de acciones correctivas.

Paso 3 del PE. Identificación de las causas de inestabilidad de los procesos

Se involucra y obtiene el compromiso de la dirección. Sin un liderazgo por parte de los directivos cualquier propuesta de cambio no procede. Para detectar las posibles causas de variabilidad del proceso se emplea el método de expertos de acuerdo a las interacciones e intercambios que se defina (anexo 5).

A partir de las Características de Producto (PCs) de mayor interés desde el punto de vista de la variación del proceso, que se analizan en el paso anterior, se definen las Características Clave de Producto (KPCs), por el impacto en la seguridad alimentaria, costo final,

conformidad con los requisitos funcionales; lo cual constituye la información de entrada para realizar Análisis Modal de Variaciones y Efectos (VMEA), y detectar las áreas críticas en términos de los efectos de una variación no deseada.

El VMEA, se realiza por un procedimiento que cuenta con cuatro pasos, según (Ramiro & González ,2005).

1. Desglose detallado y causal de las KPCs.
2. Valoración de la sensibilidad.
3. Valoración del tamaño de la variación.
4. Valoración del riesgo de la variación y priorización.

Paso 1 del VMEA. El desglose detallado y causal de las KPs se realiza una vez que se ha seleccionado una KPC, normalmente se puede descomponer en un número de sub-elementos llamados Sub-KPCs. Las Sub-KPCs son características de cada producto o componentes del producto o del proceso de fabricación cuyos valores afectan a la KPC. Por lo general son conocidas y controlables. Además, cada Sub-KPC puede estar afectada a su vez por un número de Factores de Ruido (NFs). Una clasificación muy común distingue los NFs que se manifiestan y actúan durante la producción de aquellas que actúan durante el uso del producto. El primer tipo determina las diferencias entre productos fabricados para cumplir con las mismas especificaciones (variación uno-a-uno). El segundo tipo resulta de los diferentes comportamientos de una misma muestra de un producto cuando se usa repetidamente (variación en-uso). Los NFs que se presentan durante el uso pueden a su vez dividirse en: causados por fuentes internas o externas. Las *fuentes externas* pueden ser condiciones del entorno/ de operación que cambian con el tiempo y con el lugar cuando se usa el producto. Las *fuentes internas* pueden ser las condiciones del producto en si mismas, que cambian con el tiempo cuando es usado, debido a la acción de procesos físicos que causan desgaste o degradación. Otra clasificación de los NFs también es posible, basada en el grado de conocimiento sobre ellos y su manejabilidad. En la Figura 2.3 se muestra un plan resumido de las dos clasificaciones de NFs.

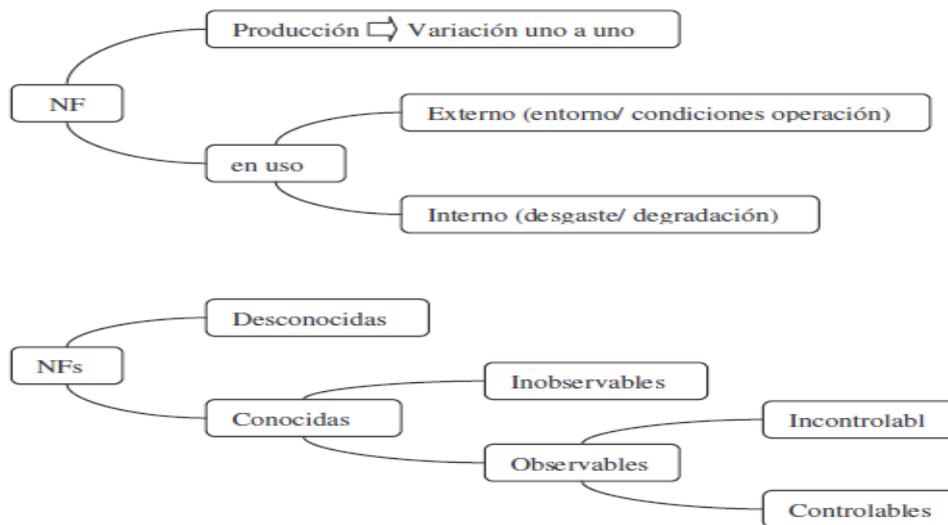


Figura 2.3 Dos posibles clasificaciones de los Factores de ruido.

Fuente (Ramiro & González ,2005)

El número de expertos se obtiene por la expresión 2.7, y se seleccionan por los conocimientos específicos y la calificación técnica. Para el consenso se utiliza el Coeficiente de Kendall, expresión 2.8 o 2.9, en dependencia de la existencia de ligas (expresión 2.10) en las opiniones de los expertos. Para dar respuesta al planteamiento de la Prueba de Hipótesis, la región crítica para tomar la decisión depende de la cantidad de factores que afectan a las características clave del producto (KPCs) y se analizan, como se muestra en las expresiones de la 2.11 a la 2.14.

$$n_e = \frac{p(1-p)k}{i^2} \tag{2.7}$$

Donde

n_e : cantidad necesaria de expertos.

p : proporción estimada de errores de los expertos.

i : nivel de precisión deseada en la estimación.

k : constante asociada al nivel de confianza elegido $(1-\alpha)$.

Z^2 : percentil de la distribución Normal para $(1-\alpha)$.

$(1-\alpha)$	0,90	0,95	0,99
$K=Z^2$	2,6896	3,8416	6,6564

$$W = \frac{12 * \sum \Delta^2}{M^2 * (K^3 - K)} \quad (2.8)$$

$$W = \frac{12 * \sum \Delta^2}{M^2 * (K^3 - K) - M \sum T} \quad (2.9)$$

Donde:

W: Coeficiente de concordancia de Kendall.

M: Número de expertos.

K: Número de prioridades o problemas o causas que se evalúan.

$$T = \frac{\sum (t^3 - t)}{12}; \text{ se calcula por experto} \quad (2.10)$$

Donde

T: número de observaciones en un grupo ligado por un rango dado.

Σ : suma de todos los grupo de ligas dentro de cualquiera de las M ordenaciones.

Prueba de Hipótesis

H₀: No hay concordancia entre los expertos.

H₁: Si hay concordancia entre los expertos.

Región crítica

$$\text{Si } K > 7 \quad X^2 > X^2_{\alpha, n-1} \quad (\text{Anexo 6}) \quad (2.11)$$

$$\text{Si } K \leq 7 \quad S \geq S_{\text{tabulada}} \quad (\text{Tabla de Friedman. Anexo 7}) \quad (2.12)$$

$$S = \sum \Delta^2$$

Δ : Desviación del valor medio de los juicios emitidos expresión 2.13.

$$\Delta = \sum_{j=1}^m R_{ij} - \tau \quad (2.13)$$

Donde

$$\tau = 1/2M(K + 1) \quad (2.14)$$

R_{ij}: suma de las opiniones de todos los expertos por cada característica.

El desglose causal de la KPC es el primer paso en facilitar un entendimiento de la variación. Se representa gráficamente en la Figura 2.4 en un diagrama causa-efecto.

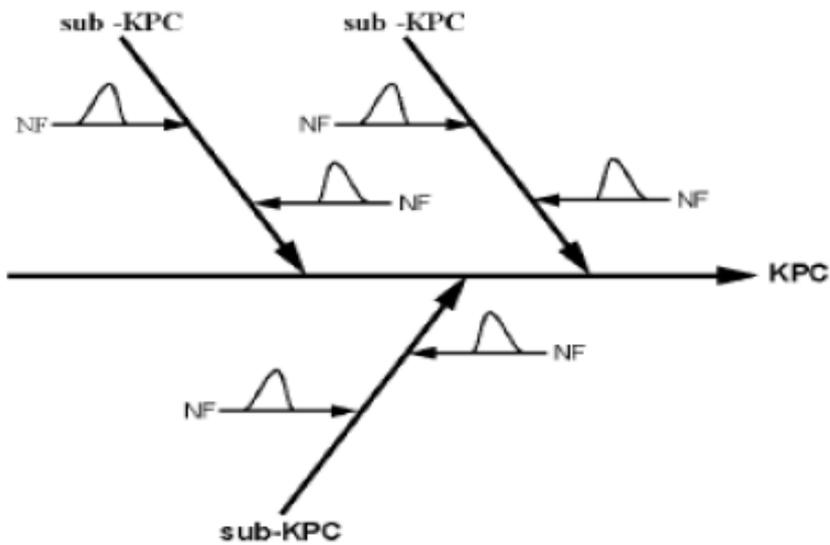


Figura 2.4 Desglose de la KPC en Sub-KPCs y Factores de ruido.

Fuente (Ramiro & González ,2005)

Paso 2 del VMEA. En el segundo paso del procedimiento, los expertos valoran la sensibilidad de la KPC a la acción de cada Sub-KPC y la sensibilidad de cada Sub-KPC a la acción de los NFs, utilizando criterios de valoración subjetivos, se tiene en cuenta el conocimiento de los expertos sobre las sensibilidades. La valoración está en una escala de 1 a 10, donde el 1 corresponde con una sensibilidad muy baja y 10 se corresponde con una sensibilidad muy alta. El criterio se explica en la Tabla 2.1.

Paso 3 del VMEA. En el tercer paso, los expertos examinan los NFs y estiman la magnitud de su variación en las condiciones de operación. En la Tabla 2.2 se explica el criterio de valoración subjetivo para medir el conocimiento de los ingenieros sobre la magnitud de una variación del factor de ruido. La valoración está basada en una escala del 1 al 10, donde el 1 corresponde a una variación muy baja y el 10 corresponde a una variación muy alta.

Tabla 2.1 Criterio de evaluación de la sensibilidad. Fuente (Ramiro & González ,2005).

Criterio 1: Criterio de evaluación de la sensibilidad	Puntuación
Muy baja sensibilidad. Un cambio en un parámetro es muy poco probable que cause cambios sustanciales en el otro.	1-2
Baja sensibilidad. Un cambio en un parámetro es poco probable que cause cambios sustanciales en el otro.	3-4
Sensibilidad moderada. Un cambio en un parámetro es probable que cause cambios sustanciales en el otro.	5-6
Sensibilidad alta. Un cambio en un parámetro es bastante probable que cause cambios sustanciales en el otro.	7-8
Sensibilidad muy alta. Un cambio en un parámetro es muy probable que cause cambios sustanciales en el otro.	9-10

Tabla 2.2 Criterio de evaluación de la variación del factor de ruido. Fuente (Ramiro & González ,2005)

Criterio 2: Criterio del evaluación de la variación del factor de ruido	Puntuación
Muy poca variabilidad del factor de ruido en condiciones de operación, es decir , a pesar de las condiciones de operación la dispersión del factor de ruido continua siendo muy pequeña.	1-2
Poca variabilidad del factor de ruido en condiciones de operación, es decir, a pesar de las condiciones de operación la dispersión del factor de ruido continua siendo bastante pequeña.	3-4
Moderada variabilidad del factor de ruido en condiciones de operación, es decir, a pesar de las condiciones de operación, la dispersión del factor de ruido continua siendo pequeña.	5-6
Alta variabilidad del factor de ruido en condiciones de operación, es decir, la dispersión del factor de ruido es grande.	7-8
Gran variabilidad del factor de ruido en las condiciones de operación, es decir, la dispersión del factor de ruido es muy grande.	9-10

Paso 4 del VMEA. En correspondencia con la valoración hecha en los tres pasos previos, se calcula el Número de Prioridad del Riesgo de Variación (VRPN) para los factores de ruido y se tiene en cuenta cada Sub-KPC.

$$VRPN_{NF / Sub - KPC} = S_1^2 S_2^2 V^2 \quad (2.15)$$

Donde:

S₁, es la sensibilidad de la KPC a la acción de la Sub-KPC que está influenciada a su vez por el NF (valorado en el paso 2);

S₂, es la sensibilidad de la Sub-KPC a la acción del NF (valorado en el paso 2);

V, es el tamaño de la variación del NF (valorado en el paso 3).

Si uno y el mismo Sub-KPC está influenciado por varios NFs, es posible calcular el Número de Prioridad del Riesgo de la Variación (VRPN) para Sub-KPC sumando los VRPN_{NF/Sub-KPC} calculados respecto a esa Sub-KPC.

$$VRPN_{Sub-KPC} = \sum VRPN_{NF / Sub-KPC} \quad (2.16)$$

Para evaluar la contribución de las sub-KPC y los NF sobre las KPC se realizan diagramas de Pareto.

Paso 4 del PE. Definición de los problemas de calidad del producto

En este paso se define la no calidad del producto de salida y su influencia en la eficiencia del proceso. Se realizan comparaciones de formulaciones alternativas con sus fichas de costo y se realiza el cálculo de la función de pérdida, asociada a la variabilidad de las características de calidad del producto que provocan la no calidad, se valora el costo de una unidad de producto para formatos de 500 y 1000 ml y las fórmulas alternativas utilizadas en la elaboración del puré. Según la expresión 2.17

$$L(y) = K(y - m)^2, \text{ donde:} \quad (2.17)$$

L (y): pérdida de dinero por unidad de producto

y: valor de la característica de calidad

m: valor nominal de la característica

K: constante de proporcionalidad, calculado según expresión 2.18

$$K = A/D^2 \quad (2.18)$$

A: costo de una unidad (cuc/u)

D: tolerancia de y, diferencia entre el límite superior e inferior de especificación (LSE-LIE)

Paso 5 del PE. Proponer potenciales de mejora de la calidad.

Se proponen las potencialidades de mejora de la calidad, que parten del conocimiento del proceso por etapas, se tienen en cuenta los resultados obtenidos en el análisis estadístico de las variables y en las causas definidas en el estudio VMEA. Se define que proceso no alcanza los resultados planificados, para determinar donde están las oportunidades de mejora.

Fase de HACER

2.3.3 Ejecución de la mejora con reducción de variabilidad e incremento en la eficiencia del proceso

En esta fase se determinan las acciones correctivas o preventivas que pueden eliminar las causas o minimizar los efectos. Se ejecutan planes de acción (determinadas: actividades, responsables y fechas de cumplimiento); para mejorar la estabilidad de las características de calidad del producto, con reducción de variabilidad y para el incremento en la eficiencia del proceso, en correspondencia con el escenario seleccionado.

Se ejecutan acciones de mejora, basadas en el control «on line» a partir de los resultados de un Diseño Experimental (DOE, siglas en inglés) para mezclas de k componentes (Lawson; Erjavec & Madrigal, 1992). Las proporciones satisfacen las restricciones:

1. $0 \leq X_i \leq 1,0$; para cada componente i
2. $\sum X_i = 1,0$; sumatoria desde i=1 hasta k

El diseño experimental se emplea para identificar que combinación de niveles de los factores (componentes de la mezcla) provoca el mejor valor promedio para la característica de producto o proceso de interés y para minimizar los efectos de la variabilidad en el desempeño del producto o proceso, lo que se denomina “diseño robusto”.

Para el análisis de los resultados se considera el procedimiento que sugiere Taguchi a través de tablas de respuesta para experimentos replicados (Lochaer & Mator) (anexo 8), las cuales, se utilizan para estimar la variabilidad del proceso: que factores afectan el nivel medio del proceso y por ende su variabilidad, buscando la insensibilidad del producto a la variabilidad inicial que provoca la materia prima, para el logro de la robustez del proceso, con incidencia favorable en los resultados productivos y económicos.

El fundamento del método consiste en atenuar los efectos de condiciones adversas en lugar de remover las causas (ver figura 2.4).

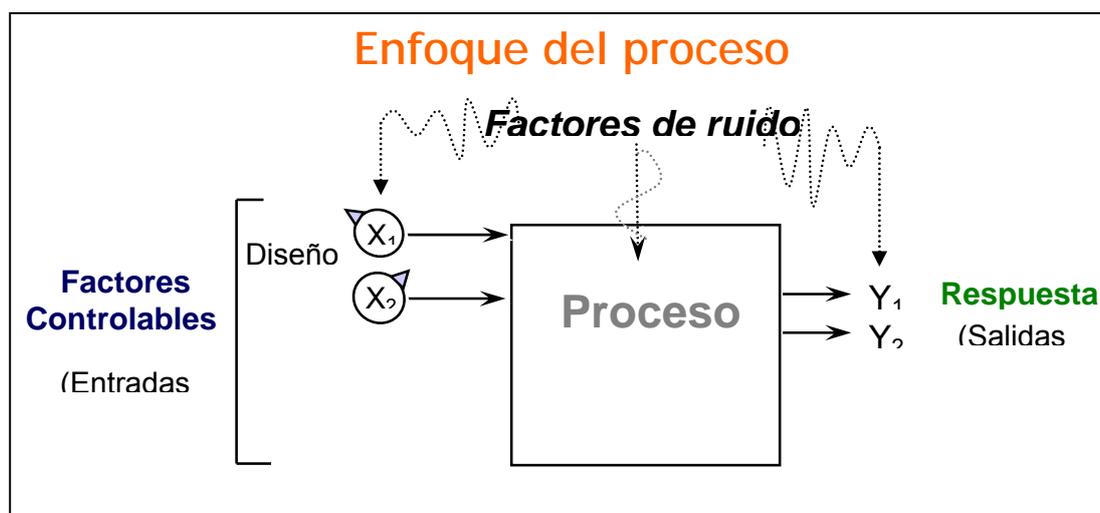


Figura 2.4 Esquema de caracterización para un proceso robusto. Fuente (Pérez, 2005)

Se desarrollan las acciones y se mantiene un registro de los resultados a lo largo del tiempo.

2.3.4 Evaluación de indicadores de mejora

Indicadores de producto

Para evaluar indicadores de mejora, se determinan en el laboratorio con técnicas analíticas, características organolépticas del producto terminado, como son: olor, sabor, aspecto y textura y parámetros físico-químicos; acidez, sólidos solubles, viscosidad aparente o consistencia, PH, contenido de cloruros. Con el empleo de las normas cubanas establecidas al efecto: procedimientos analíticos de evaluación sensorial (PAES) y métodos de ensayos, respectivamente. Estos indicadores caracterizan la calidad del producto en cuestión.

Indicadores de eficiencia

Se determina indicador de consumo; según expresión 2.19

$$\% \text{ pérdidas producto} = \frac{(\text{producto elaborado} - \text{producto envasado})}{\text{producto elaborado}} * 100 \quad (2.19)$$

Se valoran además, otros indicadores de consumo; según expresiones 2.20 y 2.21

$$\% \text{ pérdidas envase} = \frac{(\text{envases utilizados} - \text{envases llenos})}{\text{envases utilizados}} * 100 \quad (2.20)$$

$$\% \text{ pérdidas cajas embalado} = \frac{(\text{cajas utilizadas} - \text{cajas llenas})}{\text{cajas utilizadas}} * 100 \quad (2.21)$$

Se valora el cálculo de la función de pérdida de Taguchi, por expresión 2.17, como un indicador de eficiencia que mide los costos de la no calidad, definida por la variabilidad de las características de calidad del producto.

Fase de CONTROL

2.3.5 Significación de la mejora

Esta etapa tiene como objetivo contrastar los resultados de las acciones desarrolladas con respecto a lo planeado (eficacia del proyecto de mejora ejecutado).

- Evaluación de los resultados a través indicadores de mejora
- Comparación de índice antes y después.
- Implicación económica.

Significación en la estabilidad de las características de calidad de los productos

El logro de la estabilidad del proceso, como resultado de la aplicación de los gráficos de control, permite el análisis de la capacidad para especificaciones bilaterales, según las expresiones 2.22 y 2.23. La obtención de valores de $C_p \geq 1,50$; según (Montgomery, 1991) para procesos existente con parámetros de seguridad, posibilita definir cambios en la «Norma de Especificación del Producto» de la empresa.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (2.22)$$

Donde

C_p : índice de capacidad del proceso.

LSE y LIE: límites de especificación del producto.

$$\sigma = \overline{Rm}/d_2 ; \quad (2.23)$$

\overline{R}_m : Recorrido Móvil medio y

d_2 : constante que depende de n

n: tamaño de muestra que se define para el análisis del Recorrido Móvil.

Se realiza Diagrama de Pareto que evidencia la reducción de la variabilidad en el proceso y se evalúa la factibilidad económica con la robustez del proceso.

Significación en la eficiencia del proceso:

Para significar la mejora en la eficiencia del proceso se utiliza histograma de comparación del comportamiento de indicadores, antes y después de la mejora. La comparación del valor de la función de pérdida antes y después de la mejora se refleja en gráficos de línea.

Fase de ACCIÓN

2.3.6 Mantenimiento

En esta etapa se garantiza que no se repita el efecto de variabilidad que provocan las causas identificadas, con el mantenimiento de la robustez del proceso para impedir que los beneficios logrados con el proyecto de mejora se pierdan.

Se documentan los procesos de mejora a través de:

- Manual de procedimientos estandarizados.
- Manual de instrucciones.
- Capacitación del personal en el nuevo proceso.
- Verificación del entrenamiento.

Se establece como resultado de la evaluación, el retorno a la etapa de ejecución de la mejora, de lograrse mejoras en la calidad, con el objetivo de analizar las causas que no hicieron posible la reducción de la variabilidad y/o la eficiencia del proceso, con incidencia directa en los requisitos de calidad del producto terminado. De lograr una mejora en estos resultados se plantea retornar al inicio del procedimiento para planificar mantener las mejoras alcanzadas y detectar mejoras incrementales.

Para garantizar la consistencia del procedimiento y su mantenimiento en el tiempo, se establece la necesidad de dirigir los esfuerzos hacia las áreas siguientes:

- Liderazgo de la dirección. El personal de la empresa es necesario que perciba: que la dirección conoce y domina los temas relacionados al control del proceso. Se involucran en la formación del resto del personal, los equipos de mejora y destinan recursos humanos y materiales para desarrollar las actividades de la gestión de calidad.
- Participación de los empleados. Dar participación activa en el control del proceso a operadores de equipos y auxiliares de producción para dar apoyo continuo al personal técnico de calidad.
- Formación en el funcionamiento de los equipos; control de proceso y aplicación de herramientas de la ingeniería de calidad y las herramientas para la mejora.

Conclusiones parciales

1. Ante las limitaciones en la selección de proveedores para garantizar la mínima variabilidad de las materias primas, acorde con los requerimientos de la industria, se plantea robustecer los procesos para reducir los efectos negativos en el cumplimiento de los requisitos de calidad de los alimentos y eficiencia con que se producen en la empresa mixta “Alimentos Río Zaza”, planta Sancti Spíritus, con la profundización en el conocimiento del proceso, a través de herramientas estadísticas básicas, que se integran al control «on line» de la ingeniería de calidad, como instrumentos para la toma de decisiones de los directivos, y el análisis de datos por especialistas y obreros.
2. La propuesta de procedimiento para mejoras en el control del proceso de la Empresa Alimentos Río Zaza, planta Sancti Spiritus se fundamenta en el ciclo de mejora de la calidad de Deming, con el soporte teórico- metodológico de la ingeniería de calidad y el enfoque de proceso para garantizar la insensibilidad del producto a la variabilidad inicial que provoca la materia prima, bajo la consideración de la responsabilidad social que implica ajustar tecnológicamente el proceso de producción industrial a las necesidades de alimentos para el país.
3. El procedimiento propuesto se compone de cuatro fases, PLANIFICAR, HACER, CONTROLAR Y ACTUAR. En la fase de PLANIFICAR se caracteriza la empresa, se define el escenario y se identifican brechas en el control del proceso, con la propuesta de los potenciales de mejora. En HACER se ejecutan mejoras, realiza el seguimiento y medición, para evaluar los indicadores asociados a las características de calidad resultado del proceso y los indicadores de eficiencia; en la fase de CONTROL se evalúa la significación de la mejora; con la ACCIÓN se ejecutan acciones correctivas o ante la significación de la mejora, se planifica el mantenimiento o mejoras incrementales.
4. Para identificar las brechas y potenciales para la mejora en el control del proceso en la fase de PLANIFICAR, se desarrolla un procedimiento específico que evalúa los procesos por etapas, realiza el estudio estadístico de las variables y se determinan, a través del Análisis Modal de Variaciones y Efectos, las áreas críticas en términos de los efectos de una variación no deseada, con la definición de las Características Clave de Producto, por el impacto en la seguridad alimentaria, costo final, conformidad con los requisitos funcionales.

CAPÍTULO 3. MEJORAS EN EL CONTROL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MIXTA «ALIMENTOS RÍO ZAZA», PLANTA SANCTI SPÍRITUS

3.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo aplicar los procedimientos diseñados para mejorar el control del proceso en la Empresa Mixta «Alimentos Río Zaza», planta Sancti Spíritus, en un escenario seleccionado.

3.2 Mejoras en el control del proceso en un escenario seleccionado

FASE DE PLANIFICACIÓN

3.2.1 Caracterización y definición del escenario

Alimentos Río Zaza S.A. es una empresa mixta, creada el 23 de enero del año 2001, tiene como objeto social la producción, comercialización y distribución mayorista de productos alimenticios, en envases de larga vida con destino al mercado normado y al mercado en moneda libremente convertible.

Alimentos Río Zaza S.A., con domicilio legal en Calle 216 A. # 1506 e/ 15 y 17 Siboney, Playa Ciudad de la Habana; cuenta con dos plantas productoras, una en el municipio Jagüey Grande en la provincia de Matanzas y la otra planta en Sancti Spíritus, en la provincia del mismo nombre.

Organismo de la administración central del estado a la que pertenece: MINAL Unión de Empresas: CORALSA

La Planta Sancti Spíritus se encuentra ubicada en Carretera a Zaza Km1, rodeada a la derecha con la Empresa de Conservas de Vegetales y a la izquierda con la Empresa de Productos Lácteos Río Zaza.

Dentro de la gama de producciones desarrolladas en la Planta Sancti Spíritus, se encuentran:

- Productos lácteos (Leche Entera marcas DEI, BESO y Leche Evaporada).
- Productos de frutas y vegetales (Productos del tomate, Purés de frutas, jugos y néctares de diferentes sabores).

La estructura organizativa de la planta es plana (anexo 9) cada jefe se subordina directamente al jefe de planta, lo que indica que está estructurado por funciones y no por procesos.

Fortalezas:

1. La Empresa posee una imagen favorable desde sus inicios.
2. Utiliza tecnología de fabricación y envasado de avanzada.
3. Posee una amplia cantera de productos que cubre varios sectores del mercado.
4. La empresa es líder en la comercialización de algunos productos.
5. Se cuenta con herramientas estadísticas e informáticas para el tratamiento de los inventarios.
6. La entidad ha incrementado su capacidad productiva y de almacenamiento.

Debilidades:

1. La empresa no cuenta con una logística capaz de llegar a todos los clientes.
2. La empresa no cuenta con sistema de gestión de la calidad certificado.

La selección del escenario está basada en dos criterios, fundamentalmente; en el comportamiento productivo de la planta durante los últimos 5 años, los cuales se muestra en la figura 3.1 y en el comportamiento de los indicadores de consumo del año 2011.

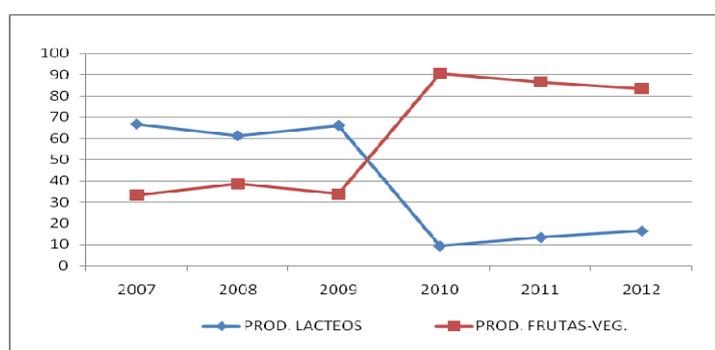


Figura 3.1. Comportamiento productivo por tipo de producto.

Como se aprecia en el gráfico 3.1 hasta el año 2009 los mayores volúmenes de producción estaban centrados en las producciones lácteas, con un peso importante en ellas la Leche Evaporada NELA, con destino a la canasta familiar que llegaron a alcanzar cifras record de 2000 toneladas mensuales del producto; y en menor medida, los productos de frutas y vegetales con destino a la venta en divisa como son los productos del tomate, jugos, néctares y purés de frutas. A partir del 2010 el escenario se invierte como consecuencia del alto costo, en el mercado internacional, de la Leche en Polvo, con valores que llegaron a alcanzar los 5400 USD/t, lo cual obliga al país a suspender la producción de Leche

Evaporada NELA destinada al mercado normado. En la actualidad los mayores volúmenes de producción se verifican en los productos de frutas y vegetales, por lo que es aquí donde se verifican, también, las mayores afectaciones de calidad en el producto terminado y los mayores consumos de materias primas y materiales.

Al realizar un análisis de las pérdidas de producción en el año 2011, se detecta que las mayores pérdidas de producto se encuentran en los productos de frutas y vegetales, corresponde a un 74,07%, como se observa en la figura 3.2. La especificación por la cual se rige la empresa, es obtener porcentos de pérdida de producto menores del 3,5 %. Nunca se tiene en cuenta el comportamiento del parámetro en el tiempo, para saber la variabilidad con la que el mismo se manifiesta.

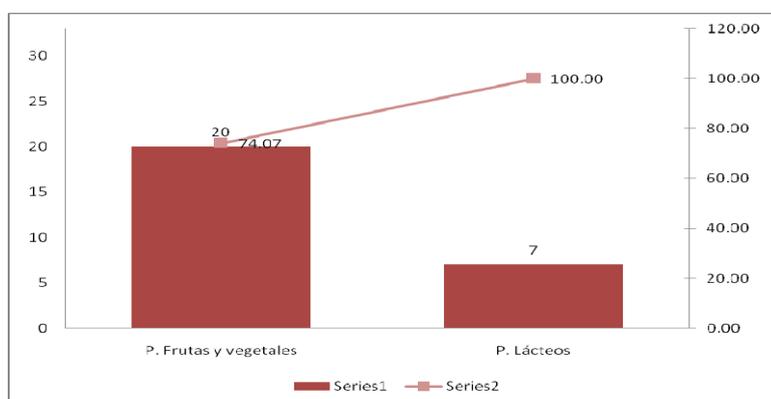


Figura 3.2 Comportamiento de las pérdidas de producto durante el año 2011

En la figura 3.3 se representa un histograma donde se evalúa la situación en el año 2011. Resultando que más del 50 % de las veces, el porcentaje de pérdidas en los productos de frutas y vegetales, estuvo por encima de la especificación.

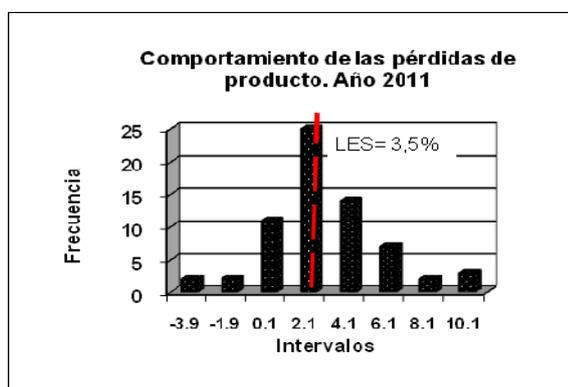


Figura 3.3 Comportamiento del porciento de pérdidas de productos frutas y vegetales.

Por las razones expuestas, se decide aplicar los procedimientos diseñados para la mejora del control del proceso en el escenario: *el proceso productivo de los productos de frutas y vegetales*.

3.2.2 Identificación de brechas y potenciales de mejora

Paso 1. Identificación y análisis de los procesos por etapas

El proceso de producción de productos de frutas y vegetales comprende la elaboración de:

- Productos del tomate (Purés naturales y Condimentados)
- Jugos y Néctares.
- Purés de frutas.

A partir de pulpas concentradas, con adición de agua, azúcar o sal, y aditivos alimentarios permitidos. Sometidos a un proceso térmico que asegura su conservación y envasados, herméticamente. A continuación se muestran los diagramas de flujos. Figuras 3.4 y 3.5

La descripción de las etapas del proceso con los parámetros establecidos se encuentra en el anexo 10. Las especificaciones de las variables de entrada (materias primas y servicios) y variables de proceso se encuentran en el anexo 11. Especificaciones del producto terminado en el anexo 12

Paso 2. Revisión y análisis estadísticos de las variables

Los resultados de la revisión del comportamiento de las variables aparecen en el anexo 13. Las variables de proceso, como son: temperatura de esterilización, temperaturas de enfriamiento, presiones de vapor y parámetros en el deaerador no mostraron desviaciones de la norma, se mantienen estables durante el proceso ya que son controladas automáticamente por programas computacionales. Las características físico- químicas de los productos del tomate son las que presentan, en muchos de los casos, desviaciones de la norma, son la consistencia o viscosidad aparente y la acidez, las características físico-químicas de mayor variabilidad en el proceso, como se muestra en el diagrama de Pareto de la figura 3.6.

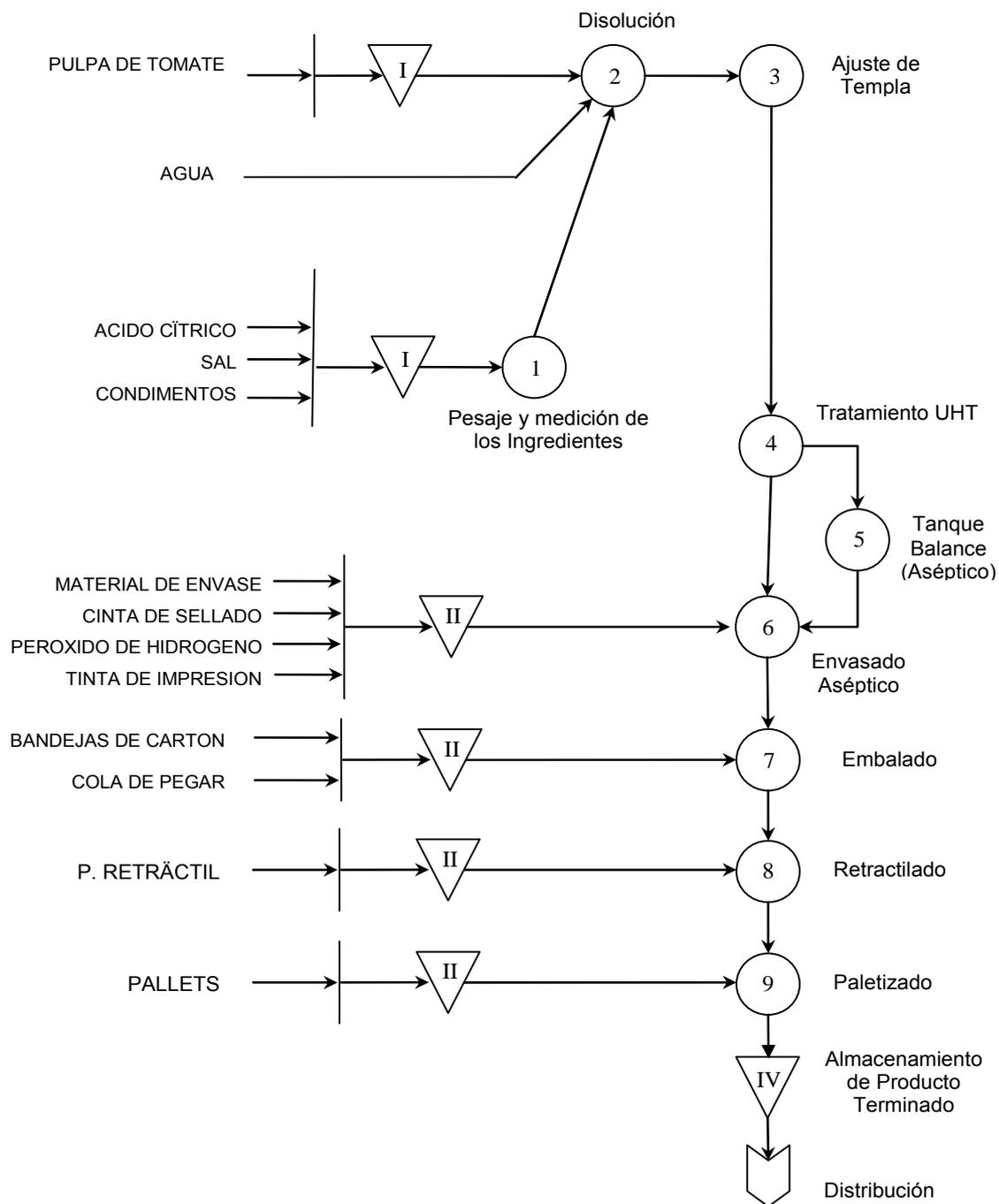


Figura 3.4 Diagrama de flujo. Proceso productos del tomate.

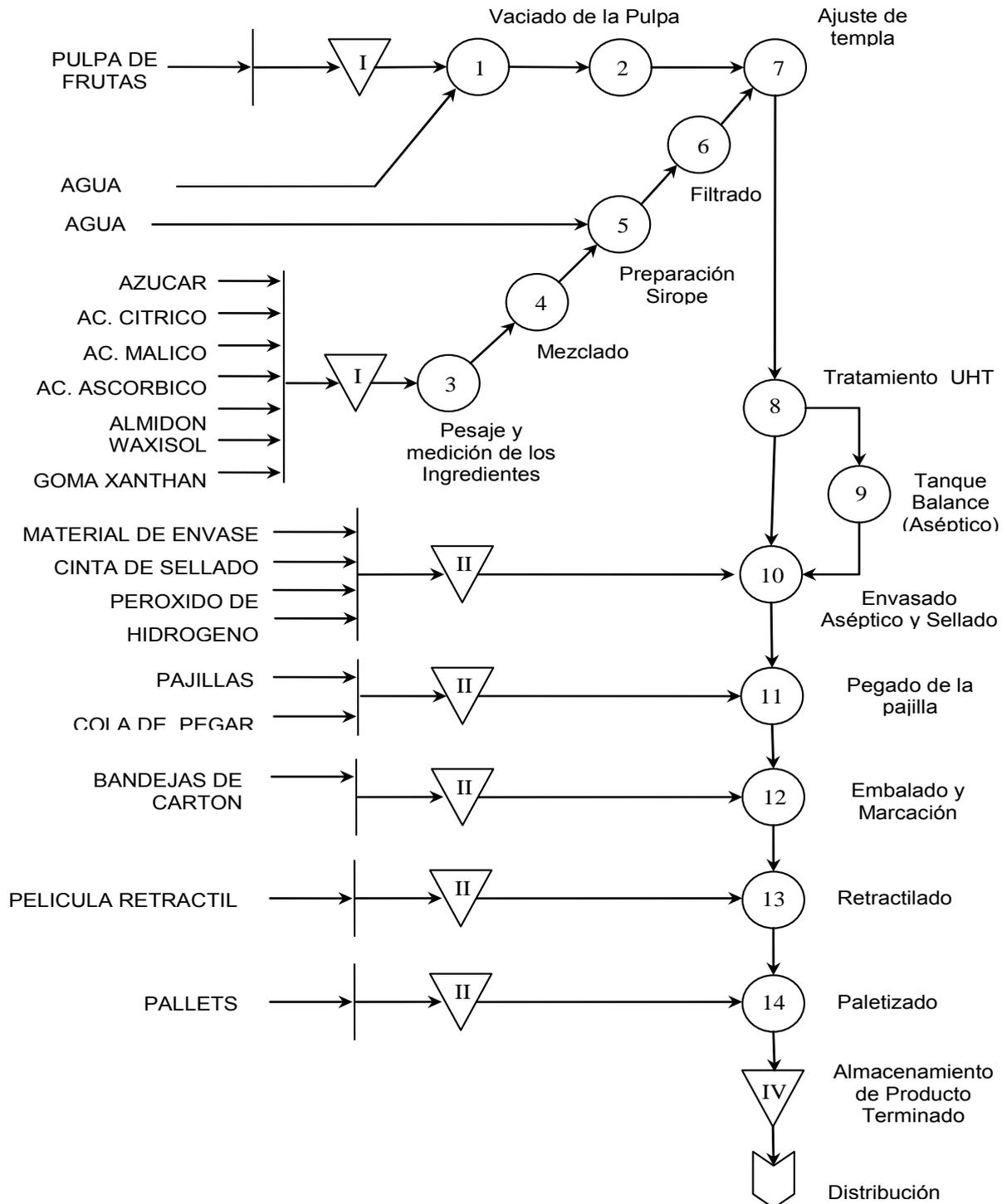


Figura 3.5 Diagrama de flujo. Purés de frutas, jugos y néctares

Las evaluaciones sensoriales realizadas a los productos del tomate, en las cuales se determinan las características organolépticas, como son: aspecto, sabor, olor y textura mostraron las puntuaciones afectadas; principalmente en el sabor y la textura en los atributos: balance ácido- salino y en la viscosidad aparente, respectivamente. Resultados que demuestran la necesidad de trabajar sobre estas características.

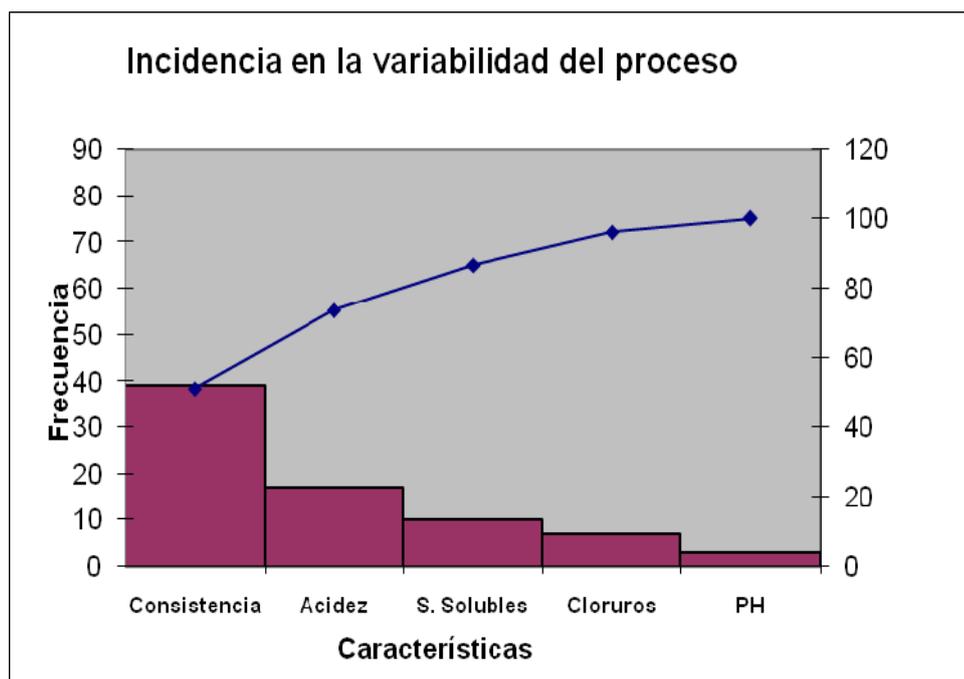


Figura 3.6. Prioridad de las características de calidad físico- química, a partir de la incidencia en la variabilidad del proceso.

Las determinaciones de la consistencia y acidez a 27 lotes, producidos a partir de pulpas de diferentes orígenes (resultados en anexo 14); permitieron realizar el análisis del comportamiento del proceso con la utilización de Gráficos de Control (\bar{X}_m - R_m), para evaluar la estabilidad (figuras 3.7 y 3.8). El proceso muestra un comportamiento errático para ambas características, con puntos fuera de los límites de control en la consistencia; adherencia sobre el límite superior y al límite inferior, para la acidez, con una alta variabilidad, aunque dentro de los límites de control, como se aprecia en las figuras 3.7 y 3.8, en los R_m .

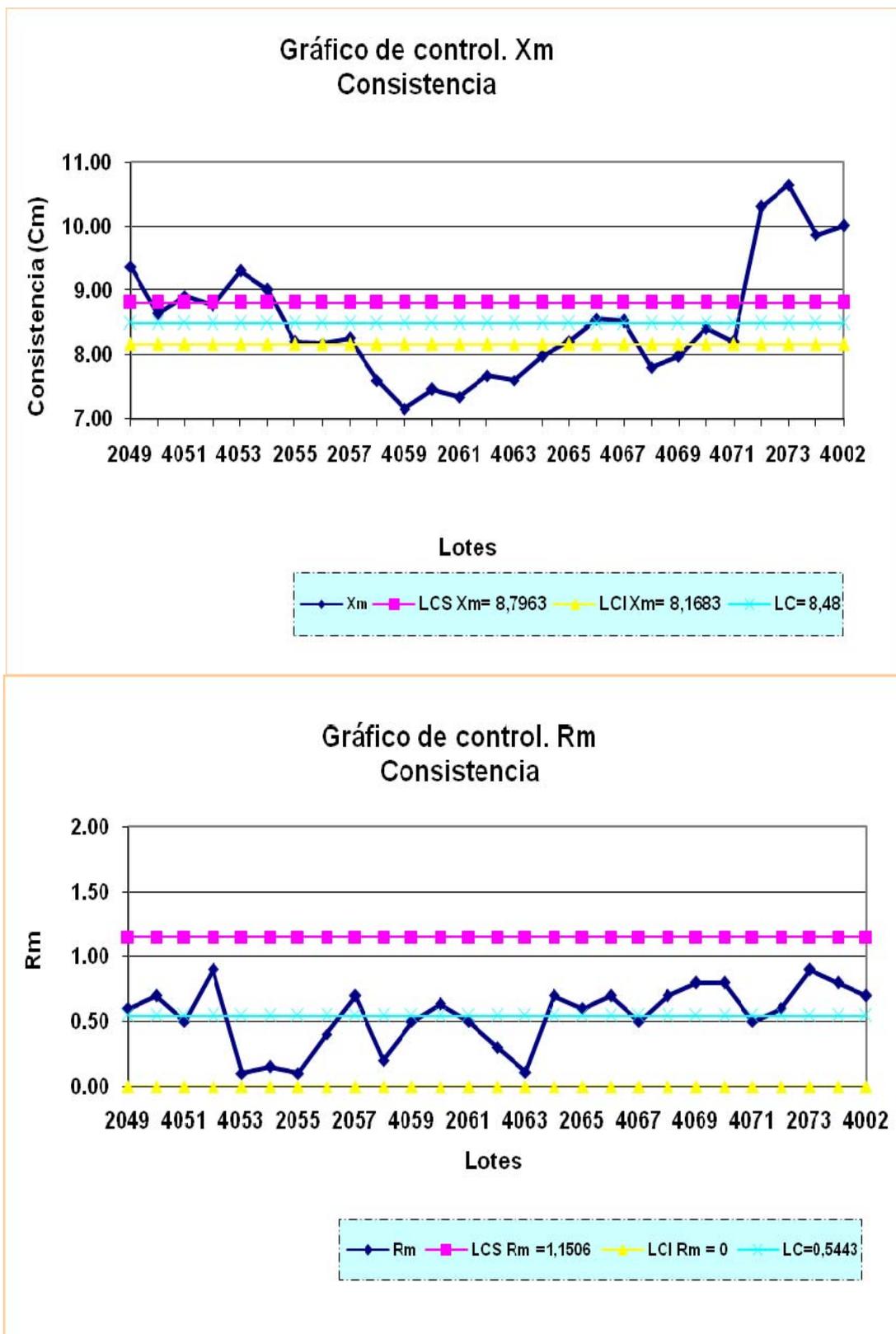


Figura 3.7. Comportamiento del proceso (X_m - R_m). Característica consistencia.

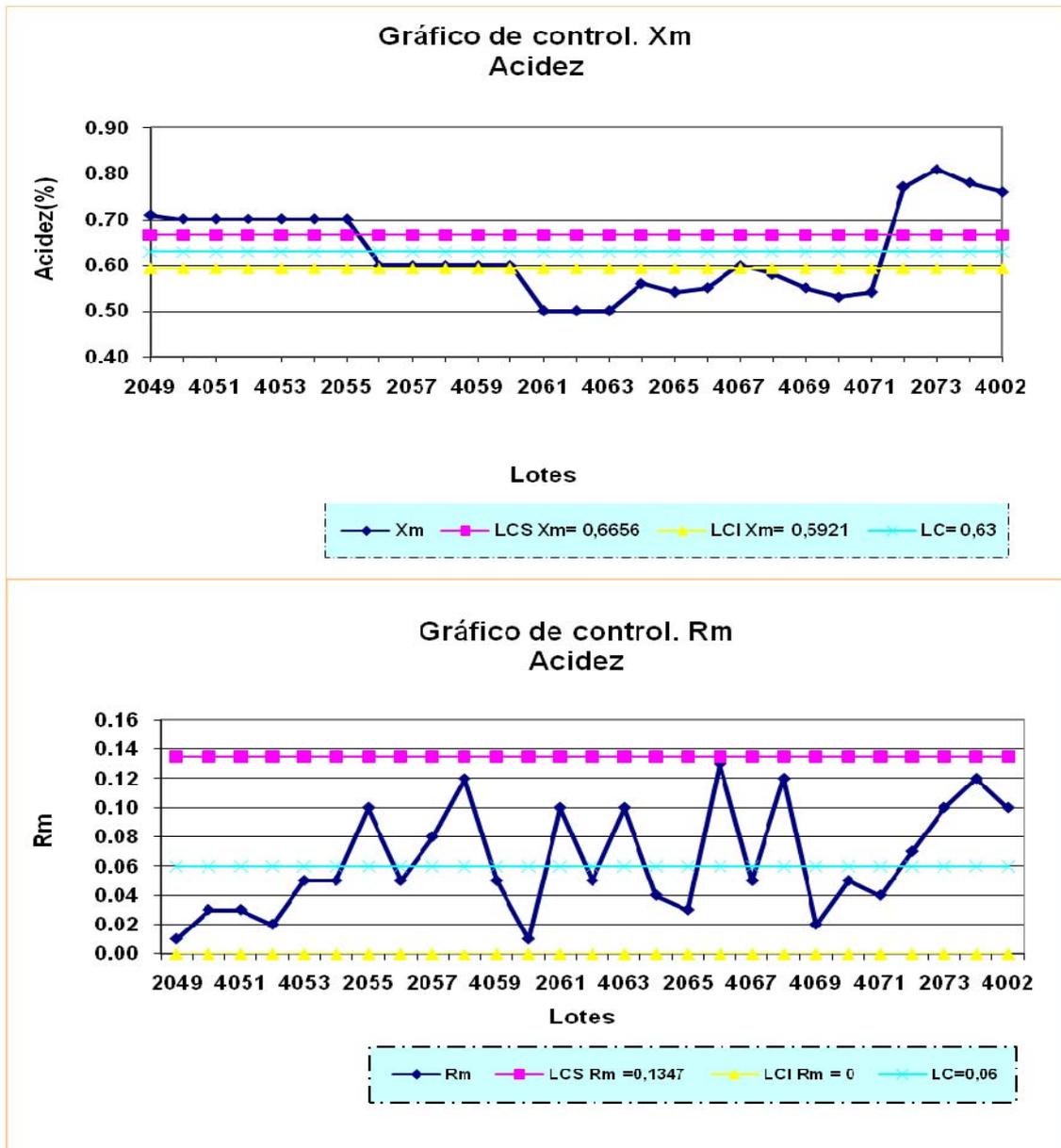


Figura 3.8. Comportamiento del proceso (Xm- Rm). Característica acidez.

Paso 3. Identificación de las causas de inestabilidad de los procesos

Las causas de inestabilidad en las características de calidad de los productos del tomate se observan en los resultados del estudio de VMEA, en el cual se determinó; con 7 expertos seleccionados por la calificación técnica y la experiencia por más de 15 años en el trabajo en la industria, la ponderación se realizó por el Método Delphi, para un coeficiente de Kendall de $W=0.735$ (ver anexo 15), como KPC a la consistencia o viscosidad aparente y a

la acidez, y como sub- KPC a los métodos utilizados, las pulpas de tomate utilizadas, las malas prácticas de elaboración y el deficiente mezclado y homogenización. Lo cual se observa en los diagramas causa- efecto de la figura 3.9. En la tabla 3.1 se realiza una descripción de las incidencias de las sub-KPC sobre la KPC.

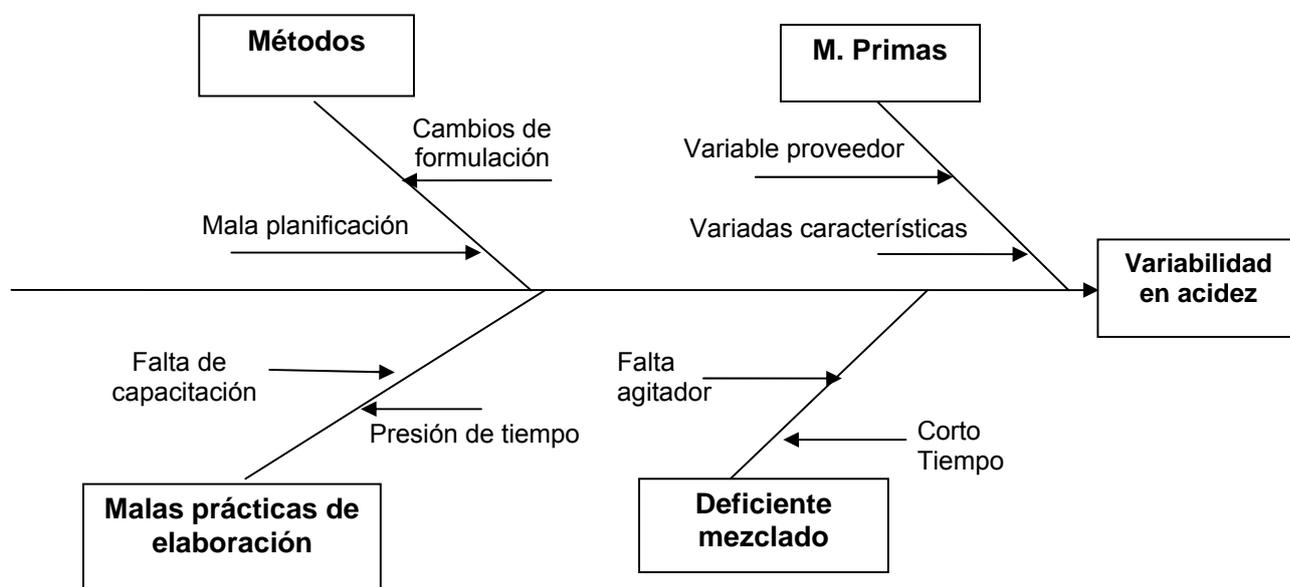
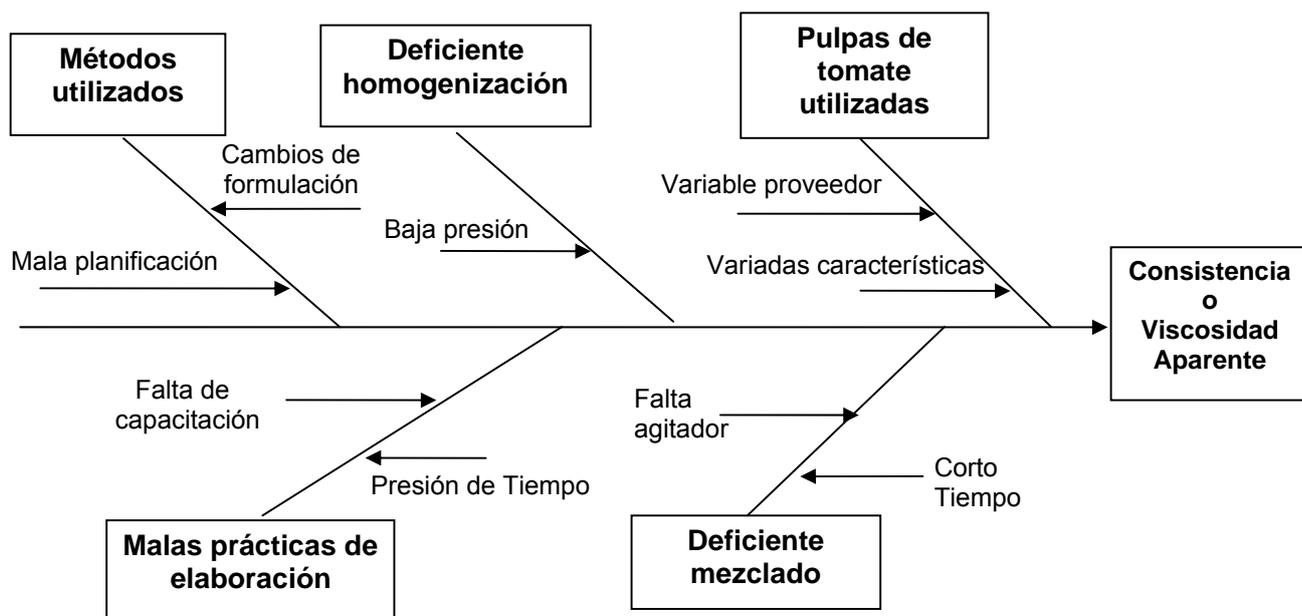


Figura 3.9 Diagramas causa-efecto para la variabilidad en las características de calidad de los productos del tomate

Tabla. 3.1 Sub- KPC para la KPC	
Sub-KPC	Descripción
Métodos utilizados para la elaboración del producto	Las formulaciones utilizadas están en correspondencia con la disponibilidad de materias primas existente en la planta, esto es un factor importante que incide en la variabilidad.
Pulpas de tomate utilizadas en la formulación del producto	La inestabilidad (origen y calidad) de las pulpas, es una causa fundamental en la variabilidad de las características, ya que se utilizan pulpas importadas (generalmente chilenas de muy buena calidad) y pulpas nacionales (de calidad variable). El problema se verifica con la utilización de pulpas de tomate nacional, ya que no todas cumplen con las especificaciones de calidad requeridas, debido a la tecnología con la que se procesan en el país y a las diferentes variedades de tomate existentes. (Estas son las provenientes de la Fábrica La conchita en Pinar del Río, la pulpa de Yara, Jagüey Grande, Empresa de Conservas Sancti Spiritus y otras).
Malas prácticas de elaboración en la etapa de mezclado	El personal que labora en la etapa de mezclado, cuenta con experiencia en la actividad que desempeña, pero trabajan presionados por el tiempo, lo que provoca que en muchas ocasiones el tiempo de mezclado no sea el adecuado. Por lo que el análisis que se realiza en el laboratorio a las características físico-químicas, en ocasiones no está en correspondencia con los resultados que se esperan. Causando esta situación, que el técnico de calidad sea conservador en el momento de orientar la normalización del producto, no dando el rendimiento adecuado para el ajuste final de las características de calidad del producto,
Deficiente mezclado	Dificulta la operación la carencia de uno de los agitadores en la etapa de mezclado, factor fundamental en la variabilidad de las características de calidad del producto.
Deficiente homogenización	Una baja presión de homogenización puede afectar la viscosidad aparente del producto.

El resultado final de la aplicación de VMEA, a partir de los cálculos de la sensibilidad de la KPC respecto a la sub- KPC y de las sub- KPC respecto a los NF, además del tamaño de la variación de cada ruido; se resumen en la tabla 3.2.

Tabla.3.2 Resumen aplicación VMEA. Características de calidad.

KPC	Sub-KPC	Sensibilidad KPC a Sub- KPC	NF	Sensibilidad Sub-KPC a NF	Tamaño Variación NF	VRPN (NF)	VRPN (Sub-KPC)
viscosidad aparente y acidez	Métodos utilizados para la elaboración del producto	9	Cambios de formulación	9	4	104976	118098
			Mala planificación	9	2	13122	
	Pulpas de tomate en formulación del producto	10	Variable proveedor	10	2	40000	80000
			Variadas características	10	2	40000	
	Malas prácticas de elaboración en la etapa de mezclado	5	Falta de capacitación	7	3	11025	16650
			Presión de tiempo	5	3	5625	
	Deficiente mezclado	3	Falta de agitador	6	5	8100	9396
			Corto tiempo	6	2	1296	
	Deficiente homogenización	2	Baja presión homogenización	3	2	72	72

Como resultado final de la sesión de VMEA, se muestra la contribución relativa de cada sub-KPC y de cada NF en diagrama Pareto (Figuras 3.10 y 3.11). Estas representaciones gráficas demuestran que los métodos utilizados para la elaboración del producto (sub- KPC) y los cambios de formulación acordes con la disponibilidad de pulpas en planta (NF), son las que contribuyen más a la variabilidad de las características de calidad (consistencia o viscosidad aparente y acidez) de los productos del tomate. En un segundo lugar se encuentra la variabilidad de las pulpas utilizadas en la formulación (sub- KPC), debido a las variadas características de calidad de ellas, en correspondencia con el proveedor del cual provienen (NF). Es por estas razones que los esfuerzos de mejora están centrados en estas áreas. Se puede observar que existen otras sub-KPC y NF que su contribución relativa sobre las KPC no fueron significativas, pero tienen incidencia directa y desfavorable en los índices de consumo de los productos de frutas y vegetales; por ende, en la eficiencia del proceso, por lo que se procedió a realizar el estudio VMEA, tomando como KPC el porcentaje de pérdidas de producto.

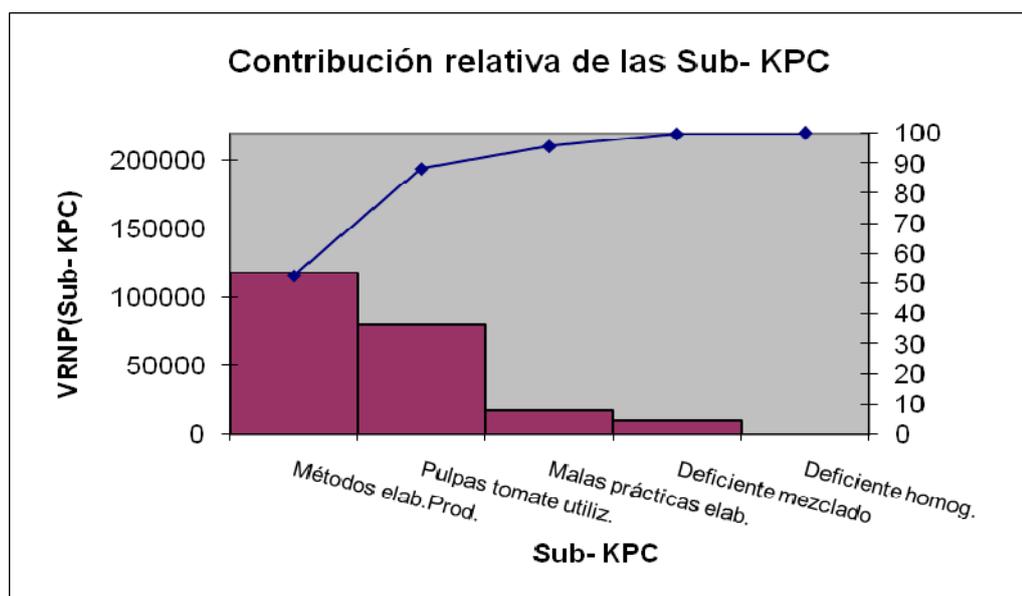


Figura 3.10 Contribución relativa de las sub- KPC, para las características de calidad del producto.

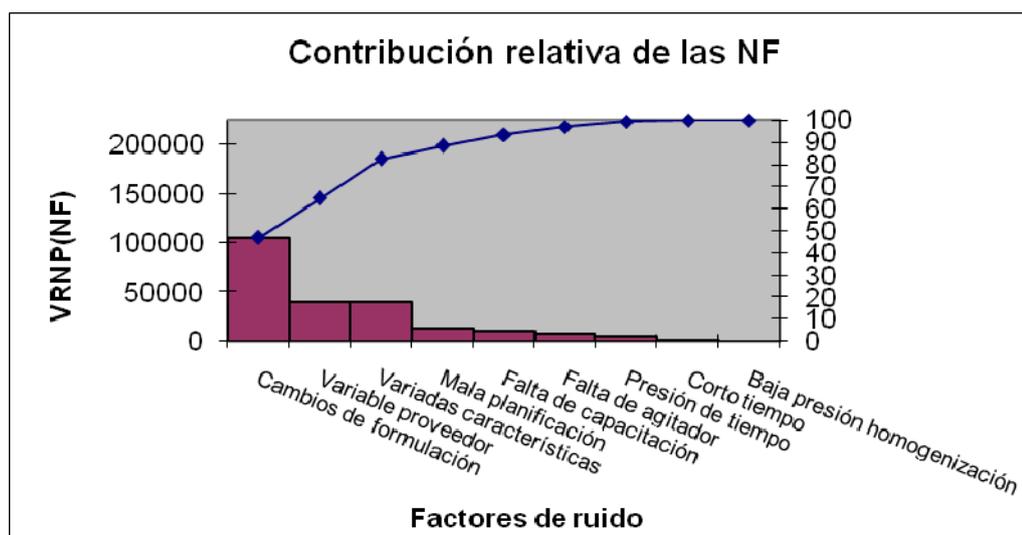


Figura 3.11 Contribución relativa de los NF, para las características de calidad del producto.

El desglose de las sub- KPC y los NF, para la KPC: porcentaje de pérdidas de producto se observa en el diagrama causa- efecto de la figura 3.12. Las sub-KPC son los métodos utilizados en la elaboración del producto, la variedad de pulpas utilizadas de diferentes proveedores y de variada características de calidad, las malas prácticas de elaboración, el incumplimiento de los mantenimientos planificados y el deficiente mezclado. En la tabla 3.3 se hace la descripción de las sub-KPC que no aparecen en el estudio VMEA anterior

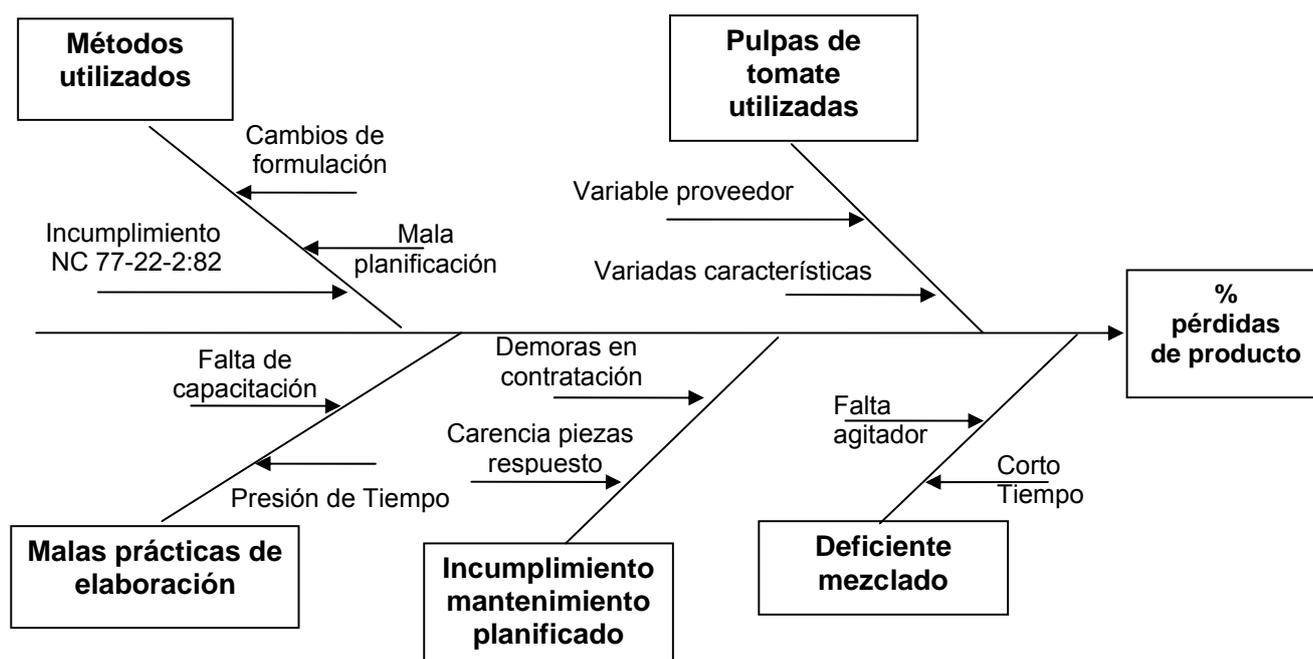


Figura 3.12 Diagrama causa-efecto para la variabilidad en pérdidas de producto durante el proceso

Tabla. 3.3 Sub- KPC para la KPC

Sub-KPC	Descripción
Métodos utilizados para la elaboración del producto	No se aplica la norma cubana NC 77-22-2:82 Determinación de la masa neta. Se utiliza en su lugar la determinación volumétrica, utilizando una probeta graduada correspondiente al formato que se evalúa, 200 ml, 500ml y 1000ml. ♦ La viscosidad provoca que el producto quede adherido a las paredes del recipiente y aunque se evacúa la mayor cantidad posible, el resultado no refleja lo que realmente contiene. ♦ Los sólidos solubles tienen una relación directamente proporcional a la densidad del producto, quiere decir que para un mismo volumen con diferente contenido de sólido, su masa neta es totalmente diferente. Lo que provoca que, generalmente, el producto se envase con el peso neto alto, elevando esto el por ciento de pérdidas del producto.
Pulpas de tomate utilizadas en la formulación del producto	La inestabilidad (origen y calidad) de las pulpas, es una causa fundamental en la variabilidad de las característica y en la variabilidad del por ciento de pérdidas de producto
Malas prácticas de elaboración en la etapa de mezclado	Aspecto fundamental en la variabilidad del por ciento de pérdidas de producto.
Deficiente mezclado	Aspecto fundamental en la variabilidad del por ciento de pérdidas de producto.
Incumplimiento del mantenimiento planif.	El mal funcionamiento de los equipos, fundamentalmente de las máquinas llenadoras provoca grandes pérdidas de producto.

En la tabla 3.4 se resumen los resultados del estudio VMEA para el porcentaje de pérdidas de producto.

Tabla.3.4 Resumen aplicación VMEA. Porcentaje pérdidas de producto.							
KPC	Sub-KPC	Sensibilidad KPC a Sub- KPC	NF	Sensibilidad Sub-KPC a NF	Tamaño Variación NF	VRPN (NF)	VRPN (Sub-KPC)
% pérdidas de producto	Métodos utilizados para la elaboración del producto	9	Cambios de formulación	7	4	63504	208980
			Mala planificación	7	2	15876	
			Incumplimiento NC 77-22-2:82	10	4	129600	
	Pulpas de tomate en formulación del producto	6	Variable proveedor	7	2	7056	14112
			Variadas características	7	2	7056	
	Malas prácticas de elaboración en la etapa de mezclado	10	Falta de capacitación	10	5	250000	282400
			Presión de tiempo	6	3	32400	
	Deficiente mezclado	9	Falta de agitador	8	2	20736	46980
			Corto tiempo	6	3	26244	
	Incumplimiento de los mantenimientos planificados	7	Demoras en contratación	9	4	63504	71442
Carencia de piezas de repuesto			9	2	7938		

Evaluando la contribución relativa de cada sub- KPC y de cada NF en diagrama Pareto (Figuras 3.13 y 3.14), se observa que las malas prácticas de elaboración y los métodos de elaboración del producto (sub- KPC) son los más contribuyentes a la variabilidad del porcentaje de pérdidas, por la falta de capacitación del personal y el incumplimiento de la NC 77-22-2:82 de determinación de masa neta (NF), respectivamente. Por lo que es necesario trabajar en estas áreas para mejorar la eficiencia del proceso.

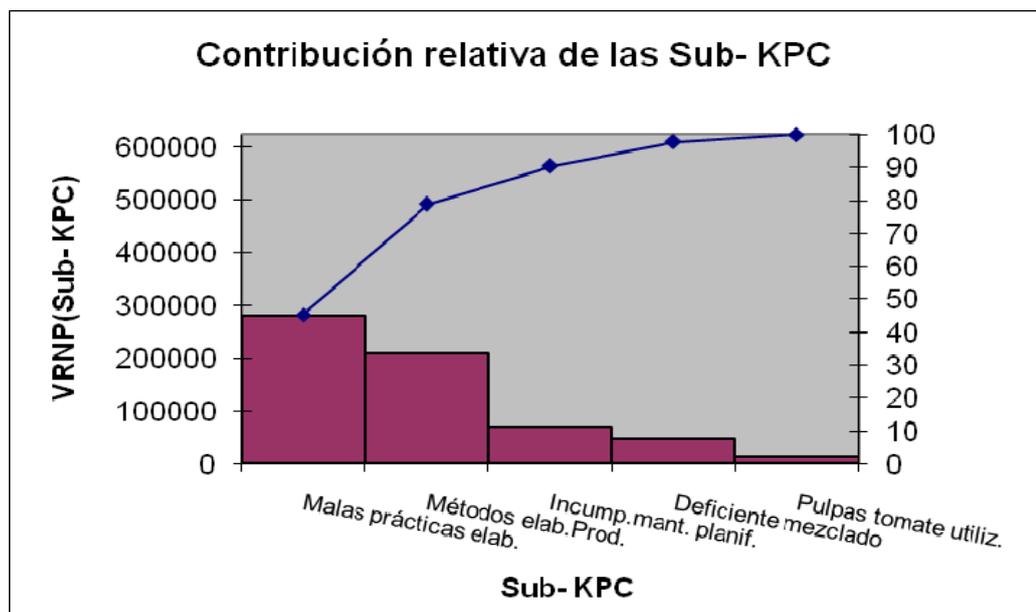


Figura 3.13 Contribución relativa de las sub- KPC para el porcentaje de pérdidas de producto.

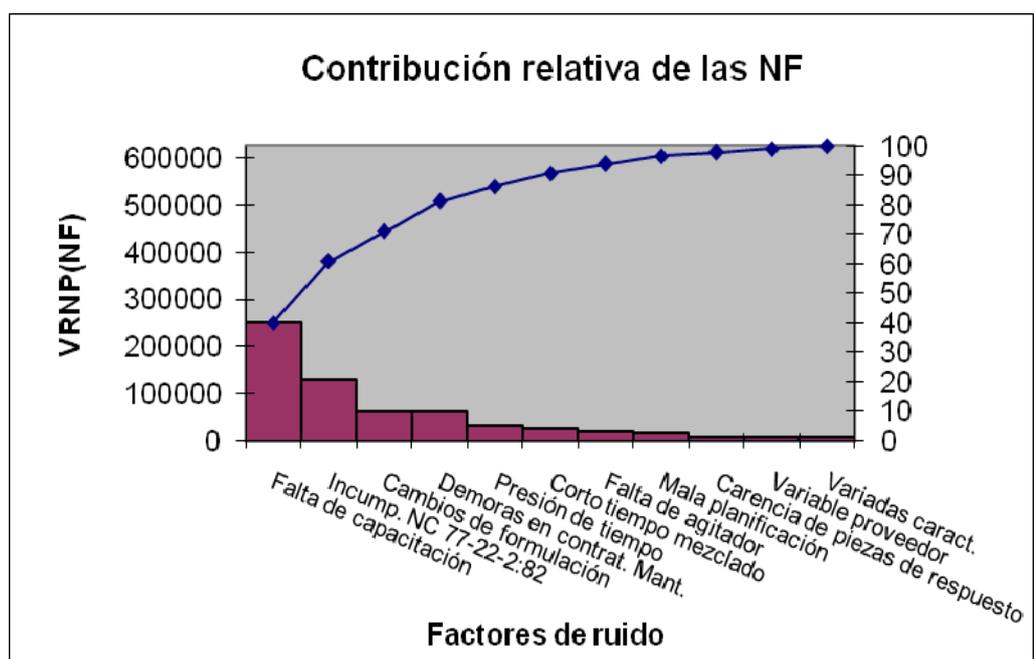


Figura 3.14 Contribución relativa de los NF para el porcentaje de pérdidas de producto.

Paso 4. Definición de los problemas de calidad del producto

Con la utilización de pulpas de tomate nacional, en los productos del tomate, se experimenta deterioro en los requisitos de la calidad, por la alta variabilidad en las características físico-

químicos del producto. Por esta situación se incumplen los requisitos en las características de calidad, que se establecen como norma de empresa, y en consecuencia la insatisfacción de los clientes.

La ficha de costo del producto establece utilizar el 27,8 % de pulpa de tomate a 30 °Bx (Fórmula 1. Anexo 16). Para minimizar los efectos negativos, que sobre las características físico- químicas del puré, producen diversas pulpas concentradas de tomate, como primera alternativa, se incrementó el porcentaje de pulpa a añadir en la fórmula hasta un 31% y un 1% de pectina (Fórmula 2. Anexo 17). Esto, por supuesto, resuelve parcialmente el problema de la baja viscosidad, pero aumenta considerablemente la acidez, los sólidos solubles y el costo del producto.

En las tablas 3.5 y 3.6 se reflejan los resultados del cálculo de la Función de Pérdida para las características de consistencia o viscosidad aparente y acidez en los productos del tomate para cuando se utilizan ambas fórmulas. Valores que se establecen, en la investigación, como indicadores de mejora de la eficiencia del proceso.

Tabla. 3.5 Resultados del cálculo de la Función de Pérdida para la característica consistencia o viscosidad aparente

Fórmula	Formato del envase (ml)	A (USD/u)	D	K	y	m	L(y) (USD/u)
1	500	0,437	2	0,1092	8,48	9	0,029
	1000	0,832	2	0,2080	8,48	9	0,056
2	500	0,533	2	0,1332	8,48	9	0,036
	1000	1,025	2	0,2563	8,48	9	0,069

Tabla. 3.6 Resultados del cálculo de la Función de Pérdida para la característica acidez

Fórmula	Formato del envase (ml)	A (USD/u)	D	K	y	m	L(y) (USD/u)
1	500	0,437	0,10	43,7	0,63	0,55	0,279
	1000	0,832	0,10	83,2	0,63	0,55	0,532
2	500	0,533	0,10	53,3	0,63	0,55	0,341
	1000	1,025	0,10	102,5	0,63	0,55	0,656

Paso 5. Proponer potenciales de mejora de la calidad.

El control de proceso, que actualmente se realiza en la planta, no garantiza de forma de correcta la estabilidad de las características de calidad del producto, ni la eficiencia del proceso. Resultan estas las razones, por las que se hace necesario robustecer el proceso, para reducir variabilidad, costos y mejorar la calidad de los productos.

Para lograr estabilidad en las características de calidad de los productos del tomate:

A partir de los resultados del análisis de proceso, se establece el control de la calidad on line, que define la reformulación del puré para lograr la uniformidad de sus características de calidad y por tanto reducir la significación de la variabilidad en el proceso, garantía para obtener productos con valores cercanos al valor nominal; para ello se proponen potenciales de mejora:

- Desarrollar a escala de laboratorio, formulaciones a partir de mezclas de pulpas, para determinar las cantidades óptimas a utilizar en la formulación, respetando la cantidad de pulpa total, que se establece en la ficha de costo y teniendo en cuenta el valor de la consistencia y la acidez de cada una de las pulpas a utilizar.
- Realizar producciones a escala industrial a partir de las formulas desarrolladas.

Para mejorar la eficiencia del proceso de frutas y vegetales:

- Capacitar al personal técnico y operadores de equipos en la importancia del control del proceso para elevar calidad y eficiencia.
- Aplicar la NC 77-22-2:82 Determinación de la masa neta en el control de envasado de los productos de frutas y vegetales.
- Colocar agitador en los tanques pesas del área de fabricación.

Fase de HACER

3.2.3 Ejecución de la mejora

Para la ejecución de la mejora se realizan planes de acción, consistente en:

- Plan de acción para la mejora en la estabilidad de las características físico- químicas de los productos del tomate. (Tabla 3.7)

Diseño experimental

Para cumplimentar la actividad N° 1 se realiza diseño experimental de mezclas binarias. Se utilizan pulpas de tomate de 4 proveedores.

Tabla 3.7 Plan de acción para mejora de la estabilidad de las características de calidad de los productos del tomate			
Nº	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	F.CUMPLIMIENTO
1	Desarrollar a escala de laboratorio, formulaciones a partir de mezclas de pulpas.(DOE)	Especialista producción Especialista calidad	Diciembre 2011
2	Realizar producciones a escala industrial a partir de las fórmulas desarrolladas.	Administración	Enero 2012
3	Evaluar analíticamente el comportamiento de las variables resultado. Registro de los resultados en el tiempo.	Especialista producción Especialista calidad	Febrero 2012
4	Tratamiento estadístico de los resultados.	Especialista calidad	Febrero 2012
5	Realización de reunión de análisis y discusión de los resultados.	Administración	Febrero 2012
6	Proponer medidas de acción correctivas a la administración	Especialista producción Especialista calidad	Febrero 2012
7	Verificación de la eficacia de las medidas adoptadas	Especialista producción Especialista calidad	Noviembre 2012

Planteamiento del problema: Buscar mezclas adecuadas de pulpa para formular el puré de tomate Doña Tina.

Objetivos:

- Encontrar la relación de cantidades adecuadas a añadir de cada pulpa en la mezcla, que favorezcan las características viscosidad y acidez del producto.
- Determinar el efecto de cada componente (tipo de pulpa de tomate) en la mezcla, que reduzca la variabilidad de las características consistencia o viscosidad aparente y acidez

Hipótesis: Mezclas óptimas de pulpa = viscosidad y acidez cercanos al valor nominal

Factores

X1: AGROSSI Chile

X2: Empresa de conservas vegetales Sancti Spíritus (ECVSS)

X3: Empresa Héroes de Girón. Jagüey Grande

X4: Fábrica La Conchita. Pinar del Río

Respuestas a evaluar: Y1: Consistencia o Viscosidad aparente

Y2: Acidez

Se mezclan 2 tipos de pulpa en cada tratamiento. Las proporciones de cada componente en la mezcla, constituyen los niveles (0,6; 0,4; 0), corresponde a 60 %, 40% y 0% de sólidos solubles de pulpa de tomate, de los diferentes proveedores, en la mezcla. Se realizan 4 réplicas para cada tratamiento. En las tablas 3.8 y 3.9 se reflejan los resultados.

Como se observa, en las tablas de resultados, los mejores valores para la consistencia (valores cercanos al valor nominal: 9,0 Cm) se obtienen en los tratamientos 3 y 4 (tabla 3.8), mezclas de pulpa chilena con pulpa de Jagüey grande, para las combinaciones 0,6- 0,4 y 0,4- 0,6 de cada componente, respectivamente. Los valores cercanos al nominal (0,55%, para la acidez), se obtuvieron en los tratamientos 2, 3 y 4 (tabla 3.9), mezclas de pulpa chilena con pulpa de ECVSS en las proporciones 0,4- 0,6 y la mezcla de pulpa chilena con pulpa de Jagüey Grande en las proporciones 0,6- 0,4 y 0,4- 0,6 de cada componente. Constituyen estas, las formulaciones óptimas a utilizar en los productos del tomate.

El análisis de los resultados en la tabla respuesta (tablas 3.10 y 3.11), muestran los componentes de mayor efecto en la variabilidad de las características: consistencia y acidez; es la pulpa de AGROSSI Chile la de mejores resultados para ambas características y en segundo lugar, sólo para el caso de la consistencia, la pulpa de ECVSS. Las pulpas de Jagüey Grande y Pinar del Río, resultaron las que provocan los mayores efectos negativos sobre la respuesta.

Para la solución a la problemática detectada se estableció como requisito garantizar, siempre en planta, la disponibilidad de pulpas concentradas del vegetal del mejor proveedor (AGROSSI CHILE), para lograr la uniformidad en la mezcla. Con esta alternativa se trabaja en la actualidad, con resultados satisfactorios

Tabla 3.8 Resultados de los tratamientos para la respuesta Consistencia o Viscosidad aparente

Tabla de resultados. Consistencia o viscosidad aparente										
Tratamientos	X1	X2	X3	X4	Y11	Y12	Y13	Y14	suma	Y prom
1	0,6	0,4	0	0	8,3	8,5	8,6	8,3	33,7	8,43
2	0,4	0,6	0	0	9,1	8,8	8,9	8,7	35,5	8,88
3	0,6	0	0,4	0	8,8	9,1	9,0	8,9	35,8	8,95
4	0,4	0	0,6	0	9,2	9,3	8,9	8,7	36,1	9,03
5	0,6	0	0	0,4	9,3	9,5	9,5	9,1	37,4	9,35
6	0,4	0	0	0,6	9,5	10,2	9,7	9,3	38,7	9,68
7	0	0,6	0,4	0	9,3	10,4	9,1	9,5	38,3	9,58
8	0	0,4	0,6	0	10,1	10,2	9,5	9,8	39,6	9,90
9	0	0,6	0	0,4	9,2	9,5	9,1	9,3	37,1	9,28
10	0	0,4	0	0,6	9,9	10,3	9,8	9,6	39,6	9,90
11	0	0	0,6	0,4	9,8	10,3	10,1	10,7	40,9	10,23
12	0	0	0,4	0,6	9,9	10,5	10,7	10,0	41,1	10,28

Tabla 3.9 Resultados de los tratamientos para la respuesta Acidez

Tabla de resultados. Acidez										
Tratamientos	X1	X2	X3	X4	Y21	Y22	Y23	Y24	suma	Yprom
1	0,6	0,4	0	0	0,53	0,50	0,52	0,50	2,05	0,51
2	0,4	0,6	0	0	0,54	0,57	0,55	0,56	2,22	0,56
3	0,6	0	0,4	0	0,53	0,55	0,52	0,50	2,10	0,53
4	0,4	0	0,6	0	0,57	0,55	0,57	0,56	2,25	0,56
5	0,6	0	0	0,4	0,63	0,60	0,65	0,69	2,57	0,64
6	0,4	0	0	0,6	0,75	0,73	0,70	0,66	2,84	0,71
7	0	0,6	0,4	0	0,70	0,71	0,67	0,65	2,73	0,68
8	0	0,4	0,6	0	0,62	0,65	0,67	0,69	2,63	0,66
9	0	0,6	0	0,4	0,65	0,68	0,70	0,63	2,66	0,67
10	0	0,4	0	0,6	0,67	0,64	0,65	0,72	2,68	0,67
11	0	0	0,6	0,4	0,70	0,76	0,69	0,73	2,88	0,72
12	0	0	0,4	0,6	0,78	0,75	0,76	0,80	3,09	0,77

Tabla 3.10 Tabla de respuesta para la consistencia o viscosidad aparente

Orden Tto	No	Suma R	X1			X2			X3			X4		
			0.6	0.4	0	0.6	0.4	0	0.6	0.4	0	0.6	0.4	0
10	1	33.7	33.7				33.7				33.7			33.7
3	2	35.5		35.5		35.5					35.5			35.5
6	3	35.8	35.8					35.8		35.8				35.8
1	4	36.1		36.1				36.1	36.1					36.1
8	5	37.4	37.4					37.4			37.4		37.4	
4	6	38.7		38.7				38.7			38.7	38.7		
9	7	38.3			38.3	38.3				38.3				38.3
5	8	39.6			39.6		39.6		39.6					39.6
11	9	37.1			37.1	37.1					37.1		37.1	
12	10	39.6			39.6		39.6				39.6	39.6		
7	11	40.9			40.9			40.9	40.9				40.9	
2	12	41.1			41.1			41.1		41.1		41.1		
	Total	453.8	106.9	110.3	236.6	110.9	112.9	230	116.6	115.2	222	119.4	115.4	219
	No valores	48	12	12	24	12	12	24	12	12	24	12	12	24
	promedio	9.45	8.91	9.19	9.86	9.24	9.41	9.58	9.72	9.60	9.25	9.95	9.62	9.13
	efecto		0.95	0.67		0.34	0.18		-0.47	-0.35		-0.83	-0.49	

Tabla 3.11 Tabla de respuesta para la acidez

Orden Tto	No	Suma R	X1			X2			X3			X4		
			0.6	0.4	0	0.6	0.4	0	0.6	0.4	0	0.6	0.4	0
10	1	2.05	2.05				2.05				2.05			2.05
3	2	2.22		2.22		2.22					2.22			2.22
6	3	2.10	2.10					2.10		2.10				2.1
1	4	2.25		2.25				2.25	2.25					2.25
8	5	2.57	2.57					2.57			2.57		2.57	
4	6	2.84		2.84				2.84			2.84	2.84		
9	7	2.73			2.73	2.73				2.73				2.73
5	8	2.63			2.63		2.63		2.63					2.63
11	9	2.66			2.66	2.66					2.66		2.66	
12	10	2.68			2.68		2.68				2.68	2.68		
7	11	2.88			2.88			2.88	2.88				2.88	
2	12	3.09			3.09			3.09		3.09		3.09		
	Total	30.70	6.72	7.31	16.67	7.61	7.36	15.73	7.76	7.92	15.02	8.61	8.11	13.98
	No valores	48	12	12	24	12	12	24	12	12	24	12	12	24
	promedio	0.64	0.56	0.61	0.69	0.63	0.61	0.66	0.65	0.66	0.63	0.72	0.68	0.58
	efecto		0.13	0.09		0.02	0.04		-0.02	-0.03		-0.14	-0.09	

- Plan de acción para mejorar eficiencia del proceso. Tabla 3.12

Tabla 3.12 Plan de acción para mejora de la eficiencia del proceso de frutas y vegetales			
Nº	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	F.CUMPLIMIENTO
1	Realización de reunión de análisis, estudio y debate con técnicos, operadores y especialistas, sobre influencia del control del proceso en las pérdidas de producto con la discusión de los resultados.	Administración	Noviembre 2011
2	Colocar en el salón de envasado una balanza técnica para aplicar la NC77-22-2:82 Determinación de la masa neta	Especialista de calidad	Noviembre 2011
3	Confección de una tabla de corrección de masa neta, teniendo en cuenta % s.s.	Especialista calidad	Noviembre 2011
4	Colocar el agitador faltante en el tanque de preparación de templates.	Especialista Mantenimiento	Noviembre 2011
5	Registro de los resultados en el tiempo. Evaluar analítica y estadísticamente el comportamiento de las variables resultado.	Especialista de calidad Especialista Producción	Febrero 2012
7	Verificación de la eficacia de las medidas adoptadas	Especialista producción Especialista calidad	Noviembre 2012

Adoptadas las medidas del plan se garantiza un control eficaz de los indicadores de consumo.

3.2.4 Evaluación de indicadores de mejora

Los resultados obtenidos en las características físico- químicas y organolépticas, luego de la implementación de la mejora, que constituyen los indicadores que miden la calidad de las características del producto, se reflejan en el anexo 18. Los resultados obtenidos de los índices de consumo del año 2012, después de la mejora, que constituyen indicadores que miden la eficiencia del proceso, se reflejan en el anexo 19.

Fase de CONTROL

3.2.5 Significación de la mejora

Significación en la estabilidad de las características de calidad de los productos del tomate:

En las figuras 3.15 y 3.16, se representan los gráficos de control (\bar{X}_m , R_m) que muestran la estabilidad de las características de calidad: consistencia y acidez en los productos del tomate, obtenidas luego de implementada la mejora. Se logró un proceso bajo control estadístico con resultados estables y predecibles para ambas características. Los puntos fuera de los límites, al inicio de la implantación de la solución (figura 3.15 y 3.16: \bar{X}_m), se originaron por causas identificadas que se controlaron. El comportamiento posterior muestra una evidente estabilidad, con valores que se mueven cercanos a los nominales, establecidos para cada característica.

En el caso de la consistencia, los límites de control aumentaron (figura 3.15: \bar{X}_m), aunque es una característica del tipo «el valor nominal es mejor», esta situación es favorable para el proceso, y para marcar la diferencia entre los diferentes tipos de puré que se elaboran en la industria. En el caso de la acidez el comportamiento fue a la inversa, los límites de control y la media del proceso disminuyeron (figura 3.16: \bar{X}_m), situación que es favorable, aunque para esta característica se establece un rango de especificación bilateral, desde el punto de vista sensorial: para el cliente y económico: para la empresa, se considera del tipo «menor valor es mejor». Es significativo y también favorable en ambas características, la reducción de variabilidad que se logra en el proceso (figura 3.15 y 3.16: R_m), objetivo principal que se estableció para la realización de este trabajo, y que responde al principio del «Método de Taguchi»: al reducir la variabilidad, mejora de forma automática la calidad.

Al alcanzar la estabilidad del proceso, se obtuvo:

- para la consistencia un $C_p=1,58$, es decir el proceso es apto para cumplir las especificaciones. De este análisis es válido destacar que existen reservas de mejora en cuanto a la variabilidad que presenta el proceso para esta característica, sin embargo no es factible promover un cambio en la norma de empresa, por no resultar económico excederse en los requisitos de calidad del producto.
- en la acidez un $CP=0,73$; es decir que el proceso no es apto para cumplir con las especificaciones de la norma de empresa. Para este caso, se plantea por la literatura que es recomendable estudiar posibilidades de cambio en el diseño del producto o del proceso. Al respecto, en esta situación particular, NC 814:2011 no define valores para esta característica, solo los establece para $PH < 4,6$, por lo que es factible ampliar la tolerancia de especificación de la acidez, según los resultados del gráfico de control (figura 3.13: \bar{X}_m) y los resultados del diseño experimental, a valores entre 0,50- 0,70% de ácido cítrico (antes 0,50-

0,60). Esta tolerancia, que es totalmente permisible porque garantiza cumplir las especificaciones de PH, posibilita el logro de la aptitud del proceso con un $C_p=1,469$.

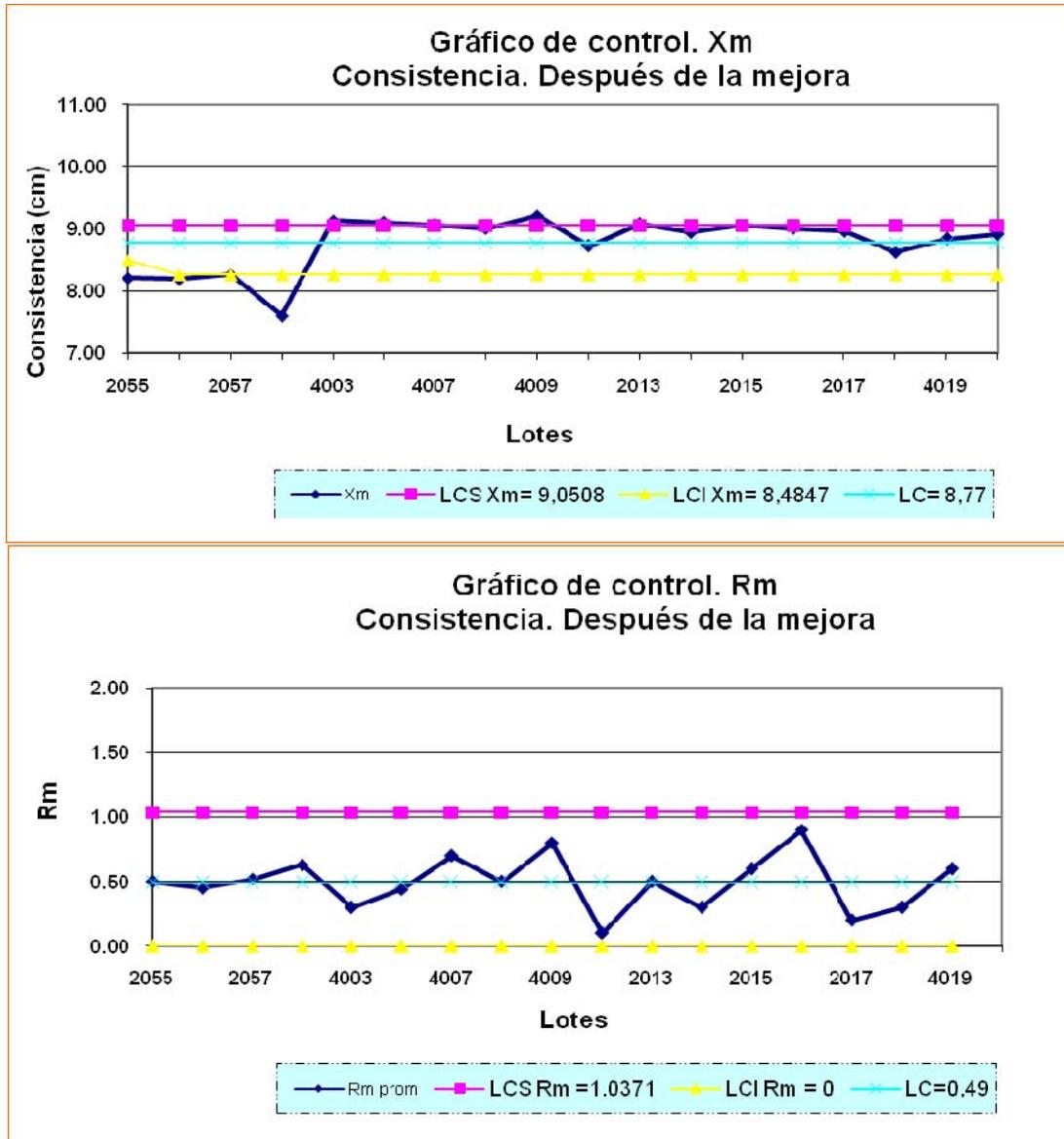


Figura 3.15. Comportamiento del proceso (Xm- Rm). Característica consistencia a partir de la mejora.

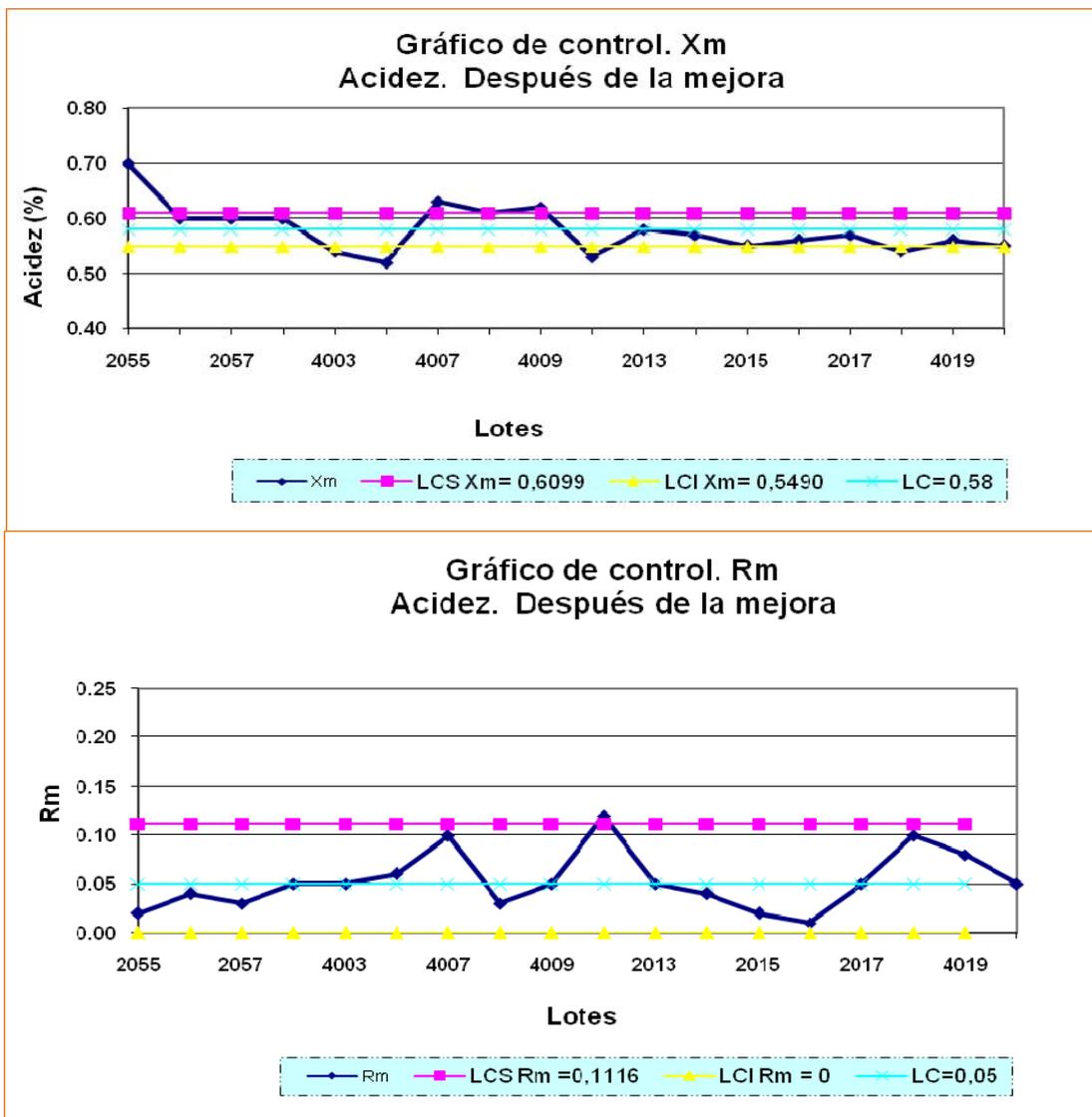


Figura 3.16. Comportamiento del proceso (Xm- Rm). Característica acidez a partir de la mejora.

En el análisis posterior a la mejora, es significativa la reducción en la variabilidad en el proceso, expresada en la disminución en la frecuencia con que se presentan valores fuera de los rangos establecidos para la consistencia o viscosidad aparente y la acidez en el producto, como se muestra en la figura 3.17, lo que evidencia la robustez del proceso a partir de la reformulación del producto con mezcla de pulpas concentradas. Los porcentajes relativos se mantuvieron similares, ya que las mejoras en la mezcla disminuyeron las no conformidades de las demás características.

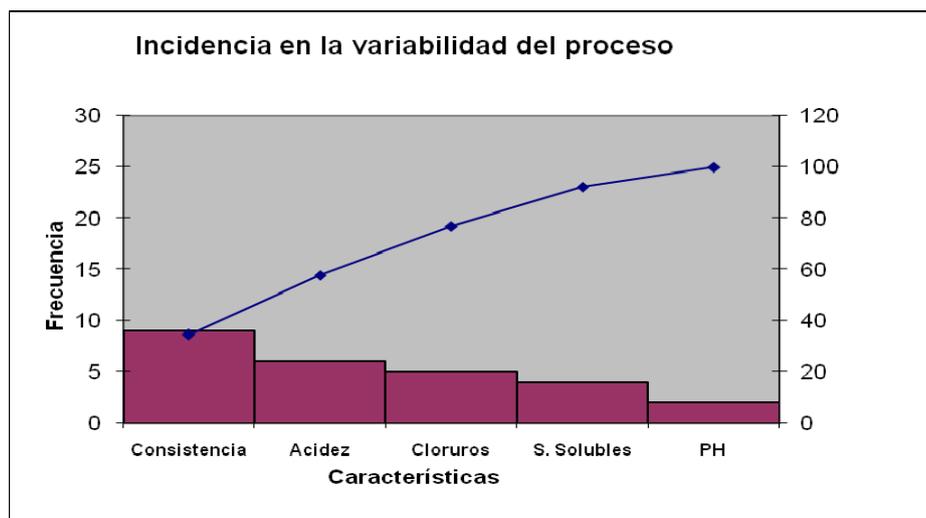


Figura 3.17. Reducción de las no conformidades de las características de calidad físico-química, a partir de la incidencia en la variabilidad, luego de robustecer el proceso.

Factibilidad económica con la robustez del proceso.

La utilización de mezclas de pulpa concentradas de tomate en la formulación, permite llevar el porcentaje de pulpa total a añadir en la fórmula a 27,8 % y eliminar el componente que incrementa el costo; la pectina, quedando definida la Fórmula 3 (anexo 20), que además mejora, en pequeña cuantía, la ficha de costo del producto (Fórmula 1), al no ser necesario el empleo de ácido cítrico. En la figura 3.18 se realiza una comparación del costo total y el margen comercial neto por fórmula de producto.

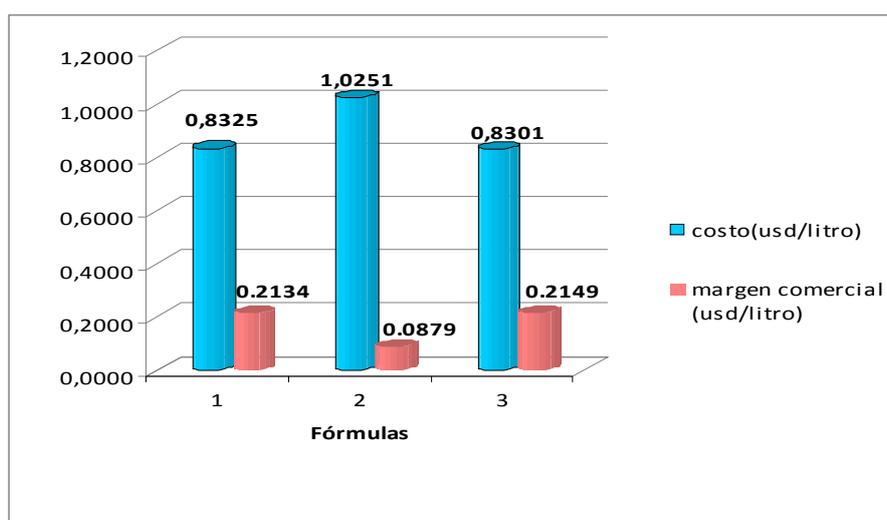


Figura 3.18. Comparación del costo total y el margen comercial neto por fórmula de producto.

Es válido aclarar, que aunque el estudio se realizó tomando como referencia el producto líder, la solución fue aplicada a otros productos del mismo vegetal que se elaboran en la planta, también con resultados similares.

Significación en la eficiencia del proceso:

La mejora en la eficiencia del proceso se observa en los histogramas de la figura 3.19 donde se compara el comportamiento de las pérdidas de productos en los años 2011 y 2012, análisis antes y después de la ejecución de las acciones de mejora en los procesos de frutas y vegetales. En el año 2011 la frecuencia de incumplimiento de la especificación estuvo en más del 50 % de las veces, luego de la implementación de la mejora, el porcentaje de pérdidas tuvo incumplimiento por encima del 3,5; sólo el 13,16 % de las veces por causas puntuales conocidas como son: niveles bajos de producción, incidencias negativas en cuanto a funcionamiento de los equipos y otras.

En cuanto al consumo de envases y cajas de embalado, los expertos determinaron la no significación de estos parámetros ya que estos se mantienen normalmente en control, las desviaciones son puntuales, conocidas y controlables, se manifiestan cuando aparecen roturas o interrupciones durante el proceso de envasado. La ejecución de la mejora no estuvo destinada a esta área.

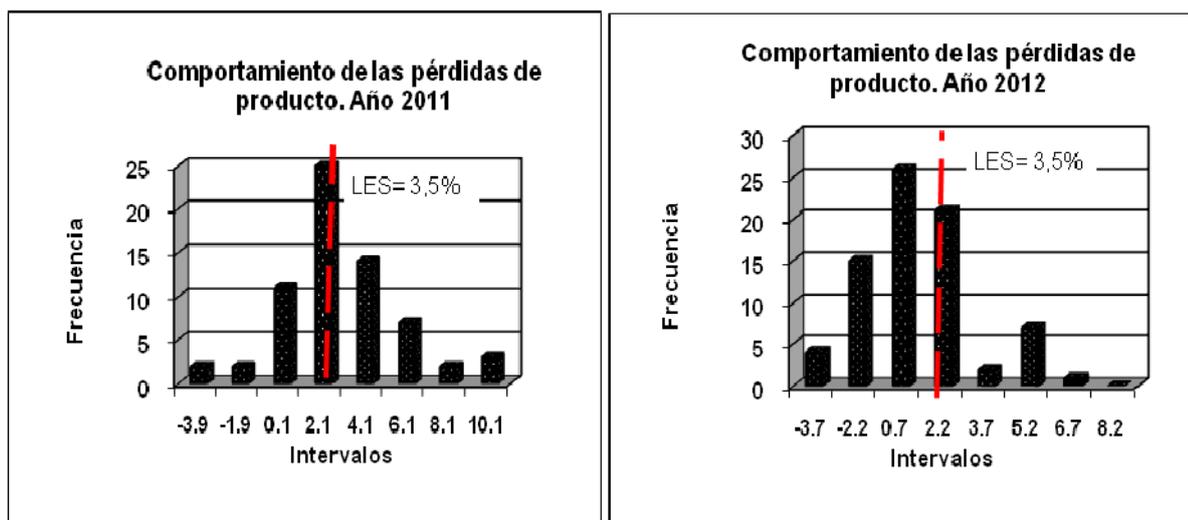


Figura 3.19 Comparación del comportamiento de las pérdidas de producto antes y después de la mejora

El cálculo de la Función de Pérdida para la consistencia y acidez, luego de ejecutada la mejora disminuyó considerablemente, lo que demuestra una disminución del costo por la no calidad del producto, en la medida que los valores de respuesta de las características se acercaron al valor nominal y con la valoración del costo de una unidad (para formatos de 500 y 1000 ml), luego de establecida la formulación con mezclas de pulpa (fórmula 3). Tablas 3.13 y 3.14. La representación gráfica de la reducción de la Función de Pérdida para las características de consistencia o viscosidad aparente y acidez, se aprecian en las figuras 3.20 y 3.21. Muestran el aumento en la eficiencia del proceso de producción de los productos del tomate y el incremento de la satisfacción del cliente.

Tabla. 3.13 Resultados del cálculo de la Función de Pérdida para la característica consistencia o viscosidad aparente, después de la mejora

Fórmula	Formato del envase (ml)	A (USD/u)	D	K	y	m	L(y) (USD/u)
1	500	0,435	2	0,1087	8,77	9	0,006
	1000	0,830	2	0,2075	8,77	9	0,001

Tabla. 3.14 Resultados del cálculo de la Función de Pérdida para la característica acidez, después de la mejora

Fórmula	Formato del envase (ml)	A (USD/u)	D	K	y	m	L(y) (USD/u)
1	500	0,435	0,1	43,5	0,58	0,55	0,039
	1000	0,830	0,1	83,0	0,58	0,55	0,075

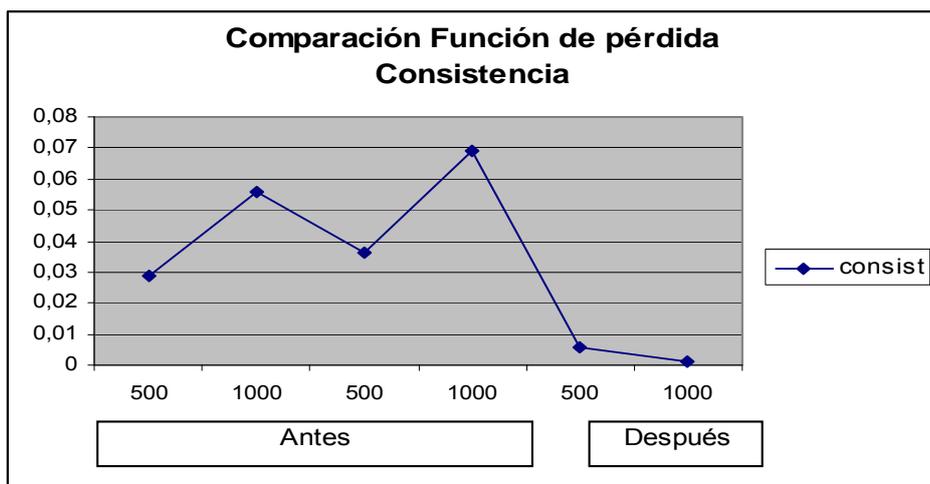


Figura 3.20 Reducción de la Función de Pérdida para la característica consistencia o viscosidad aparente

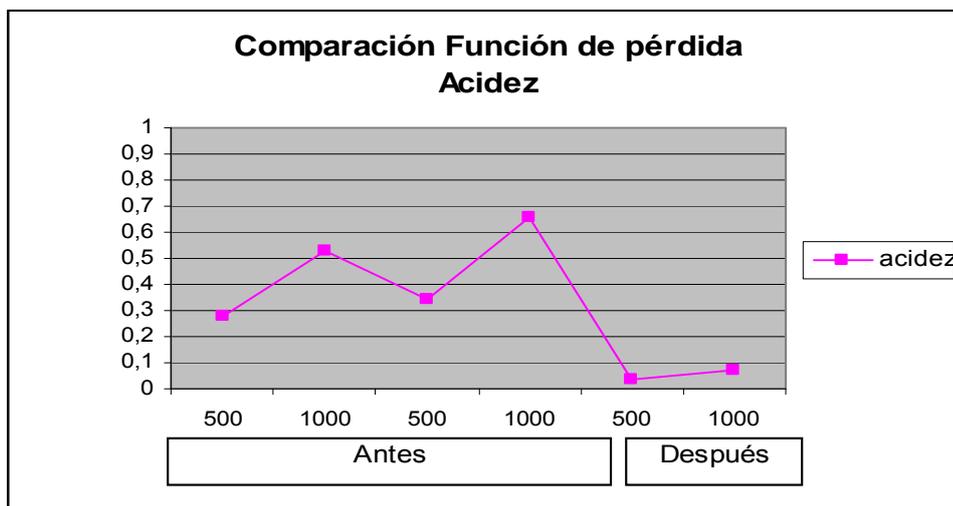


Figura 3.21 Reducción de la Función de Pérdida para la característica acidez

Fase de ACCIÓN

3.2.6 Mantenimiento

A partir de los resultados que muestran los indicadores, y por el conocimiento de las causas que pueden afectar negativamente lo alcanzado, se establece por la dirección de la planta el plan de acción para mantener las mejoras. Tabla 3.15

Tabla 3.15 Plan de acción para mantener la mejora				
NO	ACCIÓN	CUMPLIMIENTO	PARTICIP.	RESP.
1	Garantizar siempre en planta la disponibilidad de pulpas de los mejores proveedores, para mezclar con las pulpas nacionales en los productos del tomate.	Permanente	Especialistas	Jefe de Planta
2	Establecer en la norma de empresa una tolerancia en la acidez de los productos del tomate de 0,50 a 0,70% de ácido cítrico.	Permanente	Técnicos de calidad y operadores de máquinas llenadora	Especialista de calidad
3	Capacitar el personal de la planta en el tema eficiencia, fundamentalmente los relacionados con las áreas de mayor incidencia en los índices de consumo.	Anual	Todos los trabajadores	Jefe de Planta
4	Documentar como un procedimiento obligatorio la determinación del peso neto en el control de envasado.	Permanente	Técnicos de calidad y operadores de llenadora	Especialista de Calidad
5	Exigir porque se cumplan los mantenimientos planificados, teniendo en cuenta las horas de trabajo de los equipos	Permanente	Personal de mantenimiento	Jefe de Planta Especialista de mantenimiento

3.3 Conclusiones parciales

1. La evaluación de la estabilidad del proceso industrial de puré a partir de pulpas concentradas de tomate, se realizó a las características físico-químicas: consistencia o viscosidad aparente y la acidez, por tener la mayor incidencia en la variabilidad del proceso, y se obtuvo un comportamiento errático para ambas características, con

puntos fuera de los límites de control en la consistencia; adherencia al límite superior y la línea central para la acidez, con una alta variabilidad.

2. El estudio VMEA posibilitó la identificación de las causas de inestabilidad de los productos y procesos, siendo las fundamentales: la variabilidad de las pulpas que se procesan en la planta y los métodos utilizados en la elaboración de los productos. El cálculo de la prioridad de riesgo de la variación indicó el orden en el cual las actividades destinadas a su reducción deben llevarse a cabo.
3. Con la utilización de métodos estadísticos se fundamentó la necesidad de establecer el «Control de Calidad On-Line», se realizó un diseño experimental, que define la reformulación del puré de tomate, para el logro de la uniformidad en las características de calidad de la mezcla, y la reducción de forma significativa de la variabilidad, que se manifiesta en comportamiento estadístico del proceso, con resultados estables y predecibles para ambas características: consistencia y acidez, en valores que se mueven cercanos a los nominales, lo cual permite evaluar la capacidad del proceso y definir alternativa de mejora, en específico, para la acidez con la propuesta de ampliación de tolerancias.
4. El cálculo de la Función de Pérdida de «Taguchi» para las características viscosidad y acidez, se utilizó como indicador de mejora de la eficiencia del proceso, al evaluar el costo de la no calidad del producto, mostró la manera en que estos costos se incrementan en la medida que el producto se aleja del valor objetivo.
5. La ingeniería de calidad on-line facilitó el control y la corrección de los procesos, en función de reducir la variabilidad del porcentaje de pérdidas de producto y con ello aumentar la eficiencia del proceso de frutas y vegetales.

CONCLUSIONES GENERALES

1. La variabilidad en los procesos industriales de alimentos en Cuba y en específico en la Planta Sancti Spíritus de la Empresa Alimentos Río Zaza, requiere de enfoques de ingeniería para el análisis y mejora; las metodologías de «Seis Sigma» y «Diseño Robusto» constituyen alternativas para la ejecución de prácticas orientadas al logro, no para mantener el producto dentro de especificaciones, sino la estabilidad de las características de calidad en los productos terminados y la eficiencia del proceso.
2. La propuesta de procedimiento para la mejora en el control de proceso se fundamenta en el ciclo Deming: PLANIFICAR, HACER, CONTROL y ACCIÓN; aborda con un enfoque de proceso la gestión de calidad; se identifican brechas y potenciales de mejora por etapas, a partir de la definición y análisis estadísticos de las variables resultado, según el escenario productivo: lácteo o de frutas y vegetales; se establece el seguimiento y medición, y se evalúan indicadores asociados a las características de calidad del producto terminado y a la eficiencia del proceso, para evaluar la significación de las mejoras ejecutadas.
3. Se propone por primera vez en la planta Sancti Spíritus de Alimentos Río Zaza un procedimiento específico, que incluye el Análisis Modal de Variaciones y Efectos para identificar las brechas y potenciales de mejora, el cual se implementa con éxito en el proceso de frutas y vegetales.
4. Con el diseño experimental se definió la reformulación del puré de tomate, para el logro de la uniformidad en las características de calidad de la mezcla, y la reducción de forma significativa de la variabilidad que se manifiesta en comportamiento estadístico del proceso, con resultados estables y predecibles para ambas características, de esta forma se logró robustecer el proceso, con incidencia favorable en los resultados productivos, económicos y por tanto de imagen de la empresa ante los clientes.
5. El «Control de Calidad On-Line» facilitó la corrección de los procesos, para reducir significativamente, la variabilidad del porcentaje de pérdidas de producto y con ello aumentar la eficiencia del proceso de frutas y vegetales.

RECOMENDACIONES

1. Extender los resultados de la investigación a la planta de Jagüey Grande de la misma Empresa.
2. Aplicar los procedimientos diseñados a otros escenarios de la planta Sancti Spíritus.
3. Mantener de forma sistemática y con la aplicación de nuevas herramientas la mejora continua de los productos y procesos.
4. Mostrar los resultados de la investigación en eventos científicos y publicaciones para que pueda ser valorada su aplicación en otras entidades productoras de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aragón, N. (2004). Procedimientos de mejoramiento de la calidad. Monografía. Facultad de ingeniería, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba.
2. Arcelus, J. F. & Rahim, A. M. (1996). Reducing Performance Variation in the Canning Problem. Theory and Methodology. European Journal of operational research.
3. Beltrán Sanz J. et al. (2001). Guía para una gestión basada en procesos. Instituto Andaluz de Tecnología. ISBN. 84-923464-7-7
4. Cantú, H. (2001). Desarrollo de una cultura de calidad. Ed. McG raw Hill Interamericana, México.
5. Cardoso, N. (2012). Mejoramiento de la gestión energética y de la calidad en la Empresa Provincial de Materiales de la Construcción. Tesis en opción al grado académico de máster en dirección. Centro de Estudios en Técnicas Avanzadas en Dirección. Universidad José Martí Pérez, Sancti Spíritus, Cuba.
6. CLavijo, A. (2001). Análisis de riesgos y puntos críticos de control: el enfoque más moderno para garantizar la seguridad alimentaria. Revista Cubana Alimentaria.
7. CNICA-MINAL 2008. Consulta con la Alta dirección del CNICA. Ciudad de la Habana.
8. CODEX. (2000). Directrices para la aplicación del Sistema HACCP. España, 5- 10p.
9. Crisóstomo, J. (2002). Plan de mejoramiento continuo para empresas de fabricación de puertas. Tesis para optar por el título de Ingeniero mecánico. Facultad de ciencias de la ingeniería. Universidad Austral de Chile. Chile.
10. Crosby, P.B. (1984). Quality Without Tears. México: Mc Graw- Hill.
11. Crosby, P.B. (1980). Quality is free. The art of making quality certain. New American library, USA.
12. Crosby. P.B. (1979). La calidad no cuesta. México: Mc Graw- Hill.
13. Cuba. (2011). Lineamientos de la política económica y social del partido y la Revolución. VI Congreso del PCC.
14. Cuba. (1988). NC-77-22-13. Métodos de ensayo, determinación de la viscosidad aparente.
15. Cuba. (2001). NC ISO 750: 2001. Productos de frutas y vegetales, determinación de la acidez valorable.
16. Cuba. (2011). NC 814:2011 Concentrado de tomate. Especificaciones.
17. Cué M., J.L. (1987). Estadística. La Habana: Elab. Universidad de la Habana.

18. Colectivo de autores. (2010). Gestión de la calidad. Extraído el 5 de noviembre del 2011 desde <http://www.grupocassa.com/?cat=1014>Gestión de Calidad.
19. Deming, E. W. (1989). Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis. Madrid: Editorial Diaz de Santos.
20. Evans, J & Lindsay, W. (2000). La administración y el control de la calidad. Trad. por Gabriel Sánchez García. Cuarta edición. México, Thomson. 786 p.
21. García, W. (2004). Calidad y trazabilidad en el sector agroalimentario. 2ª Jornada de Actualización Ganadera, Balcarce, Argentina [Noviembre, 2007]. Disponible en: http://www.vet-uy.com/articulos/artic_traza/004/traza004.htm
22. Gómez, B. (2007). Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar. Tesis doctoral. Facultad de ingeniería industrial, Universidad José Martí Pérez, Sancti Spíritus, Cuba.
23. Gómez, B. (2010). Memorias de la asignatura Ingeniería de la calidad CPT. Facultad de ingeniería, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba.
24. Gómez, B. (2010). Memorias de la asignatura Mejoramiento de la calidad CPT. Facultad de ingeniería, Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba.
25. Harrington, H. (1988). ¿Por qué mejorar? Como incrementar la calidad-productividad en su empresa. Primera edición en español ed. México, Roberto Hass García. pp. 1-10.
26. Harrington, H.J. (1993). El mejoramiento de los procesos en la empresa. Colombia: Mc.Graw Hill S.A.
27. Harrington, H.J. (1997). Administración Total del Mejoramiento Continuo: la Nueva Generación. Colombia: Mc.Graw Hill INTERAMERICANA S.A.
28. Hernández, R. Metodología de la investigación. Cuarta edición.
29. Hidalgo, J. R. (2003). Trazabilidad y calidad alimentaria. Extraído el 4 de marzo de 2008 desde http://www.consumaseguridad.com/web/es/normativa_legal/2003/04/02/5789.php
30. Ishikawa, K (1989). ¿Qué es el control total de calidad? La Modalidad Japonesa. Ed. de Ciencias Sociales, La Habana.
31. .ISO 9000:2000. Vocabulario.

32. ISO 9001:2000 Normas para la Gestión de la Calidad y el Aseguramiento de la calidad.
33. ISO 9004:2000 Gestión de la Calidad y elementos de los Sistemas de Calidad. Parte 1. Directrices.
34. Ivancevich, J. (1996). et al. Gestión, calidad y competitividad. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A. Madrid. España.
35. Juran, J. M. & Gryna, F. M. (1981). Planificación y análisis de la calidad. Editorial Reverté, España.
36. Juran, J.M & Gryna, F. M. (2001). *Quality Control Handbook*. 5ta ed., Ed. Mc Graw-Hill/ Interamericana de España, Madrid, Cap 3, 6, 13, 15, 16, 22, 27.
37. Juran, J.M. (2001). ¿Por qué fracasan las iniciativas de la calidad?, Harvard Deusto Business Review, No. 63, 1994, p. 58-62.
38. Kackar, R. N. (1985). Off- line Quality Control, Parameter Desing, and the Taguchi method. *Journal of quality technology*.
39. Lawson, J. & Erjavec, J. & Madrigal, J. L. (1992). Estrategias experimentales para el mejoramiento de la calidad en la industria. Grupo editorial Iberoamérica. S.A de C.V.
40. Lochaer, R. H & Mator, J.E. Designing for quality. An introduction to the best of Taguchi and western methods of statistical experimental desing. ASQC Quality Press American Society for quality control Milwaukee. Wisconsin. Edit. Quality Resources. A division of the Kraus Organization Limited White Plains. New York.
41. Mahto, D. & Kumar, A. (2008). «Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity» en *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 2008 – 01(02):16-53 - ISSN: 2013-0953.
42. Moen, D. R., Nolan, W. & Thomas., LI. P. (2000). "Improvement of Quality" Traducción libre del cap. 1 del libro *Improving Quality Through Planned Experimentation*. Ed. McGraw-Hill, en *Quality Progress*, January.
43. Montgomery, D.C. (1991) Control estadístico de la calidad. Editorial Iberoamérica, España.
44. Nápoles, A. (2012). Potencialidades de mejora de la calidad de los procesos productivos de la Empresa mixta Alimentos Río Zaza, Planta Sancti Spíritus. Trabajo

- de diploma para optar al título de Ingeniero Industrial. Facultad de ingeniería, Universidad José Martí Pérez, Sancti Spíritus, Cuba.
45. NC 136:2007. Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control y directrices para su aplicación.
46. NC 143:2007. Código de práctica. Principio General de Higiene de los Alimentos.
47. NC-ISO 22000: 2005. Sistema de Gestión de Inocuidad Alimentaria. Requisito para cualquier organización en la cadena alimentaria.
48. Núñez, (2005). Instituto de tecnología y productos forestales UACH. Apuntes de gestión de calidad.
49. OPS/OMS. (2002). El análisis de peligros y puntos críticos en la inocuidad de los alimentos. Guía breve, Disponible en <http://www.panalimentos.org/GMP/HACCP>.
50. Pons, R. (2002). *Control Estadístico de Procesos*. Monografía. Universidad "Carlos R. Rodríguez" de Cienfuegos.
51. Pulido, H & Román, S. (2007). Control estadístico de Calidad y Seis Sigma; Volumen II, 291.
52. Pulido, E. (2005). Nuevos modelos de producción en un entorno competitivo. Hacia un modelo de producción robusta. Departamento Programas Internacionales. Instituto Andaluz de Tecnología. España.
53. Ramiro, M. C & González, J, M. (2005). Estudio de la situación actual en España del diseño robusto y aplicación de su metodología a una empresa del sector aeronáutico a través de las herramientas VMEA y diseño de experimentos. Escuela superior de ingenieros de Sevilla. España.
54. Rojas, J. (2007). Técnicas de Planeacion. Disponible en [http:// www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com).
55. Sabadí, R. (1996). "Aplicaciones informáticas en la industria azucarera", en *Revista ICIDCA*, Vol. XXX No. Especial.
56. Senlle, A & Vilar, J. (1997). ISO 9000 en empresas de servicio. Ediciones Gestión 2000 España.
57. Sosa, R. (1997). Desarrollo de un sistema de calidad en un laboratorio de control de la calidad de los alimentos. *Revista Normalización* No.3/ 1997.

58. Stoumbos, Z. G. et al. (2000). "The State of Statistical Process Control as We Proceed Into the 21st Century", en Journal of the American Statistical Association, 95, pp. 992-998.
59. Quil, C.A. (2008). Mejoramiento de procedimientos de control del proceso para plantas de tableros de hojuelas orientadas. Trabajo de titulación presentado como parte de los requisitos para optar por el título de Ingeniero en Maderas. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Chile.
60. Woodall, H. W. (2000). Controversies and Contradictions in Statistical Process Control. Journal of Quality Technology, 32 (4), 341- 350.

Anexo 1. Diagrama de la trilogía de Juran

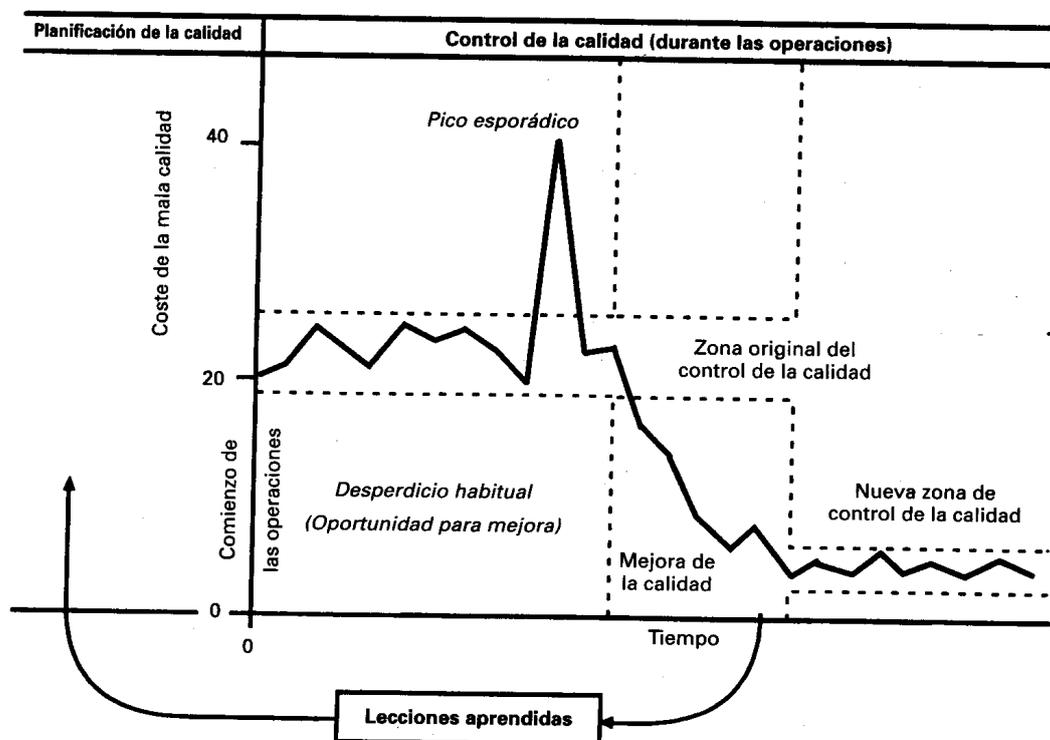


FIGURA 5.3 Diagrama de la trilogía de Juran [Adaptado de Juran, J. M. (1989). *The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality*. Juran Institute, Inc., Wilton, CT].

Anexo 2. Símbolos utilizados en los diagramas de flujo

Leyenda de los diagramas de flujo

	Recepción de materias primas y materiales
	Flujo del proceso
	Almacenamiento
	Operación
	Distribución

No. Almacenamientos

- I Almacenamiento Materias Primas e Ingredientes
- II Almacenamiento de Materiales y Productos Químicos
- III Almacenamiento de Producto Intermedio
- IV Almacenamiento de Producto Terminado

Anexo 3. Constantes de los gráficos de control

Tabla 6. Constantes de los gráficos

Tamaño de la muestra n	Tabla \bar{X} y R			Tabla \bar{X} y s			
	A ₂	D ₃	D ₄	A ₃	B ₃	B ₄	c ₄ *
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	0.7979
3	1.023	0	2.574	1.954	0	2.568	0.8862
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	0.9213
5	0.577	0	2.114	1.427	0	2.089	0.9400
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	0.9519
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	0.9594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	0.9650
9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761	0.9693
10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716	0.9727

Tabla 6. Constantes de los gráficos. Continuación

Tamaño de la muestra n	Tabla \bar{X} y R			Tabla \bar{X} y R _m			
	\bar{A}_2	D ₃	D ₄	E ₂	D ₃	D ₄	d ₂ *
2	---	0	3.267	2.659	0	3.267	1.128
3	1.187	0	2.574	1.772	0	2.574	1.693
4	---	0	2.282	1.457	0	2.282	2.059
5	0.691	0	2.114	1.290	0	2.114	2.326
6	---	0	2.004	1.184	0	2.004	2.534
7	0.509	0.076	1.924	1.109	0.076	1.924	2.704
8	---	0.136	1.864	1.054	0.136	1.864	2.847
9	0.412	0.184	1.816	1.010	0.184	1.816	2.970
10	---	0.223	1.777	0.975	0.223	1.777	3.078

* Util para el cálculo de la desviación estándar del proceso σ

Anexo 4. Criterios para la detección falta de control. Fuente: (Pons, 2002)



- b1. Racha ascendente o descendente de 7 o más puntos.
- b2. Racha de 8 o más puntos a un mismo lado de la línea central.
- b3. Otras secuencias anormales.
- b4. Comportamiento errático.



- b5. Demasiados puntos en la zona central.
- b6. Pocos puntos en la zona central.
- b7. Ciclos.

Anexo 5. Método de expertos según las interacciones y los intercambios

Método Clasificación	Interacción	Intercambio
Brainstorming	1	1
Encuestas de opinión	0	0
Mesas redondas Consejo de dirección Consejo técnico	x	x
Delphi	x	0

Anexo 6. Tabla Chi-Cuadrado (Siegel, 1970)

TABLA C. Tabla de valores críticos de chi cuadrada*

Probabilidad conforme a H_0 de que $\chi^2 \geq$ chi cuadrada														
df	.99	.98	.95	.90	.80	.70	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	.00016	.00063	.0039	.016	.064	.15	.46	1.07	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64	10.83
2	.02	.04	.10	.21	.45	.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21	13.82
3	.12	.18	.35	.58	1.00	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34	16.27
4	.30	.43	.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.59	7.78	9.49	11.67	13.28	18.46
5	.55	.75	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09	20.52
6	.87	1.13	1.64	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81	22.46
7	1.24	1.56	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48	24.32
8	1.65	2.03	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09	26.12
9	2.09	2.53	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67	27.88
10	2.56	3.06	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21	29.59
11	3.05	3.61	4.58	5.58	6.99	8.15	10.34	12.90	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72	31.26
12	3.57	4.18	5.23	6.30	7.81	9.03	11.34	14.01	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22	32.91
13	4.11	4.76	5.89	7.04	8.63	9.93	12.34	15.12	16.98	19.81	22.36	25.47	27.69	34.53
14	4.66	5.37	6.57	7.79	9.47	10.82	13.34	16.22	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14	36.12
15	5.23	5.98	7.26	8.55	10.31	11.72	14.34	17.32	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58	37.70
16	5.81	6.61	7.96	9.31	11.15	12.62	15.34	18.42	20.46	23.54	26.30	29.63	32.00	39.29
17	6.41	7.26	8.67	10.08	12.00	13.53	16.34	19.51	21.62	24.77	27.59	31.00	33.41	40.75
18	7.02	7.91	9.39	10.86	12.86	14.44	17.34	20.60	22.76	25.99	28.87	32.35	34.80	42.31
19	7.63	8.57	10.12	11.65	13.72	15.35	18.34	21.69	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19	43.82
20	8.26	9.24	10.85	12.44	14.58	16.27	19.34	22.78	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57	45.33
21	8.90	9.92	11.59	13.24	15.44	17.18	20.34	23.86	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93	46.80
22	9.54	10.60	12.34	14.04	16.31	18.10	21.24	24.94	27.30	30.81	33.92	37.66	40.29	48.27
23	10.20	11.29	13.09	14.85	17.19	19.02	22.34	26.02	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64	49.73
24	10.86	11.99	13.85	15.66	18.06	19.94	23.34	27.10	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98	51.18
25	11.52	12.70	14.61	16.47	18.94	20.87	24.34	28.17	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31	52.62
26	12.20	13.41	15.38	17.29	19.82	21.79	25.34	29.25	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64	54.05
27	12.88	14.12	16.15	18.11	20.70	22.72	26.34	30.32	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96	55.48
28	13.56	14.85	16.93	18.94	21.59	23.65	27.34	31.39	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28	56.89
29	14.26	15.57	17.71	19.77	22.48	24.58	28.34	32.46	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59	58.30
30	14.95	16.31	18.49	20.60	23.36	25.51	29.34	33.53	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89	59.70

* La tabla C es la tabla IV de Fisher y Yates abreviada: *Tablas estadísticas para biología, agricultura e investigación médica*, publicadas por Oliver y Boyd Ltd., Edinburgo, con permiso de los autores y editores.

Anexo 7. Tabla de Friedman (Siegel, 1970)

330

APENDICE

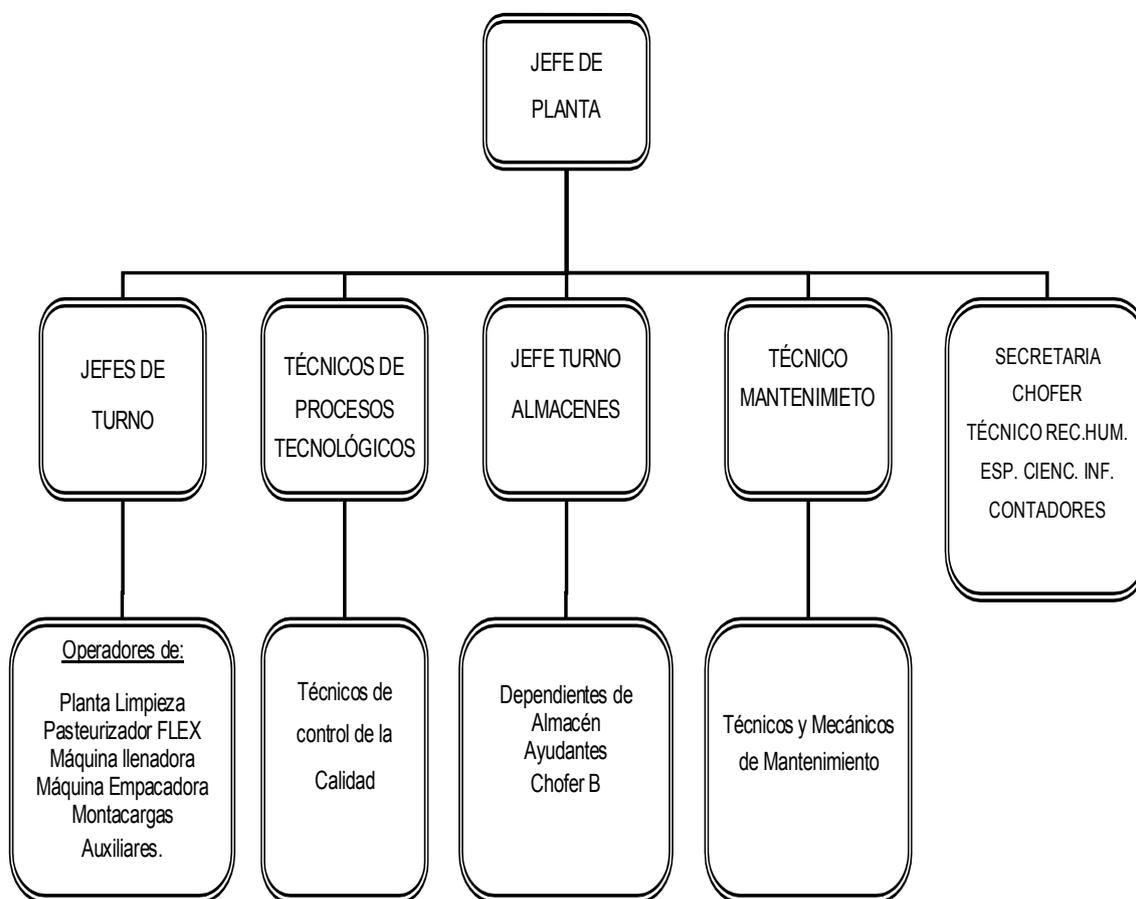
TABLA R. Tabla de valores críticos de s en el coeficiente de concordancia de Kendall*

k	N					Valores adicionales para $N = 3$	
	3†	4	5	6	7	k	s
Valores al nivel de significación 0.05							
3			64.4	103.9	157.3	9	54.0
4		49.5	88.4	143.3	217.0	12	71.9
5		62.6	112.3	182.4	276.2	14	83.8
6		75.7	136.1	221.4	335.2	16	95.8
8	48.1	101.7	183.7	299.0	453.1	18	107.7
10	60.0	127.8	231.2	376.7	571.0		
15	89.8	192.9	349.8	570.5	864.9		
20	119.7	258.0	468.5	764.4	1,158.7		
Valores al nivel de significación 0.01							
3			75.6	122.8	185.6	9	75.9
4		61.4	109.3	176.2	265.0	12	103.5
5		80.5	142.8	229.4	343.8	14	121.9
6		99.5	176.1	283.4	422.6	16	140.2
8	66.8	137.4	242.7	388.3	579.9	18	158.6
10	85.1	175.3	309.1	494.0	737.0		
15	131.0	269.8	475.2	758.2	1,129.5		
20	177.0	364.2	641.2	1,022.2	1,521.9		

* Tomada de Friedman, M. 1940. Una comparación de pruebas de significación alternas para el problema de m rangos. *Ann. Math. Statist.*, 11, 86-92, con el amable permiso del autor y editor.

Nota: que los valores críticos adicionales de s para $N = 3$ se dan en la columna derecha de esta tabla.

Anexo 9. Organigrama de la Planta Sancti Spíritus. «Alimentos Río Zaza»



Anexo 10. Descripción de las etapas del proceso

Descripción de las etapas del proceso

Recepción y Almacenamiento

Las materias primas y materiales para la elaboración de los productos se reciben en el almacén de la fábrica para su posterior inspección por el personal del laboratorio de control de calidad antes de las 72 horas (Inspección de entrada) con el objetivo de verificar su calidad e inocuidad y conocer su aptitud para el proceso tecnológico.

Mezclado y Normalizado

En esta etapa se adicionan las pulpas e ingredientes, para lograr el mezclado, disolución y homogeneidad del producto.

La mezcla pasa a los tanques pesas de normalización, etapa donde se realiza la normalización final del producto con agua, garantizando con ello las características físico-químicas del producto final. Las Templas que se declaran conformes son bombeadas por medio de bombas centrífugas hacia el tratamiento UHT (Esterilización).

Tratamiento UHT

Deaereación

El propósito de esta etapa consiste en extraer el aire ocluido en el producto y la espuma, mediante la circulación de agua suave fría, así como ciertos sabores y olores extraños en el producto ya que se produce una sensible evaporación debido al vacío entre (-70 y -80 Kpa) y un nivel de producto en el equipo de 70%.

Homogenización

La homogenización se realiza antes de entrar a las etapas de esterilización. Con la homogenización se logra un ligero incremento de la viscosidad del producto y mejorar la textura.

En los homogenizadores se hace pasar el producto a una presión de 80 bar.

Esterilización

El propósito del tratamiento térmico es la destrucción casi completa de los microorganismos que hay contenidos en los productos. Un efecto adicional es la inactivación en mayor o menor grado de las enzimas termorresistentes.

El tratamiento UHT o ultrapasterización, se basa en la aplicación de una temperatura muy elevada (115°C) durante un tiempo muy corto (18 segundos), logrando un efecto germicida elevado en el producto.

Almacenamiento en Tanque Aséptico.

El almacenamiento en Tanque Aséptico tiene la finalidad de mantener un nivel constante de producto a la máquina llenadora, facilitar los procesos de incorporación de varias máquinas llenadoras y garantizar la inocuidad del producto ante interrupciones del proceso de llenado y limpiezas intermedias. La garantía del producto en el tanque aséptico se logra mediante constantes chequeos a las barreras de vapor del tanque, presión de aire interior y presión de vapor.

Envasado Aséptico.

El envasado es la etapa del proceso que consiste en el llenado de los envases con el producto. La condición indispensable para conseguir la conservación del producto durante un largo período de tiempo es mantener las condiciones asépticas durante el envasado.

El objetivo del envasado aséptico es:

- Mantener la alta calidad microbiológica (inocuidad) del producto durante su vida útil.
- Conservar la aceptación del consumidor con relación al sabor, olor, textura y valor nutricional durante la vida útil del producto.

La esterilización del material de envase se logra mediante la aplicación de productos químicos, concentración y temperatura. La sustancia utilizada para este objetivo es el peróxido de hidrógeno con una concentración de 35%, aplicado a temperaturas superiores a los 70°C, facilitando mayor eficiencia del proceso de esterilización del material de envase. Lo más importante en esta etapa es la eficiencia del proceso de esterilización y la eliminación de los residuos de peróxido que pueden ir al producto envasado.

Se cuenta con dos métodos de aplicación del peróxido en dependencia del modelo de la máquina:

- Por sistema de rodillos
- Por baño de inmersión

El envasado del producto se realiza en envases de cartón Tetra Brik, cuya base está formada por láminas de cartón o papel y, que según las necesidades, pueden estar compuestos también por capas de: plásticos y aluminio.

Embalado.

Esta etapa del proceso consiste en encajonar en bandejas de 12x1000, 24x500 y 27x200, las unidades producidas de la etapa de envasado aséptico en los formatos correspondientes 1000, 500 y 200ml respectivamente.

Retractilado.

Esta etapa del proceso consiste en el retractilado de las bandejas de 12x1000, 24x500 y 27x200, obtenidas en la etapa de Embalado en los formatos correspondientes 1000, 500 y 200ml respectivamente.

Anexo 11. Variables definidas

- Exigencias de entrada. Especificaciones de las Materias primas.

Sal común: - Cloruro de sodio Mínimo (%) - 96,0

- Materias insolubles en agua máx (%) - 1,2

Azúcar: - Humedad: 3,0 % máximo

- Materias insolubles en agua máx (%) - 1,2

Pulpas de frutas y de tomate:

- Olor, sabor y aspecto: Característico de la fruta

- PH: 3,5 – 4,5

- %SS: 14 %min.

- Pulpa de tomate- Consistencia de 4,5 a 6 Cm en 30 seg y 12,5 °Bx

- Servicios:

Vapor:- Calidad: Vapor saturado seco

- Humedad: máx 5% de condensado

- PH: 8,5- 9,2

Agua suave: - Total de sólidos disueltos: máx. 500 mg/l

- PH: 7-9

- Dureza: 10 ppm máx

Agua Tratada: - Cloro libre residual: 0,2 ppm a 2,0 ppm

- PH: 6,50 mínimo

- No turbidez

-Especificaciones de proceso

Presión de vacío en deaerador: -70 a -80 kpa

Nivel de producto en el deaerador: 70 %

Temperatura de esterilización UHT: 115 °C

Tiempo de retención: 18 segundos

Presión de homogenización: 80 bar

Temperatura de enfriamiento: 25 a 30 °C

Anexo 12. Especificaciones del producto terminado. Exigencias de salida

PRODUCTOS	°Brix	%Acidez	pH	Cloruro	Viscosidad	Consistencia (Cm)
Puré Tomate PREMIUM	9,2 mín.	0,50–0,60	4,30 máx.	3,00 máx.	-----	6,0 – 8,0
Puré Tomate Doña Tina	9,0 mín.	0,50–0,60	4,30 máx.	3,00 máx.	-----	8,0 - 10,0
Puré Tomate Condimentado	9,0 mín.	0,50-0,60	4,30 máx.	3,00 máx.	-----	8,0 - 10,0
Puré de frutas (Mango)	14,0 mín.	0,23 mín.	4,30 máx.	-----	2,80 seg.	-----
Puré de frutas (Manzana)	14,0 mín.	0,20 mín.	4,30 máx.	-----	2,80 seg.	-----
Puré de frutas (Pera)	14,0 mín.	0,20 mín.	4,30 máx.	-----	2,80 seg.	-----

PRODUCTOS	°BRIX	%ACIDEZ	PH	VISCOSIDAD
JUGO DE MANGO	12,2	0,23 mín.	3,80 – 3,90	11,7 seg.
JUGO DE PIÑA	12,0	0,39 mín.	4,30 máx.	-----
JUGO DE TOMATE	4,5	0,32 mín.	4,30 máx.	-----
NECTAR DE GUAYABA	12,0	0,18 mín.	4,30 máx.	10,0 seg.
NECTAR DE NARANJA	12,0	0,53 mín.	4,30 máx.	-----
NECTAR DE MELOCOTON	12,0	0,23 mín.	4,30 máx.	11,3 seg.
NECTAR TROPICAL	12,0	0,40 mín.	4,30 máx.	11,5 seg.
NECTAR MEDITERRANEO	12,0	0,21 mín.	4,30 máx.	11,3 seg.
NECTAR MANZANA	12,0	0,16 mín.	4,30 máx.	11,3 seg.
NECTAR DE PERA	12,0	0,14 mín.	4,30 máx.	11,3 seg.
NECTAR MARACUYA	12,0	0,35 mín.	4,30 máx.	10,5 seg.

Anexo 13. Resultados de la revisión del comportamiento de las variables de proceso

Tabla 1: Variables, especificaciones y comportamiento. Jugos, Néctares y Purés de Frutas.			
Etapa	Variables	Especificaciones	Comportamiento
Ajuste de templa	- Homogeneidad y limpieza del producto	- Homogéneo, sin partículas extrañas	SDN ***
	- Especificaciones físicas y químicas	- Dependen del producto	SDN
	- Características sensoriales	- Dependen del producto	SDN
Proceso UHT	- Presión de Homogenización	- 100 bar depende del producto	SDN
	- Temperatura de Esterilización	- 115 °C	SDN
	- Tiempo de Retención	- 18 seg.	SDN
	- Temperatura de Enfriamiento	- 25 – 30 °C	SDN
Almacenamiento en Tanque Aséptico	- Presión de Vapor	- 1,0 bar mín.	SDN
	- TT140, 160 y 180 *	- 110 °C mín.	SDN
	- TT150 *	- 100 °C mín.	SDN
	- Esterilización de los filtros de aire	- 50 frecuencias máx.	SDN
Envasado Aséptico	- Temp. Esterilización del Aire	- 360°C mín.	SDN
	- Temp. de Sellado Longitudinal	- 370 ¹ , 250 °C ² mín.	SDN
	- Temperatura del H ₂ O ₂	- 70 °C ¹ mín.	SDN
	- Temperatura barrera de vapor	- 125 °C mín.	SDN
	- Temperatura cuchillas de aire	- 115 a 125 °C ¹	SDN
	- Temperatura de enfriamiento	- 25 - 30°C	SDN
	- Presión del S.T. **	- 100 bar mín.	SDN
	- Concentración de H ₂ O ₂ (%)	- 30 - 35 % mín. ¹ - 35 % mín. ²	SDN
	- Consumo de H ₂ O ₂ (ml/h)	- 250 a 400 ²	SDN
	- Calidad del sellado longitudinal (SL)	- Bueno	SDN
	- Calidad del sellado transversal (ST)	- Bueno	SDN
	- Calidad de los predoblados	- Bueno	SDN

	- Características Físico – Químicas	- Conforme	SDN
	- Características Sensoriales	- Conforme	SDN
	- Características Microbiológicas	- Conforme	SDN
Pegado del absorbente	- Colocación y estado de la pajilla	- Bueno	SDN
Embalado	- Marcación	- Buena	SDN
	- Conformado de las bandejas	- Buena	SDN
	- Cantidades por bandejas	- Buena	SDN
Retractilado	- Estado del Retractilado	- Aceptable	SDN
Paletizado	- Estado de los pallets	- Aceptable	SDN
	- Conformación y Marcación de los pallets	- Aceptable	SDN
Distribución	- Liberación	- Conforme	SDN
	- Integridad de envases	- Conforme	SDN

Nota: Las especificaciones que dependen del producto pueden consultarse en el anexo 12

* TT140, TT160, TT180, TT150: Se refiere a transmisores de temperatura.

** S.T.: Sellado Transversal.

*** Sin desviaciones de la norma

¹ Valores mínimos establecidos para la máquina envasadora TBA/19

² Valores mínimos establecidos para la máquina envasadora TBA/3

Anexo 13. Continuación

Tabla 2: Variables, especificaciones y comportamiento. Productos del Tomate.			
Etapa	Variables	Especificaciones	Comportamiento
Ajuste de templa	- Homogeneidad y limpieza del producto	- Homogéneo y sin partículas extrañas	SDN
	- % Sólidos solubles	- 9.0 mín.	Con desviaciones de la norma.
	- % NaCl	- 3.0 máx.	SDN
	- % Acidez	- 0.50 a 0.55	Con desviaciones de la norma.
	- pH	- 4.30 máx.	SDN
	- Consistencia	- 8,0-10,0 Cm	Con desviaciones de la norma.
	- Aroma	- Característico de la fruta	SDN
	- Sabor	- Característico de la fruta	SDN
Proceso UHT	- Presión de Homogenización	- 80 bar	SDN
	- Temperatura de Esterilización	- 115 °C	SDN
	- Tiempo de Retención	- 18 seg.	SDN
	- Temperatura de Enfriamiento	- 25 – 30 °C	SDN
Almacenamiento en Tanque Aséptico	- Presión de Vapor	- 1,0 bar mín.	SDN
	- TT140, 160 y 180 *	- 110 °C mín.	SDN
	- TT150 *	- 100 °C mín.	SDN
	- Esterilización de los filtros de aire	- 50 frecuencias máx.	SDN
Envasado Aséptico	- Temp. Esterilización del Aire	- 340°C mín.	SDN
	- Temp. de Sellado Longitudinal	- 280 ¹ , 250 °C ² mín.	SDN
	- Temperatura del H ₂ O ₂	- 67 °C ¹ mín.	SDN
	- Temperatura barrera de vapor	- 125 °C mín.	SDN

	- Temperatura cuchillas de aire	- 115 a 125 °C ¹	SDN
	- Temperatura de enfriamiento	- 25 - 30°C	SDN
	- Presión del S.T. **	- 100 bar mín.	SDN
	- Concentración de H ₂ O ₂ (%)	- 30 - 35 % mín. ¹	SDN
		- 35 % mín. ²	SDN
	- Consumo de H ₂ O ₂ (ml/h)	- 250 a 400 ²	SDN
	- Calidad del sellado longitudinal (SL)	- Bueno	SDN
	- Calidad del sellado transversal (ST)	- Bueno	SDN
	- Calidad de los predoblados	- Bueno	SDN
	- Características Físico – Químicas (Acidez, PH, Sólidos Solubles, Consistencia)	- Conforme	Con desviaciones de la norma.
	- Características Sensoriales	-	SDN
	- Características Microbiológicas	- Conforme	SDN
Embalado	- Marcación	- Buena	SDN
	- Conformado de las bandejas	- Buena	SDN
	- Cantidades por bandejas	- Buena	SDN
Retractilado	- Estado del Retractilado	- Aceptable	SDN
Paletizado	- Estado de los pallets	- Aceptable	SDN
	- Conformación y Marcación de los pallets	- Aceptable	SDN
Distribución	- Liberación	- Conforme	SDN
	- Integridad de envases	- Conforme	SDN

* TT140, TT160, TT180, TT150: Se refiere a transmisores de temperatura.

** S.T.: Sellado Transversal.

*** Sin desviaciones de la norma

¹ Valores mínimos establecidos para la máquina envasadora TBA/19

² Valores mínimos establecidos para la máquina envasadora TBA/3

Anexo 14. Resultados de las características de calidad del producto a partir de pulpas de diferentes orígenes

LOTE	F.FABRIC.	OP#	Resultados 2011					% NaCl	Origen de las pulpas
			Cons. 5 Seg	°BRIX	PH	ACIDEZ			
4046	11-feb-11	010	8.64	8.8	4.19	0.56	1.1	CHILE	
2047	14-feb-11	010	8.69	8.9	4.22	0.56	1.2	CHILE	
4048	15-feb-11	010	8.23	8.9	4.24	0.55	1.1	CHILE	
2049	17-mar-11	015	9.36	9.4	4.23	0.71	1.3	CONCHITA. 30% PASTA Y YB200	
2050	1-abr-11	018	8.63	9.1	4.22	0.70	1.2	ECVSS Y CONCHITA	
4051	1-abr-11	018	8.90	9.1	4.23	0.70	1.2	ECVSS Y CONCHITA	
2052	2-abr-11	018	8.76	9.5	4.22	0.70	1.3	ECVSS Y CONCHITA	
4053	2-abr-11	018	9.30	9.1	4.21	0.70	1.2	ECVSS Y CONCHITA	
2054	2-abr-11	018	9.00	9.1	4.24	0.70	1.2	ECVSS Y CONCHITA	
2055	3-may-11	028	8.20	9.0	4.26	0.70	1.0	NAC. - CHILE 27,8%	
4056	4-may-11	028	8.18	9.0	4.27	0.60	1.3	NAC. - CHILE 27,8%	
2057	4-may-11	028 - 029	8.26	8.8	4.25	0.60	1.2	NAC. - CHILE 26,6%	
4058	5-may-11	029	7.60	8.8	4.18	0.60	1.2	NAC. - CHILE 27,8%	
4059	12-jul-11	063	7.16	9.0	4.29	0.60	1.2	CHILE 27,8%	
4060	12-jul-11	063	7.46	9.0	4.28	0.60	1.2	CHILE 27,8%	
2061	13-jul-11	063	7.34	9.0	4.30	0.50	1.1	CHILE 27,8%	
2062	17-ago-11	086	7.68	9.0	4.11	0.50	1.2	CHILE 27,8%	
4063	17-ago-11	086	7.60	9.0	4.07	0.50	1.1	CHILE 27,8%	
4064	20-sep-11	107	7.98	8.9	4.21	0.56	1.0	CHILE 27,8%	
2065	21-sep-11	107	8.21	8.8	4.21	0.54	1.0	CHILE 27,8%	
2066	24-oct-11	127	8.55	9.0	4.28	0.55	0.9	CHILE 27,8%	
4067	25-oct-11	127	8.52	8.9	4.21	0.60	0.9	CHILE 27,8%	
2068	25-oct-11	127	7.81	8.9	4.20	0.58	1.0	CHILE 27,8%	
4069	24-nov-11	142	7.98	8.9	4.15	0.55	1.1	CHILE 27,8%	
2070	24-nov-11	142	8.42	8.9	4.10	0.53	1.1	CHILE 27,8%	
4071	24-nov-11	142	8.20	8.9	4.19	0.54	1.2	CHILE 27,8%	
4072	18-dic-11	159	9.30	10.5	3.98	0.77	1.3	NAC. YARA- PR 28,3% YB-200	
2073	19-dic-11	159	9.64	10.5	3.96	0.81	1.3	NAC. YARA- PR 28,3% YB-201	

Anexo 15. Método de expertos

La determinación del número de expertos se realiza a partir de la distribución binomial por la expresión 2.1:

Se toman los valores siguientes:

$$i = 0.10$$

$$p = 0.01$$

$$k = 6.6564 \text{ para un } 99\% \text{ nivel de confianza}$$

Se procede a hacer los cálculos:

$$n = \frac{0.01 * (1 - 0.01) * 6.6564}{0.10^2} = 6.5898 \approx 7 \text{ Expertos.}$$

A partir del criterio de los expertos seleccionados se precisan los problemas existentes en el control del proceso, los cuales dificultan la calidad y eficiencia de los mismos.

Listado de expertos seleccionados.

1. Omar Torrecilla González

Ingeniero Químico. (17 años de experiencia)

Especialista principal de calidad

2. Aydel Toledo Martínez

Ingeniero Químico. (19 años de experiencia)

Especialista de producción y procesos tecnológicos

3. Deibert Mursulí Valdivia

Ingeniero Químico. (15 años de experiencia)

Especialista de producción y procesos tecnológicos

4. Yoedys Toledo Rivadeneira

Ingeniero mecánico (17 años de experiencia)

Especialista de mantenimiento

5. Odalys Pina Moreno

Técnico medio (23 años de experiencia)

Técnico gestión de la calidad

6. Magalys Marin Acosta

Licenciada en contabilidad y finanzas (19 años de experiencia)

Técnico A en gestión económica

7. Carlos Guevara Sebrango

Ingeniero termo energético (30 años de experiencia)

Jefe de turno Producción

Para determinar si es o no confiable el juicio emitido por los expertos se utiliza el coeficiente de concordancia de Kendall.

Primeramente se realiza una ponderación de las necesidades otorgándole un valor del 1 a 5, asignándole 1 a la más importante.

Con el resultado se procede a determinar la concordancia utilizando la siguiente expresión:

$$\omega = \frac{12 * \sum \Delta^2}{M^2 * (K^3 - K)}$$

donde:

M: Número de expertos (M= 7)

K: Número de propiedades o índices a evaluar (K= 7)

Δ : Desviación del valor medio de los juicios emitidos. Valor que se calcula mediante la ecuación:

$$\Delta = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \tau$$

Donde:

a_{ij} : Juicio de importancia del índice i dado por el experto j.

τ : Factor de comparación (valor medio de los rangos)

$$\tau = \frac{M * (K + 1)}{2} = 28$$

ω debe estar entre (0..1), hay autores que plantean que:

(0...0.49) no es confiable.

(0.5...1) es confiable.

Sustituyendo los valores obtenidos, se obtiene:

$$\omega = \frac{12 * 1008}{7^2 * (7^3 - 7)} = 0.735$$

El trabajo con los 7 expertos aportó un valor de $W= 0,735$, que muestra que existe concordancia entre los juicios emitidos, de esta forma se determinan que las prioridades de los problemas a darle respuesta, son las siguientes:

1. Existencia de variabilidad en las características de las pulpas de tomate utilizadas.

2. Cambios de formulación de acuerdo a la disponibilidad de materias primas
3. Malas prácticas de manufactura en la etapa de mezclado.
4. Necesidad de identificar al personal que decide la calidad y eficiencia del proceso y capacitar de forma especializada a la dirección y personal involucrado en la producción.
5. Incumplimiento de la NC 77-22-2:82. Determinación de la masa neta.
6. Incumplimiento de los mantenimientos planificados al equipamiento.
7. Deficiente mezclado por falta de agitador.

Los expertos valoraron que el control de proceso se enfoca a la adopción de medidas aisladas, que no garantizan el mejoramiento continuo de la calidad y eficiencia de los procesos productivos.

Características	Criterio de los Expertos							$\sum a_{ij}$	Δ	Δ^2
	1	2	3	4	5	6	7			
Malas prácticas de manufactura en la etapa de mezclado.	3	3	2	1	1	2	2	14	-14	196
Incumplimiento de los mantenimientos planificados al equipamiento.	3	4	3	5	4	4	4	27	-1	1
Necesidad de identificar al personal que decide la calidad y eficiencia del proceso y capacitar de forma especializada a la dirección y personal involucrado en la producción.	3	3	2	1	1	2	3	15	-13	169
Existencia de variabilidad en las características de las pulpas de tomate utilizadas.	1	1	2	1	2	2	1	10	-18	324
Deficiente mezclado por falta de agitador	5	3	4	5	4	5	4	30	2	4
Incumplimiento de la NC 77-22-2:82. Determinación de la masa neta.	4	3	3	4	3	3	3	23	-5	25
Cambios de formulación de acuerdo a la disponibilidad de Materias Primas	1	1	2	1	2	2	2	11	-17	289
$\sum \Delta^2$									1008	

Anexo 16. Fórmula 1 Ficha de costo original

Puré Tomate Doña Tina con pulpa importada						
INGREDIENTES	%	kg/litro	kg/500 ml	USD/KG	usd/Litro	USD/500 ML
Concentrado tomate importado 30 Bx	27.800000	0.288842	0.144421	0.92500	0.26718	0.133589
Acido citrico	0.100000	0.001039	0.000520	2.07700	0.00216	0.001079
Sal	0.550000	0.005715	0.002858	0.5000000	0.00286	0.001429
Agua	71.550000	0.743405	0.371702	0.0030000	0.00223	0.001115
	100.000000	1.039001	0.519500	3.50500	0.27442	0.137212
Materia prima					0.282657	0.141329
Material envase					0.1583	0.104000
Material embalaje		Solidos Solubles 9,0 % min.			0.02237	0.006958
Costos complementarios	8.88				0.206800	0.103400
Costos indirectos					0.020000	0.010000
Costo ex fábrica				USD	0.69013	0.365687
				CUC	0.639007	0.338599
Costo distribución					0.100000	0.05000
Costo comercialización					0.020000	0.01000
Costo administracion					0.017320	0.00866
Costo investigacion y desarrollo					0.005000	0.00250
Costo operacional				USD	0.14232	0.07116
Costo total				USD	0.83245	0.436847
				CUC	0.770785	0.404488
Precio venta Empresa				USD	1.160000	0.600000
				CUC	1.074074	0.555556
Margen bruto					0.327553	0.163153
Fondo contingencias					0.016378	0.008158
Impuestos					0.093353	0.046499
Fondo estimulacion					0.004356	0.002170
Margen neto				USD	0.213466	0.106327
					18.40%	17.72%

Anexo 17. Fórmula 2

Puré Tomate Doña Tina con pulpa nacional y pectina							
INGREDIENTES	%	kg/litro	kg/500 ml	USD/KG	usd/Litro	USD/500 ML	
Concentrado tomate naci	48.050000	0.499240	0.249620	0.61700	0.30803	0.154015	
Pectina	1.000000	0.010390	0.005195	14.34000	0.14899	0.074496	
Sal	0.550000	0.005715	0.002858	0.5000000	0.00286	0.001429	
Agua	50.400000	0.523656	0.261828	0.0030000	0.00157	0.000785	
	100.000000	1.039001	0.519500	15.46000	0.46145	0.230726	
Materia prima					0.475295	0.237648	
Material envase					0.1583	0.104000	
Material embalaje		Solidos Solubles 10 % min.				0.02237	0.006958
Costos complementari	14.96				0.206800	0.103400	
Costos indirectos					0.020000	0.010000	
Costo ex fábrica				USD	0.88277	0.462006	
				CUC	0.817375	0.427783	
Costo distribución					0.100000	0.05000	
Costo comercialización					0.020000	0.01000	
Costo administración					0.017320	0.00866	
Costo investigación y desarrollo					0.005000	0.00250	
Costo operacional				USD	0.14232	0.07116	
Costo total				USD	1.02509	0.533166	
				CUC	0.949153	0.493672	
Precio venta Empresa				USD	1.160000	0.600000	
				CUC	1.074074	0.555556	
Margen bruto					0.134915	0.066834	
Fondo contingencias					0.006746	0.003342	
Impuestos					0.038451	0.019048	
Fondo estimulación					0.001794	0.000889	
Margen neto				USD	0.087924	0.043556	
					7.58%	7.26%	

Anexo 18. Resultado de las características de calidad del producto luego de la implementación de la mejora

F.FABRIC.	OP#	Cons. 5 Seg	°BRIX	PH	ACIDEZ	% NaCl	Evaluación sensorial	Origen de las pulpas
20-ene-12	004	9.86	9.5	4.10	0.78	1.4	Conforme	ECVSS - P.RIO (40%-60%)
20-ene-12	004	10.00	10.0	4.14	0.76	1.4	Conforme	ECVSS - P.RIO (40%-60%)
23-feb-12	023	9.12	8.9	4.18	0.54	1.1	Conforme	CHILE- ECVSS (40%-60%)
24-feb-12	023	9.10	8.9	4.20	0.52	1.1	Conforme	CHILE- ECVSS (40%-60%)
7-mar-12	038	8.24	8.9	4.21	0.67	1.2	Conforme	CHILE- ECVSS (40%-60%)
15-mar-12	044	8.30	8.8	4.21	0.64	1.2	Conforme	CHILE- ECVSS (40%-60%)
4-abr-12	052	9.06	8.8	4.22	0.63	1.2	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
4-abr-12	052	9.00	8.9	4.22	0.61	1.2	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
4-abr-12	052	9.20	8.9	4.22	0.62	1.8	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
9-abr-12	058	8.81	9.0	4.17	0.54	1.1	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
12-abr-12	060	8.72	8.7	4.29	0.53	1.2	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
13-abr-12	061	9.10	8.8	4.26	0.53	1.2	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
3-may-12	069	9.08	8.9	4.25	0.58	1.4	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
4-may-12	069	8.94	8.9	4.23	0.57	1.4	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
9-jun-12	089	9.05	8.8	4.12	0.55	1.5	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
9-jun-12	089	9.00	8.8	4.11	0.56	1.5	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
9-jun-12	089	8.95	8.8	4.11	0.57	1.4	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
3-jul-12	101	8.62	8.6	4.23	0.54	1.6	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
6-sep-12	142	8.83	8.6	4.08	0.56	1.1	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)
6-sep-12	142	8.91	8.6	4.07	0.55	1.0	Conforme	CHILE- JAGUEY (60%-40%)

Anexo 19. Resultados de porcentos de pérdidas de producto. Años 2011 y 2012

Productos	Comportamiento de las pérdidas por meses(%). Año 2011											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PURE DE TOMATE DOÑA TINA	5,02	3,60	7,58	0,05	3,48		3,79	0,77	3,73	3,63	2,26	2,52
JUGO DE TOMATE	11,22								8,38	6,15		8,08
PURE DE TOMATE CONDIMENTADO	4,37		3,48		11,1	5,32	6,20		2,34	5,93	0,09	
PURE TOMATE PREMIUM			0,80		2,82		4,85	3,19	3,43	3,74	3,83	1,14
PURE FRUTAS OSITO				5,90	5,18	4,31	6,56	0,44	1,73	2,58	2,51	2,16
COMPOTA BABY ZAZA	3,01			-2,90	8,22			6,63		5,09	1,16	4,59
NÉCTAR MANZANA						6,21	4,28	2,96	3,39		3,85	3,24
NÉCTAR PERA										2,75	10,6	4,35
NÉCTAR MELOCOTÓN								3,54	4,49		2,58	1,83
NÉCTAR MEDITERRÁNEO											1,57	
JUGO DE MANGO						1,19	1,62	2,37	1,17		-3,9	5,67

Productos	Comportamiento de las pérdidas por meses(%). Año 2012											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PURE DE TOMATE DOÑA TINA	1,86	2,64	3,04	3,42	1,62	0,49	2,92	3,05	1,41	2,98	2,11	
JUGO DE TOMATE		5,73	-1,43					5,21		5,81		
PURE DE TOMATE CONDIMENTADO	1,70		0,65	3,00			0,66					
PURE TOMATE PREMIUM	2,49	6,19	0,45	0,28	-0,9	1,32	1,04	0,80	3,65	5,42	3,54	
PURE FRUTAS OSITO	-2,81	4,11	3,00	0,61	2,42	1,38	1,44	0,78	3,18	3,26	2,71	
COMPOTA BABY ZAZA	1,34	0,30	0,12	2,00		2,44	1,57	1,96	3,07	0,65	5,78	
NÉCTAR MANZANA		0,64	2,49	2,10			3,86		5,78	1,86	1,73	
NÉCTAR PERA		1,26		1,88		0,16	1,89			1,33	-2,75	
NÉCTAR MELOCOTÓN		1,10	2,19					7,13		0,64		
NÉCTAR MEDITERRÁNEO		2,65					1,6			-3,50		
NÉCTAR PINA								2,17				
JUGO DE MANGO			-3,66				2,91	0,67	2,95			

Anexo 20. Fórmula 3

Puré Tomate Doña Tina con pulpa nacional 40% e importado 60%							
INGREDIENTES	%	kg/litro	kg/500 ml	USD/KG	usd/Litro	USD/500 ML	
Concentrado tomate nacion	16.679700	0.173302	0.086651	0.61700	0.10693	0.053464	
Concentrado tomate Import	16.679600	0.173301	0.086651	0.92500	0.16030	0.080152	
Sal	0.550000	0.005715	0.002858	0.5000000	0.00286	0.001429	
Agua	66.090700	0.686682	0.343341	0.0030000	0.00206	0.001030	
	100.000000	1.036000	0.519500	2.04500	0.27215	0.136074	
Materia prima					0.280313	0.140156	
Material envase					0.1583	0.104000	
Material embalaje		Solidos Solubles 9,0 % min.			0.02237	0.006958	
Costos complementari	5.55				0.206800	0.103400	
Costos indirectos					0.020000	0.010000	
Costo ex fábrica				USD	0.68778	0.364515	
				CUC	0.636836	0.337514	
Costo distribuciòn					0.100000	0.05000	
Costo comercializaciòn					0.020000	0.01000	
Costo administracion					0.017320	0.00866	
Costo investigacion y desarrollo					0.005000	0.00250	
Costo operacional				USD	0.14232	0.07116	
Costo total				USD	0.83010	0.435675	
				CUC	0.768614	0.403403	
Precio venta Empresa				USD	1.160000	0.600000	
				CUC	1.074074	0.555556	
Margen bruto					0.329897	0.164325	
Fondo contingencias					0.016495	0.008216	
Impuestos					0.094021	0.046833	
Fondo estimulacion					0.004388	0.002186	
Margen neto				USD	0.214994	0.107091	
					18.53%	17.85%	