

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



Trabajo de Diploma

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico.

Título: Análisis del comportamiento de las principales variables del proceso de producción del yogurt natural en la Unidad de Base Empresarial “Lácteos Matanzas” de Matanzas.

Autor: Adrianys Beatriz Medina Díaz

**Tutores: MSc. Karel Martín Suarez
Ing. Yurien Ybarra Díaz**

Matanzas, 2019.

Pensamiento

Solo el trabajo intenso, abnegado y eficiente de cada día dará paso a resultados y realizaciones concretas que constituirán nuevas victorias de la patria y el socialismo

Presidente del Consejo de Estado y Ministro de la República de Cuba

‘Miguel Díaz Canel Bermúdez

22 de abril de 2018

Dedicatoria

Este trabajo de diploma está dedicado a mi papá que aunque ya no se encuentra conmigo siempre me brindó su apoyo incondicional. A todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado, en especial a mi mamá y a mi novio.

Agradecimientos

- A mi familia que siempre confió en mí y me dieron la fuerza que necesitaba.
- A mi mamá que siempre ha estado conmigo en los momentos más difíciles.
- A mi novio Miguel que me brinda su apoyo incondicional.
- A mis tutores que sin ellos este trabajo no sería posible.
- A mis amistades y a todas aquellas personas que contribuyeron de una forma u otra mi formación profesional, a todos muchas gracias.

Declaración de Autor

Yo: **Adrianys Medina Díaz**, hago constar que soy la única autora de este Trabajo de Diploma y autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” especialmente a la Facultad de Ciencias técnicas y a Empresa Lácteos Matanzasa hacer uso del mismo, con la finalidad que estimen conveniente.

Resumen

La investigación desarrollada en la Unidad Base Empresarial “Lácteos Matanzas” de la misma provincia, tiene como objetivo general realizar el análisis de las principales variables del proceso de producción del yogurt natural. Para lograr este propósito se lleva a cabo una caracterización de dicho proceso, se realiza un análisis de peligro y puntos críticos de control que establece criterios respecto a la inocuidad de los alimentos y se analizan las variables que tienen mayor incidencia en la producción a través de diferentes métodos estadísticos. Se comprueba que para los meses de enero y febrero, a pesar de que la mayoría de las variables analizadas cumplen con la norma, el proceso de yogurt natural está fuera de control, siendo la temperatura la principal causa. Además se emplean balances de materiales para comprobar las pérdidas del proceso y a través del estudio económico se determina si el proceso analizado es rentable para la empresa

Abstract

The research carried out in the "Lacteous Matanzas" Business Unit of the same province, has as its general objective to analyze the production process of natural yogurt. To achieve this purpose, a characterization of this process is carried out, a hazard analysis and critical control points are carried out that establish criteria regarding the safety of the food and the variables that have the greatest impact on production are analyzed different statistical methods. It is verified that for the months of January and February, although most of the analyzed variables comply with the norm, the process of natural yogurt is out of control, with temperature being the main cause. In addition material balances are used to verify the losses of the process and through the economic study it is determined if the analyzed process is profitable for the company

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Análisis bibliográfico	3
1.1 La industria láctea	3
1.2 El yogurt natural	4
1.2.1 Sus orígenes	5
1.2.2 Clasificación del yogurt según su contenido en grasa, ingredientes y el proceso de elaboración	5
1.2.3 Beneficios del yogurt natural	7
1.3 Microorganismos en el yogurt natural	9
1.4 Principales parámetros que influyen en la producción de yogurt natural	11
1.4.1 Acidez	11
1.4.2 Viscosidad	12
1.4.3 Grasa %	13
1.4.4 Temperatura	13
1.4.5 pH	14
1.5 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)	14
1.6 Control estadístico de la calidad	16
1.6.1 Análisis de varianza	17
1.6.2 Prueba de hipótesis	18
1.6.3 Cartas de control	19
1.7 Conclusiones parciales del capítulo	21
Capítulo 2: Materiales y Métodos.	22
2.1. Descripción general del proceso tecnológico	22
Etapa 1: Preparación del cultivo industrial:	22

Etapa 2: Tratamiento térmico.....	24
Etapa 3: Elaboración del yogurt.	26
2.2. Indicadores de calidad.	27
2.2.1. Materias Primas.....	27
2.2.2. Yogurt Natural.	28
2.3. Caracterización de los principales equipos.....	29
2.5. Herramientas estadísticas para el control de la calidad.....	33
2.5.1. Pruebas de normalidad	35
2.5.2. Pruebas de hipótesis.....	36
2.5.3. Cartas de control.	37
2.6. Balance de materiales.....	41
2.7. Economía.....	42
2.7.1. Indicadores económicos.....	42
2.7.2. Punto de equilibrio.....	44
Conclusiones parciales del capítulo.....	45
Capítulo 3: Análisis de los resultados.....	46
3.1 Análisis de los resultados de la determinación de los Puntos Críticos de Control.	46
3.2 Resultados y análisis de las herramientas estadísticas aplicadas.	47
3.2.1 Caracterización estadística de las variables de proceso.	47
3.2.2 Resultados y análisis de las pruebas de normalidad.	48
3.2.3 Análisis de las pruebas de hipótesis.....	51
3.2.4. Cartas de control para las variables estudiadas	54
3.3 Análisis de los resultados obtenidos en el balance de materiales.	56
3.4 Análisis económico de la producción de yogurt natural.	57

3.4.1 Punto de equilibrio.....	58	
3.4.2 Estructura de costos.....	59	
3.5. Principales causas que afectan la calidad del yogurt natural.....	59	
Conclusiones parciales del capítulo.....	62	
Conclusiones.....	63	
Recomendaciones.....	64	
Bibliografía.....	1	
Anexos	7	
Tanques KTM	Cortina de enfriamiento.....	8
(Producción del yogurt natural)		8

Introducción

La concepción de la Unidad de Base Empresarial “Lácteos Matanzas” está dada por el aprovechamiento de la situación geográfica, con los objetivos de absorber los incrementos de leche que deben producirse debido al desarrollo ganadero y aumentar el surtido de derivados de la leche; donde necesariamente convergen las vías de acopio de la leche de vaca provenientes de la periferia de todo el municipio matancero.

Durante sus décadas de existencia la misión de los trabajadores de este centro es producir y comercializar productos lácteos y derivados de la soya de alta calidad para satisfacer las necesidades del mercado. Partiendo de la visión del desarrollo lechero que está ocurriendo en el país, la preparación de la industria, la planificación estratégica y la dirección, tiene por objetivo satisfacer las necesidades de los clientes tanto con producciones propias como los productos que se comercializan del resto del país.

El material principal de esta industria es la leche, la cual constituye un alimento básico en la dieta del hombre y uno de los más completos en lo que a nutrición se refiere. Uno de sus derivados es el yogurt natural, que contiene importantes fuentes de proteínas, calcio y vitaminas que por su alta digestibilidad supera las virtudes alimenticias de la leche de origen y contribuye a la asimilación de otros nutrientes.

El yogurt es ácido y tiene una fina y suave textura, que va desde un firme gel hasta un líquido viscoso como las natillas, dependiendo de las técnicas de fabricación. Es uno de los productos lácteos coagulantes que se obtiene a través de la fermentación, se hace y se consume en muchas partes del mundo. Al producirse la fermentación, el pH disminuye, causando la coagulación de las micelas de la caseína. Las distintas características que pueden obtenerse son causa de la variación de distintos factores como: la composición de la leche, la temperatura de incubación, la flora láctica o la flora microbiana distinta a la láctica. (Muñoz y Pazmiño, 2011).

Es por ello que surge esta propuesta de trabajo, para verificar a través de herramientas estadísticas de control que el yogurt natural elaborado en esta empresa cumple con los parámetros establecidos y que llegue al consumidor con la mejor calidad requerida. Además de evitar que un producto defectuoso genere mayores costos al seguir creándose en mal estado.

Acorde a lo anteriormente planteado, se formula el siguiente problema científico:

Problema científico:

¿Cómo determinar el comportamiento de los principales parámetros del proceso de elaboración del yogurt natural y su influencia en la calidad del producto final, así como las causas que inciden en los problemas operacionales de dicho proceso?

Para dar solución al problema se establece la hipótesis siguiente:

Hipótesis: Al realizar un análisis de los principales parámetros que influyen en la elaboración de yogurt natural, se podrá observar el comportamiento de las mismas, su incidencia en el producto final y detectar las causas que originan los problemas presentes en la producción y proponer soluciones.

Objetivo General: Evaluar el comportamiento de las principales variables que intervienen en la producción de yogurt natural, a través del control estadístico.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar el proceso de producción del yogurt natural.
2. Análisis del comportamiento de los principales parámetros de la producción.
3. Control estadístico de las variables fundamentales.
4. Determinar las causas que influyen en la calidad del producto final.

Capítulo 1: Análisis bibliográfico

El objetivo de este capítulo es abordar los fundamentos teóricos para definir las bases conceptuales sobre las cuales se sustenta la investigación. Para lograr el desarrollo del mismo se analizan bibliografías actualizadas de diferentes autores referidas a la calidad, el control de procesos y la producción de yogurt natural.

1.1 La industria láctea

La industria láctea es un sector de la industria que tiene como materia prima la leche procedente de animales (por regla general vacas). La leche es uno de los alimentos básicos de la humanidad. Los sub-productos que genera esta industria se categorizan como lácteos e incluyen una amplia gama que van desde los productos fermentados, como el yogur y el queso, hasta los no fermentados: mantequilla, helados, entre otros. Este sector ha contribuido en gran medida a suplir una de las necesidades primordiales de la población, como es el consumo de leche y sus derivados, debido a que estos constituyen un elemento básico dentro de la dieta balanceada que toda persona debe poseer para tener una buena nutrición (Palacios, 2017).

El sector lácteo se considera como el líder de los alimentos funcionales, entre los cuales se destaca al yogur el cual es un alimento que tiene un mayor uso ya que se incorpora diversos nutrientes funcionales, pero también se puede encontrar a una serie de alimentos según los requerimientos del mercado tales como las leches digestivas, sin dejar de lado a las cardio - saludables, las generadoras de energía, crecimiento, etc. (Carrera, 2015)

Según Palacios, 2017 ante los nuevos retos que impone la globalización, es imperante que en el mundo las empresas y organizaciones diseñen, apliquen y mantengan nuevos métodos y prácticas laborales, que conlleven a la eficiencia productiva, para optimizar los costos, la calidad de los productos, y provocar menos daño al medio ambiente y al hombre.

1.2 El yogurt natural

Según Mora, 2017 el yogurt es un derivado lácteo que se obtiene por fermentación de la leche mediante la adición de bacterias ácido lácticas; *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus*, que transforman metabólicamente los carbohidratos, proteínas y lípidos en una serie de compuestos que contribuyen al sabor, aroma y textura característicos del yogurt.

Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de duración mínima. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables. Ciertas leches fermentadas se caracterizan por un cultivo específico (o cultivos específicos) utilizado para la fermentación, (FAO y OMS, 2011).

Mendoza, 2015 expresa que cada especie de bacterias estimula el crecimiento de la otra, y los productos de su metabolismo combinado dan como resultado la textura cremosa característica y el ligero sabor ácido, es un alimento de alto valor nutritivo, que regularizan la flora intestinal, restablece las funciones hepáticas y es de fácil digestibilidad.

Los ingredientes básicos pueden ser: leche entera, leche semidescremada, leche desnatada, leche evaporada, leche en polvo o una mezcla de cualquiera de estos productos derivados. La mezcla seleccionada normalmente contiene un poco menos de grasa y un poco más de sólidos no grasos que la leche. (León y Proaño, 2015)

Desde el punto de vista fisicoquímico el yogurt está compuesto por: proteínas que son altamente digeribles, grasa que realiza la función de defensa en nuestro organismo y es fuente energética, cenizas que son residuos inorgánicos de interés nutricional como el calcio, fósforo, etc., acidez dada por la producción de ácido láctico a partir de la transformación de lactosa el hidrato de carbono de la leche, sólidos totales y pH. (Rebollar, 2017)

1.2.1 Sus orígenes

Según Naranjo y Vera, 2012 las tribus nómadas pronto se dieron cuenta de que la leche se convertía en una masa semi sólida al transportarla en sacos de piel de cabra, porque el calor y el contacto de la leche con la piel de cabra fomentaban su fermentación mediante la acción de bacterias ácidas. La facilidad de transporte, conservación y propiedades nutritivas convirtieron al yogur en un alimento esencial para estos pueblos.

En 1917, Isaac Carasso produjo yogur en Barcelona, siguiendo procesos industriales, como un producto de venta exclusiva en farmacia. En los años 50, el yogur empezó a distribuirse en lecherías y, posteriormente, en tiendas de alimentación. Desde los años 60 la producción de leche fermentada se expandió en todo el mundo, principalmente en yogurts. Este producto ha tenido un consumo muy notorio debido a su valor nutritivo, características organolépticas, propiedades terapéuticas y profilácticas y moderados costos. (Quintana, 2011)

Por tanto, la leche y los productos lácteos son alimentos que el ser humano ha consumido desde hace milenios. La disponibilidad y la distribución de la leche y los productos lácteos responden a una mezcla de siglos de arte tradicional con la aplicación de ciencia y tecnología modernas.

1.2.2 Clasificación del yogurt según su contenido en grasa, ingredientes y el proceso de elaboración

Debido a que se procesan diversos tipos de yogurt los cuales se diferencian por su composición, técnica de producción, sabor, consistencia y textura. Se clasifican de las siguientes maneras, según lo establecido en la norma INEN 2395, 2011, de acuerdo a las características a las leches fermentadas:

❖ Según el contenido de grasa en:

a) Entera: con 2 % de contenido graso como mínimo.

b) Semidescremada (parcialmente descremada): mayor de 0,5 % y menor al 2 % de grasa láctea.

c) Descremada: máximo 0,5 % de grasa láctea.

❖ De acuerdo a los ingredientes en:

a) Natural: producto obtenido solo por fermentación láctica mediante la acción bacteriana de *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus Thermophilus*, sin la adición de otros ingredientes que modifique sus características sensoriales.

b) Con ingredientes: cuando al yogurt natural se le ha añadido; azúcares comestibles, productos naturales como frutas y zumos, edulcorantes autorizados y/o agentes aromáticos autorizados.

❖ De acuerdo al proceso de elaboración:

a) Batido: El cuajo se lleva a cabo en tanques, la estructura del gel se rompe por agitación, durante el enfriamiento y posteriormente se envasa.

b) Coagulado o aflanado: este producto es obtenido cuando la fermentación y coagulación se realiza en el mismo envase resultando una masa uniforme semisólida.

El Yogurt, se produce por modificación química o bioquímica de alguno de sus componentes la cual da como resultado un producto ácido. El valor nutritivo de los productos lácteos depende del de la leche, pero está influido por los efectos del proceso tecnológico sobre los nutrientes (especialmente los térmicos sobre la destrucción de algunas vitaminas). Otras alteraciones (por su manejo, conservación o procesos tecnológicos) son la oxidación e hidrólisis de las grasas, que son dos de los parámetros causantes de alteraciones en la calidad, especialmente en aquellos productos con contenido en grasa elevado. (Hernández,2007)

Las cualidades nutritivas del yogurt provienen no sólo de la presencia de los compuestos de la leche, sino también de la transformación de éstos como resultado de la fermentación ácido-láctica causada por los microorganismos.

1.2.3 Beneficios del yogurt natural

Es importante la prevención y tratamiento de enfermedades con el fin de maximizar la calidad de vida. Al respecto, se ha observado *in vitro* que los productos lácteos fermentados con BAL prebióticos (Bacterias Ácido- Lácticas) tiene propiedades funcionales, porque ayudan a incrementar la habilidad del cuerpo para resistir la invasión de patógenos y mantener bien la salud del huésped. Los prebióticos han sido muy utilizados en aplicaciones terapéuticas que incluyen: protección y prevención contra la diarrea, control de enfermedades inflamatorias del intestino, síndrome de intestino irritable, alivio de los síntomas de la intolerancia a la lactosa, reducción del colesterol y de la hipertensión. Otros beneficios incluyen la producción de enzimas, estabilización de la microflora y reducción de algunos cánceres, principalmente del colon, prevención y tratamiento de úlcera gástrica (Díaz y Rubio, 2016).

El yogurt tiene proteínas, fosforo, vitaminas y grasas muy digeribles. La acidificación transforma todos estos componentes en el sentido de facilitar su digestión. Muchos neurólogos opinan que el yogurt es más digestible que la leche dulce. Lo que sí es cierto es que muchas personas que no toman leche pueden tomar yogurt. En caso de la gastritis el yogurt tiene la propiedad de regular nuestras funciones digestivas; sus bacterias limpian el intestino evitando el estreñimiento. También es un alimento que estimula el metabolismo, tranquiliza los nervios y combate el insomnio y las alergias. (Mendoza, 2015 y Hursel, *et al.*, 2009)

El yogurt es un producto que proporciona un elevado contenido de nutrientes, aportando vitaminas, hidratos de carbono, proteínas y minerales, especialmente calcio y fósforo. El yogurt contiene una verdadera fuente de vitaminas, entre las que se encuentran son las vitaminas del grupo B y en menor proporción la vitamina A; los hidratos de carbono en el yogurt hacen que sea una fuente amplia de energía en la dieta diaria de los consumidores, que cubre el 82 % del valor calórico aportado por las proteínas, debido a un alto contenido de aminoácidos esenciales, es considerado un alimento nutricional para el consumo de niños y adultos. (Gaona. 2017)

Según PROFECO, 2012 desde el punto de vista nutricional, los productos lácteos constituyen uno de los pilares de la alimentación. Ello se debe fundamentalmente a las siguientes características:

- ✓ Es una fuente rica en proteínas de alto valor biológico, las cuales estimulan las secreciones hepáticas e intestinales.
- ✓ Además, se considera que el yogurt, debido a las bacterias que contiene, esta “pre digerido”, por ello el sistema digestivo solo se toma una hora para asimilar el 90% de los azucares, en lugar de las tres o cuatro horas que tarda en asimilar otros productos derivados de la leche.
- ✓ Las bacterias del yogurt favorecen la síntesis de vitaminas, especialmente del complejo B que son importantes para combatir la anemia y ciertas deficiencias nutricionales.

Además Gagñay, 2010 plantea que:

- ✓ Es recomendable para las personas que padecen de intolerancia a la lactosa: Las bacterias ácido lácticas contienen lactasa, enzimas que facilitan la digestión de la lactosa antes que ocasione algún tipo de malestar. Las personas que tienen poco disponible la enzima en su organismo se ven beneficiadas si consumen yogurt pues pueden crear mayor tolerancia a otros tipos de lácteos.
- ✓ Fuente importante de calcio: El calcio está presente en el ser humano principalmente en los huesos y en los dientes. La ingestión adecuada de calcio puede ser benéfica no solo para la prevención y tratamiento de osteoporosis, sino también para la reducción en el riesgo de diversas enfermedades, que incluyen la hipertensión y los cálculos oxálicos renales. Los productos lácteos proveen un alimento rico en calcio de alta biodisponibilidad, es decir bastante utilizable por el organismo.

Según Narváez, 2015:

- ✓ El yogurt a diferencia de la leche, contiene un alto nivel de proteínas y esto se da debido a que uno de los ingredientes de su elaboración es la leche en polvo, dando como resultado la presencia de un elevado valor biológico y

tanto las caseínas como las proteínas del lacto suero tienen una concentración alta de aminoácidos esenciales. Las proteínas de la leche, además de enmascarar la acidez del yogurt son las que nos proporciona una mejor consistencia y viscosidad del producto sea suave, cremoso y mejor aroma.

- ✓ Uno de los componentes importantes del yogurt son los lípidos, gracias a ellos se logra viscosidad, textura apariencia requerida para el yogurt.
- ✓ Los lípidos del yogurt no son grasas malas, estos nos ayudan a mantener una dieta equilibrada, además son una fuente de energía y sirven como protección de órganos vitales.

1.3 Microorganismos en el yogurt natural

Las bacterias son microorganismos celulares, existe en todas partes, de varias formas y especies, en la industrial se conoce como fermentos o cultivos de yogurt, todos estos microorganismos son los que aportan el beneficio al yogurt como el *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus Thermophilus*. El objetivo de todas las bacterias es descomponer el azúcar natural de la leche, conocida como lactosa. (Jaime, 2015)

La actividad prebiótica de un microorganismo comienza con la colonización competitiva de la bacteria en la flora intestinal, esto provoca un efecto antagónico en el crecimiento de patógenos evitando el desarrollo de los mismos. El consumo de prebióticos es muy beneficioso para distintas funciones del organismo. Dichos oligosacáridos controlan el sistema digestivo mediante la proliferación de microorganismos útiles, evitando así enfermedades como la gastroenteritis. Estudios han demostrado que el consumo de estos disminuye la presencia de sustancias mutagénicas, (James, 2016).

La incorporación de estos microorganismos *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus* garantiza la producción de características agradables y beneficiosas, ya que prolongan la vida útil de la leche, haciendo del yogurt un producto sabroso y además contribuyen a la buena salud de las personas que los consumen habitualmente. (Molina. 2009)

El ácido láctico es también el que confiere a la leche fermentada ese sabor ligeramente acidulado. Los elementos derivados de las bacterias lácticas producen a menudo otros sabores o aromas característicos. La interacción entre estas bacterias reduce considerablemente el tiempo de fermentación y el producto resultante tiene peculiaridades que lo distinguen de los fermentados mediante una sola cepa de bacterias, (León y Proaño, 2015).

Según Del Castillo y Mestres, 2009 los microorganismos productores de la fermentación láctica deben ser viables y estar presentes en el producto terminado en cantidad mínima de 1 por 10⁷ colonias por gramo o mililitro. Además Ordinola y Osorio, 2015 plantea que para que las bacterias ácido lácticas sean capaces de producir efectos prebióticos deben llegar un número suficiente a los intestinos, ser habitante normal del intestino, resistir al medio ácido del estómago y a las sales biliares, deben producir compuestos antimicrobianos y ser estables durante el proceso de producción, comercialización y distribución para que puedan llegar vivos al intestino. Es importante que estos microorganismos puedan ser capaces de atravesar la barrera gástrica para poder multiplicarse. Por ello es necesario conocer las características que presentan cada una de ellas, considerando que las bacterias pueden morir o bien reproducirse en función de las condiciones de conservación y que al momento del consumo pudieran no estar viables o en las cantidades indicadas.

✓ *Streptococcus thermophilus*:

Morfología: Se presenta en forma de células esféricas u ovoides de 0,7 a 0,9 µm de diámetro unidas en parejas o largas cadenas, según la temperatura de crecimiento y el medio de cultivo.

Ecología: La leche y los productos lácteos.

Metabolismo: Es homofermentativa. En la leche produce 0,7-0,8 % ácido láctico, algunas cepas son capaces de producir hasta un 1% de ácido láctico. Algunas cepas son capaces de producir polisacáridos, lo cual es importante para la viscosidad del yogur.

Temperatura de crecimiento: Es una bacteria termófila. Su temperatura óptima de crecimiento es de 42-45 °C, la mínima de 10 °C y la máxima de 50 °C. También es una bacteria termodúrica, aguanta un tratamiento de calor en la leche de 30 minutos a 60 °C.

✓ *Lactobacillus Bulgaricus*

El *Lactobacillus bulgaricus* es el principal producto del aroma, contribuye a la hidrólisis de la materia grasa de la leche liberando ácidos grasos y puede producir cantidades considerables de acetaldehído. (Lignia, 2014)

Morfología: Se presenta en forma de bacilos alargados con la punta redondeada, separados o formando cadenas. El tamaño medio en la leche es de 0,8-1 µm de ancho y 4-6 µm de largo.

Ecología: La leche y los productos lácteos.

Metabolismo: Es homofermentativa. En la leche produce aproximadamente un 1,7 % de ácido láctico. Además de ácido láctico, produce pequeñas cantidades de otros productos como los ácidos grasos volátiles.

Temperatura de crecimiento: Es una bacteria termófila. Su temperatura óptima de crecimiento es de 40-43°C, la mínima de 15°C y la máxima de 52°C (algunas cepas crecen hasta 60°C). Aunque no se considera una bacteria termodúrica, algunas cepas aguantan temperaturas de 75°C durante 20-30 min. (Ahn, *et al.*, 2002)

1.4 Principales parámetros que influyen en la producción de yogurt natural

Las propiedades fisicoquímicas son de gran importancia ya que de ellas depende la conservación y la calidad del producto. Efectúan un papel importante en la determinación del valor nutricional del alimento porque van a satisfacer necesidades del organismo en términos de energía y nutrientes.

1.4.1 Acidez

La actividad metabólica de los microorganismos del yogur está dada por la velocidad de crecimiento y el desarrollo de la acidez, de ahí la importancia de determinar y dar

seguimiento a la misma desarrollada durante la elaboración del yogur (Gómez, 1999), por lo que es uno de los mejores índices de aceptabilidad de los consumidores, que junto al aroma van de la mano en los productos lácticos. La acidez en productos lácteos es expresada como porcentaje de ácido láctico, según Puhán, 1986 oscila entre 0,8 a 1,8% de ácido láctico.

El porcentaje de ácido láctico adecuado es de suma importancia para la producción de yogurt de alta calidad con sabor, cuerpo y textura propia, que exhiba el mínimo porcentaje de sinéresis durante el almacenamiento. Su aumento en el yogurt por la producción de ácido láctico ocasiona la coagulación de la caseína y el sabor en el producto. (Hernández, 2004)

1.4.2 Viscosidad

La viscosidad es una propiedad de transporte relacionada con la resistencia que ofrece un fluido al ser deformado por un esfuerzo aplicado y se muestra como una variable que depende de varios parámetros. Se conoce que los coeficientes de viscosidad de los líquidos son más altos que los de los gases. La viscosidad del yogurt no depende solamente del contenido de grasa, sino también del fermento y del estabilizante especialmente, (Monsalve, 2010).

La leche es mucho más viscosa que el agua, esto se debe por completo a la materia grasa en estado globular y las macro moléculas proteicas. Toda modificación que actúa en las grasas o las proteínas tendrá un efecto particular en la viscosidad, la homogenización eleva la viscosidad de la leche, así como los factores que producen variaciones en el estado de hidratación de las proteínas (coagulación del agua ligada) también son causas de los cambios de esta variable. Algunas especies de bacterias lácticas producen tal cantidad de polisacáridos que aumentan considerablemente la viscosidad de la leche fermentada. Dentro de los factores que afectan la viscosidad del yogurt están los siguientes:

- ✓ Contenido de grasa.
- ✓ Temperatura de incubación, a mayor temperatura la viscosidad disminuye.
- ✓ Velocidad de enfriamiento.
- ✓ Por efecto de calentamiento.

- ✓ Por efecto de la contaminación de sólidos en la leche.

Los cambios en la viscosidad del yogurt, depende de una serie de factores propios de las proteínas tales como el tamaño molecular, forma, carga superficial, tipo de las proteínas, concentración, solubilidad y capacidad de retención de agua, y estas a su vez, están influenciados por los factores del medio ya mencionados, (Mori, 1989).

Según Mendoza, 2015y Lignia, 2014 cualquier incremento o disminución de la temperatura afecta la viscosidad teniendo un comportamiento inversamente proporcional, (disminuye a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento y aumenta a medida que disminuye la temperatura), así mismo con el tiempo el gel pierde firmeza y consistencia, y decrece la viscosidad. Además, al incrementar el porcentaje de sólidos no grasos se potencia la viscosidad del producto terminado, es decir se eleva la firmeza o rigidez de la matriz proteica, disminuye la sinéresis y aumenta la consistencia y por ende la viscosidad del producto terminado.

1.4.3 Grasa %

Los lípidos intervienen directamente en la consistencia y textura del producto. Siempre que el aporte de grasa este dentro de los valores establecidos, este será de gran provecho para la salud, ya que es una fuente energética, y está presente en las membranas celulares y realizan función de defensa a nuestros órganos internos. (Rebollar, 2017)

1.4.4 Temperatura

Durante el proceso de fermentación la temperatura debe mantenerse constante, debido a que esta hace variar la proliferación de microorganismos y genera más rápido el ácido láctico, ya que las bacterias introducidas en la leche se alimentan de la lactosa presente y expulsan el ácido láctico como desechos. Cuando la leche fermentada llega a un pH de 4,5 se debe enfriar rápidamente para detener el proceso de los microorganismos. (Gamboa, 2013)

Terminado el proceso de elaboración de las leches ácidas la refrigeración es fundamental para la conservación de las características adquiridas durante el

proceso y que son las que determinan la calidad de estos productos. Las temperaturas óptimas de conservación son de 5 a 10°C. La duración del producto depende de las condiciones higiénicas en que se elabora.(Wu, *et al.*, 2009)

1.4.5 pH

El control del pH es otro aspecto relevante en la elaboración de alimentos, tanto como indicador de las condiciones higiénicas como para el control de los procesos de transformación. El pH, como la temperatura y la humedad, son importantes para la conservación de los alimentos. De ahí que, generalmente disminuyendo el valor de pH de un producto, aumente el periodo de conservación. (Gamboa, 2013)

El pH es la medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia. Para el yogurt este es uno de los parámetros importantes debido a que durante su fabricación se busca disminuir el pH de la leche y llegar a un pH óptimo del yogurt en donde esto le va a favorecer para que obtenga un olor y sabor característico.(Martínez, 2016)

El yogurt es un sistema complejo que posee sustancias que actúan como soluciones tampones que impiden variaciones abruptas en el pH y lo mantienen con muy poca fluctuación, entre estas se encuentran las sales de calcio presentes en el yogurt que en un principio se encontraban en la leche, es por esta razón que el pH no sufre cambios significativos, (Lignia, 2014). Según Quintana, 2011 este disminuye con el tiempo de almacenamiento debido a la ruptura de la lactosa por las bacterias lácticas.

1.5 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

El conocimiento de los peligros asociados a los productos lácteos, su ecología, y sus características de crecimiento y de resistencia permiten desarrollar medidas para su prevención aplicables en programas de prerrequisito, y medidas de control que pueden ser usadas en el plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, siglas en inglés), para establecer puntos críticos de control.(De la Novalet *al.*, 2004)

Según Dávila *et al.*, 2006 el Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos conocido como HACCP es un método sistemático, preventivo, dirigido a la identificación, evaluación y control de los peligros asociados con las materias primas, ingredientes, procesos, comercialización y su uso por el consumidor, a fin de garantizar la inocuidad del alimento. Puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor final, y su aplicación deberá basarse en pruebas científicas de peligros para la salud humana. Un punto crítico de control es la fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducir a un nivel aceptable. En su extensión, es el punto de alguna actividad que es importante analizar o tener en cuenta para prevenir la ocurrencia de un suceso no deseado, es decir, es aquel lugar o etapa donde un error es irreversible, que no puede ser rectificado en etapas posteriores.

Este sistema está enfocado hacia el control de las etapas críticas para la inocuidad del alimento a diferencia del control tradicional que se basa en la inspección de las instalaciones y el análisis del producto final.

La norma plantea el sistema de seguridad alimentaria basado en los principios de HACCP han sido exitosamente implementados en procesadoras de alimentos, tiendas al por menor de alimentos, en operaciones relacionadas con el servicio de alimentos y procesos de la industria farmacéutica.

Este sistema consta de 7 principios que se deben de cumplir mediante la conducción de tareas específicas. Los 7 principios de HACCP son:

1. Análisis de peligros.
2. Identificar los Puntos Críticos de Control
3. Establecer los Límites Críticos
4. Monitoreo del PCC
5. Establecer acciones correctivas.
6. Verificación
7. Establecer procedimientos para mantener registros (Castillo, 2004)

El sistema de APPCC tiene grandes beneficios; entre los más importantes se pueden señalar:

- Resulta más económico controlar el proceso que el producto final. Para esto se realizarán medidas preventivas y se evitará la pérdida de lotes enteros y del tiempo empleado.
- Los controles, al realizarse de forma directa durante el proceso, permiten respuestas rápidas cuando son necesarias, es decir, la adopción de medidas correctoras en los casos de desviación.
- Los alimentos presentan un mayor nivel sanitario que para quien lo produce, elabora, comercializa o transporta, se traduce en reducción de reclamos, devoluciones, reprocesos y rechazos.

En cuanto a los inconvenientes del sistema se pueden citar:

- Conseguir la comprensión y aceptación del personal dirigente para la aprobación del sistema, por los gastos que inicialmente requiere.
- Problemas con su implementación por la falta de personal calificado para que el trabajo quede impecable.
- La dificultad inherente al propio sistema: cómo cuantificar los puntos críticos de control y sus medidas preventivas, así como los riesgos observados. El peligro de una mala identificación puede, con seguridad, echar por tierra todos los principios del sistema (González, *et al.*, 2004).

1.6 Control estadístico de la calidad

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Dicho de otra manera, las características del producto fabricado presentan una variabilidad. Esta variabilidad es claramente indeseable y el objetivo ha de ser reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de unos límites. El Control Estadístico de Procesos es una herramienta útil para alcanzar este objetivo. Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación, puede decirse que esta herramienta contribuye a la mejora de la calidad de la producción. Permite también aumentar el conocimiento

del proceso lo cual en algunos casos puede dar lugar a la mejora del mismo. (Huerga, 2004)

Según Martínez, 2010 el control estadístico de la calidad es la aplicación de diferentes técnicas estadísticas (pruebas de hipótesis y cartas de control) a procesos industriales (mano de obra, materias primas, máquinas y medio ambiente), procesos administrativos y/o servicios con el objetivo de verificar si todas y cada una de las partes del proceso y servicio cumplen con unas ciertas exigencias de calidad y ayudar a cumplirlas, entendiendo por calidad la aptitud del producto y/o servicio para su uso.

El control estadístico de procesos es una herramienta estadística de la calidad que permite conocer, por medio de la comparación continua, los resultados y la calidad de un producto, identificando a través de datos estadísticos las tendencias y variaciones más significativas con el fin de prevenirlas, controlarlas y eliminarlas. Sirve además, como herramienta para distinguir entre las causas comunes y especiales de variación, para conocer los efectos de cambios o variaciones introducidas al proceso y para tomar decisiones de cuando se debe ajustar un proceso. (Montgomery, 2014)

1.6.1 Análisis de varianza.

Se utilizan para determinar el grado de influencia de una o varias variables independientes sobre una o más variables dependientes por sí solas y a su vez entre sí. Son importantes pues permiten determinar dentro de un grupo de variables donde están las que afectan el proceso o producto con mayor significación. En estas se plantea una hipótesis nula y una alternativa similar a las prueba de hipótesis y se compara el resultado del indicador F de Fisher calculado con uno tabulado y si el calculado es menor que el tabulado entonces se acepta la hipótesis nula. (Correa, et al., 2006)

Los problemas de análisis de varianza y sus modelos matemáticos correspondientes se clasifican en distintos tipos:

- ✓ Clasificación simple: Un solo factor

- ✓ Clasificación doble: Dos factores
- ✓ Clasificación múltiple: Más de dos factores

En general la idea de solución básica de los distintos modelos de análisis de varianza es la misma. En el valor de una variable aleatoria intervienen numerosos factores, algunos de ellos generalmente imposibles de controlar e incluso factores desconocidos. La idea fundamental del análisis de varianza (y de la cual recibe su nombre) consiste en dividir la variabilidad total de las observaciones en fuentes de variación, es decir, las variaciones entre unas y otras observaciones puede ser debida a diferentes causas, el efecto de cada uno de los factores involucrados, los efectos de interacción y a otras fuentes desconocidas o no controladas. Esta última parte de la variabilidad total es la que se denomina error experimental. La técnica de análisis de varianza consiste en comparar las distintas partes de la variabilidad total atribuibles a las diferentes causas y determinar cuáles de ellas son significativas. (Shi, 2007)

1.6.2 Prueba de hipótesis

Según Canavos, 1961 muchos problemas de ingeniería, ciencia, y administración, requieren que se tome una decisión entre aceptar o rechazar una proposición sobre algún parámetro. Esta proposición recibe el nombre de hipótesis. Este es uno de los aspectos más útiles de la inferencia estadística, puesto que muchos tipos de problemas de toma de decisiones, pruebas o experimentos en el mundo de la ingeniería, pueden formularse como problemas de prueba de hipótesis.

Un procedimiento que conduce a una decisión sobre una hipótesis en particular recibe el nombre de prueba de hipótesis. Los procedimientos de prueba de hipótesis dependen del empleo de la información contenida en la muestra aleatoria de la población de interés. Si esta información es consistente con la hipótesis, se concluye que ésta es verdadera; sin embargo si esta información es inconsistente con la hipótesis, se concluye que esta es falsa. Debe hacerse hincapié en que la verdad o falsedad de una hipótesis en particular nunca puede conocerse con certidumbre, a menos que pueda examinarse a toda la población. La hipótesis nula, representada por H_0 , es la afirmación sobre una o más características de poblaciones que al inicio

se supone cierta. La hipótesis alternativa, representada por H_1 , es la afirmación contradictoria a H_0 . La hipótesis nula se rechaza en favor de la hipótesis alternativa, sólo si la evidencia muestral sugiere que H_0 es falsa. Si la muestra no contradice decididamente a H_0 , se continúa creyendo en la validez de la hipótesis nula. Entonces, las dos conclusiones posibles de un análisis por prueba de hipótesis son rechazar H_0 o no rechazar H_0 . (Nevado, 2005)

1.6.3 Cartas de control

Los gráficos de control son la herramienta más poderosa del Control Estadístico de Procesos. Su finalidad es conseguir y mantener un proceso bajo control estadístico mediante la reducción sistemática de la variabilidad. Esta variabilidad de los procesos, puede ser debida a causas aleatorias o a causas asignables. Las primeras son aquellas que forman parte de la variabilidad natural del proceso, como la variabilidad de la materia prima o la variabilidad de la maquinaria, mientras que las segundas se deben a variaciones irregulares que habrá que eliminar corrigiendo la causa. Un proceso que opera sólo con causas aleatorias se dice que está bajo control estadístico.

Mediante los gráficos de control se consigue controlar estadísticamente un proceso en funcionamiento, que permiten observar si el proceso permanece estable o cambia a lo largo del tiempo. Estos gráficos reflejan las fluctuaciones de la producción comparándolas con unos límites previamente establecidos: los límites de control y la línea central. Se supone que el proceso está bajo control si todos los puntos representados se sitúan entre los límites de control, pero un punto fuera de los límites es una indicación de que el proceso puede estar funcionando mal. (Huerga, 2004)

Las cartas de control son muy empleadas en ingeniería pues permite conocer si hay desviaciones en una variable de un proceso y hasta predecir qué sucederá a largo y corto plazo de acuerdo al comportamiento que en esta se manifiesta.

Para su confección se requiere de recolección de datos reales del proceso en un tiempo determinado. Ambos parámetros se grafican, el tiempo en el eje "X" y la

variables de interés en el “Y” y se observa el comportamiento de esta. Se establecen límites para la variable de acuerdo a su norma. Si alguno de los puntos de la carta (gráfico) está fuera de los límites, se observa inestabilidad (alejamiento entre un punto y el siguiente) o una tendencia, ya sea descendente, ascendente o a seguir un comportamiento definido, se puede decir que está fuera de control esta variable del proceso y así tomar medidas; si no sucediera ninguno de los comportamientos antes mencionados entonces se está en presencia de una variable que durante el tiempo de estudio estaba en control.(Woodall, 2006)

Las cartas de control son la herramienta más poderosa para analizar la variación en la mayoría de los procesos, son gráficas poligonales que muestran en el tiempo el estado de un proceso. Las cartas de control utilizadas son la de medias (\bar{X}) y la de rangos (R). La carta de control \bar{X} se utiliza cuando la variabilidad del proceso es mucho menor que extensión de los límites, esta controla la tendencia central de este tipo de características de calidad y permite conocer cuando el proceso está fuera de control. La carta R se utiliza en aquellos casos en los que la variabilidad en el proceso cambia y los límites de control no son adecuados, esta anticipa el cambio de la media representando una alarma para ella. (Sotolongo, 2017)

Las gráficas de control se usan entre otras cosas:

- ✓ Para verificar que los datos obtenidos poseen condiciones semejantes.
- ✓ Para observar un proceso productivo, a fin de poder investigar las causas de un comportamiento anormal.
- ✓ Al distinguir entre las causas especiales y las causas comunes de variación, dan una buena indicación de cuándo un problema debe ser corregido localmente y cuando se requiere de una acción en la que deben de participar varios departamentos o niveles de la organización.

Conclusiones parciales del capítulo.

Luego de la revisión bibliográfica sobre el tema de estudio, se obtiene que:

1. El yogurt natural es un derivado lácteo que se produce por fermentación de las bacterias ácido lácticas *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus*.
2. Los puntos críticos de control son importantes ya que permiten prevenir o eliminar algún peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos.
3. El control estadístico de la calidad es la aplicación de diferentes técnicas estadísticas como pruebas de hipótesis y cartas de control, a procesos con el objetivo de verificar si todas las partes del proceso cumplen con las exigencias de calidad.

Capítulo 2: Materiales y Métodos.

En el presente capítulo se abordan los métodos, materiales y técnicas que se utilizaron para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto en esta investigación.

2.1. Descripción general del proceso tecnológico.

La elaboración del yogurt natural consiste en un proceso físico-químico-biológico que se obtiene por la fermentación ácido láctica, al inocularle un cultivo industrial (Simbiosis de *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus Thermophilus*) preparado al efecto.

Proceso:

Se recepciona la leche (estatal o privada) en el andén de recibo, luego se realiza el análisis físico-químico, que consiste en el muestreo en el laboratorio del: olor, sabor, acidez, densidad y grasa. Después de realizadas estas pruebas se almacena la leche en los tanques de recepción de 2 000 L y pasa por una cortina de enfriamiento (intercambiador a placa), donde varía su temperatura de 25 °C a entre 6°C y 8 °C.

En los tanques de almacenamiento se realiza la prueba de coagulación, posteriormente pasa por el pasteurizador y se eleva su temperatura hasta 95 °C. Ya en los tanques de elaboración del yogurt o KTM se inocula a la temperatura establecida, se deja coagular de 2h y 30 minutos a 3h. Cada 30 minutos se realiza una prueba de acidez por el laboratorio hasta que alcanza entre un 0.75 y un 1.10 % expresado en ácido láctico y se refresca a través de una cortina de enfriamiento. Una vez frío pasa a la embolsadora, ya embolsado se almacena en la nevera, para su posterior distribución. Se transporta en vehículos refrigerados, que cumplan los parámetros establecidos y finalmente es comercializado.

El diagrama de flujo del proceso de producción del yogur natural se puede apreciar en el anexo 1. Las etapas del mismo se describen a continuación:

Etapa 1: Preparación del cultivo industrial:

Objetivo: Producir y mantener activo el cultivo industrial para la producción de yogurt natural.

➤ Operaciones tecnológicas de la etapa:

a) Pasteurización:

Objetivo de la operación tecnológica: Pasteurizar la leche que ha sido destinada para la elaboración del cultivo industrial.

Procedimiento de trabajo: La leche seleccionada para yogurt natural se vierte en el tanque de cultivo que ha sido adecuadamente higienizado. Seguidamente se pone en marcha el agitador y mediante la inyección de vapor a la doble camisa se eleva la temperatura de la leche hasta 95 °C, manteniéndose durante 30 minutos en un rango entre 92°C y 95 °C. Pasado los 30 minutos se cierra definitivamente la válvula de vapor y se abre la entrada de agua a temperatura ambiente, y disminuye la temperatura de la leche hasta la indicada por el laboratorio para la inoculación.

- Preparación del cultivo técnico:

Con la sepa o cultivo madre se realiza el primer pase. El segundo y tercer pase es donde se hace un topete, que consiste en tomar la leche a 1.035 g/L de densidad y añadirle LDP (leche descremada en polvo), se esteriliza elevando su temperatura hasta 90°C por un tiempo de 15 minutos, luego se pone a refrescar entre 43°C y 45°C para encubar. Terminado este proceso se inocula con la sepa al 2% y se deja en proceso de coagulación por 2 horas. Una vez terminada la prueba de coagulación si el coágulo está firme se le realiza la prueba de acidez.

b) Inoculación:

Objetivo de la operación tecnológica: Preparación del cultivo industrial por medio de la inoculación del cultivo técnico.

Procedimiento de trabajo: Cuando se tiene la leche en el tanque de fermentación a la temperatura indicada por el Departamento de Calidad, el operador vierte en el tanque la cantidad de cultivo técnico necesario tapando el mismo inmediatamente y se comienza a agitar. Pasado 10 minutos se para el agitador y se espera hasta que se produzca la coagulación, la cual se determinará por la consistencia que presenta la superficie al golpear suavemente con el puño y por una ligera separación de suero

junto al eje del agitador y en las paredes del tanque. Inmediatamente después de producida la coagulación de la leche se procede a comenzar el refrescamiento.

c) Refrescamiento y enfriamiento:

Objetivo de la operación tecnológica: Disminuir la temperatura de la leche coagulada para evitar el desuere y favorecer el desarrollo de las bacterias y así obtener la acidez necesaria.

Procedimiento de trabajo: Después de haber coagulado la leche, se hace circular agua a temperatura ambiente por la doble camisa, transcurrido los 30 minutos de este proceso se toma una muestra y se lleva al laboratorio para que se determine la acidez de la misma, que debe ser 0,75 a 1,20 % de ácido láctico y se procede a romper el coágulo, de no tener la acidez requerida se repite la prueba cada 10 minutos hasta obtenerla. Cuando se logra, se pone en marcha el agitador y se comienza a recircular por la doble camisa agua helada, abriendo la entrada y salida de agua helada y regulando el flujo de la misma de modo que el nivel de agua en el tanque de retorno sea estable. De esta manera se disminuirá la temperatura del cultivo industrial hasta no más de 10 °C.

d) Envasado:

Objetivo de la operación tecnológica: Envasar y almacenar el cultivo industrial en botijas esterilizadas para su almacenamiento en neveras y su posterior distribución.

Procedimiento de trabajo: Se toman las botijas necesarias que han sido lavadas, fregadas previamente y se esterilizarán en el equipo esterilizador, posteriormente se procede a verter en ellas el cultivo industrial contenido en los tanques, se marca para su inmediato traslado a la nevera donde será con una temperatura no mayor de los 10°C.

Etapa 2: Tratamiento térmico.

Objetivo: Crear las condiciones químico-físicas y bacteriológicas en la leche para facilitar la coagulación y obtener una calidad óptima.

➤ Operaciones tecnológicas de la etapa:

a) Almacenamiento de la leche estandarizada:

Objetivo de la operación tecnológica: Almacenar la leche estandarizada para la producción de yogurt natural.

Especificaciones del objeto inicial del trabajo: La leche debe estar estandarizada, si no pasa la prueba se le añade leche entera en polvo (LDP).

Procedimiento de trabajo: La leche estandarizada es almacenada en los tanques guardas para su conservación a temperatura de 2°C a 6 °C. El departamento de Control y Calidad tomará una muestra de la misma y la someterá a la prueba de coagulación y de ser satisfactorio el resultado de la misma se elegirá para la producción de yogurt.

b) Pasteurización:

Objetivo: Pasteurización de la leche para garantizar la esterilidad de la misma para la producción de yogurt.

Especificaciones del objeto final del trabajo: La leche destinada para la elaboración del yogurt será pasteurizada según el proceso tecnológico utilizado.

Tabla 2.1 Pasteurización según proceso tecnológico

Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo (s)
Pasteurización a placa	85	15
Pasteurización a placa	90	5
Pasteurización en tanque	95	30

Procedimiento de trabajo: La leche seleccionada para yogurt natural pasa al pasteurizador que ha sido higienizado. Luego se eleva la temperatura de la leche, según el equipo, eliminándose todas las bacterias no deseadas que pudieran afectar el proceso de elaboración del yogurt natural. Pasado el tiempo requerido se cierra definitivamente la válvula de vapor y se abre la entrada de agua a temperatura ambiente hasta disminuir la temperatura y luego con agua relativamente fría se disminuye hasta que se encuentre la misma entre 4 y 10 °C.

Etapa 3: Elaboración del yogurt.

Objetivo: Elaboración y envasado del yogurt, para su posterior distribución.

➤ Operaciones tecnológicas de la etapa:

a) Inoculación:

Objetivo de la operación tecnológica: Incorporarle a la leche el cultivo industrial a la temperatura indicada (42– 45 °C) para la producción de yogurt.

Procedimiento de trabajo: El operador vierte en el recipiente aforado la cantidad de cultivo necesario y lo tapa para trasladarlo hasta el tanque que se va a inocular. Después de asegurar que la leche posee la temperatura requerida y se encuentra el agitador conectado, se vierte el cultivo lentamente en el tanque y se anota la hora, pasado un tiempo entre 5 minutos y 15 minutos se desconecta el agitador.

b) Incubación y batimiento:

Objetivos de la operación tecnológica: Mantener la leche inoculada a la temperatura indicada hasta su coagulación y su posterior refrescamiento hasta que alcance la acidez requerida (0.75% - 1.10%) y realizar el batimiento.

Procedimiento de trabajo: La leche inoculada se mantiene a la temperatura indicada hasta que coagule, pasado ese tiempo se toma una muestra de la acidez (expresada en ácido láctico) hasta que alcance la requerida y se deja refrescar para comenzar a agitar la masa y romper el coágulo.

c) Envasado:

Objetivo de la operación tecnológica: El objetivo de la operación es envasar el producto de forma higiénica, para lograr la conservación del mismo en condiciones de que llegue apto al consumidor.

Procedimiento de trabajo: Se prepara la línea asegurándose que esté correctamente higienizada. Se coloca el rollo de polietileno en la máquina. Se pasa agua caliente a una temperatura de 90 a 95°C durante 5 minutos. Se enciende la máquina para que tome la temperatura indicada. Se pone en marcha el equipo mediante el interruptor

principal para comprobar su funcionamiento. Se pone en marcha las esteras. Se comienza a bombear el yogurt desde el tanque para efectuar el llenado de bolsas.

d) Embalado:

Objetivo de la operación tecnológica: Colocar en forma ordenada las bolsas en los cestos, previamente higienizadas y separar las bolsas que no estén herméticamente hermetizadas.

Procedimiento de trabajo: Se colocan las bolsas que vienen sobre la estera en los cestos ordenadamente, separando las bolsas que no estén correctamente higienizadas. Las bolsas encestadas se envían por medio de la estera a la nevera. No se recomienda colocar más de 15 bolsas en cada cesto.

2.2. Indicadores de calidad.

2.2.1. Materias Primas.

El yogurt se una mezcla que se obtiene a partir de leche fresca, leche en polvo y el cultivo industrial. Es de extrema importancia conocer las normas de calidad de cada una de las materias primas empleadas en su elaboración para obtener un producto con la mejor calidad requerida. En la tabla 2.2 y 2.3 se observan los requisitos de calidad de las materias primas.

Tabla 2.2 Indicadores de calidad de la leche fresca y de LDP

Indicadores de calidad	Leche fresca	Leche descremada en Polvo (LDP)
Densidad	A 15°C de 1.030 a 1.034g/L	1.032 g/L
PH	6.5 a 6.6	-----
Acidez (por cantidad de ácido láctico)	0.14 %	0.15 %
Contenido mínimo de sólidos total	11%	-----
Grasa	3.40 a 4.0 %	0 %
Contenido mínimo de materia gras	2.5 %	-----
Calorías	-----	80 %

Carbohidratos totales	-----	3 %
Proteínas	-----	8 %

Fuente: NC448:2006 y NC685:2009.

Tabla 2.3 Indicadores de calidad del Cultivo Industrial

Indicadores de calidad	Cultivo madre	Cultivo técnico	Cultivo industrial
Tiempo de coagulación	2:30 h	2:30 h	-----
Condición de coágulo	Bueno (firme sin separación, cremoso al batirse)	Bueno (firme sin separación, cremoso al batirse)	-----
Morfología	Buena, sin alteración de los microorganismos	Buena, sin alteración de los microorganismos	Buena, sin alteración de los microorganismos
Acidez (en ácido lácteo)%	0.75-0.95	0.75-1.10	0.75-1.20
Conteo de coliformes	10 colonias máximo	10 colonias máximo	10 colonias máximo
Conteos de hongos y Levaduras	100 colonias máximo	100 colonias máximo	100 colonias máximo
Fecha de utilización	4 días	-----	-----
Aspecto	-----	Cremoso, firme sin separación del suero o grasa, blanco opaco	Cremoso, firme sin separación del suero o grasa, blanco opaco
Sabor	-----	Característico	Característico
Olor	-----	Característico	Característico

Fuente: NEIAL1599.89

2.2.2. Yogurt Natural.

- Características organolépticas:

Color: Blanco opaco amarillento.

Olor: Característico del producto lácteo fermentado, sin olores extraños.

Sabor: Ligeramente ácido, característico del producto lácteo fermentado, sin sabores extraños.

Aspecto: Ligeramente viscoso, sin separación de suero a grasa (homogéneo). Se admite la ligera presencia de pequeños grumos blancos.

- Características físico - químicas:

Contenido mínimo de materia grasa: 2.50%

Contenido mínimo de sólidos totales: 11.0%

Contenido de SNG: 8.50%

Índice de pH: 4.0 a 4.4

Acidez (en ácido lácteo): 0.85 - 1.10%

Volumen: 917 mil± 11 mL

- Características microbiológicas:

Morfología: Buena, sin alteración de los microorganismos.

Población: El frotis debe observarse poblado, o sea, que se observen abundantes bacterias.

Conteo de hongos filamentosos y levaduras:

$n = 5; c = 1; m = 100; M = 5 \cdot 10^2$

Conteo de M.O coliformes:

$n = 5; c = 1; m = 10; M = 100$

Dónde: n: número de unidades de muestra a ser examinados.

c: número máximo de unidades de muestra que puede tener M, para que el alimento sea aceptable.

m: valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

M: valor del parámetro microbiológico para el cual o por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

2.3. Caracterización de los principales equipos.

- Tanques guardas (Anexo 3)

Objetivo tecnológico: Mantener la temperatura y mezclar la leche con leche descremada en polvo (LDP) si es necesario.

Características: Tanques contruidos con un material aislante para mantener la temperatura y poseen dos agitadores, el volumen es de 15000L.

- 1) Tipo de equipo: TUS-15
- 2) Tipo de agitador: propela abierta
- 3) Revoluciones del agitador: 160 rev/min
- 4) Cantidad de agitadores: 2
- 5) Tiempo de mezclado: 30 - 40min.
- 6) Largo: 3 metros
- 7) Ancho: 2 metros
- 8) Material de construcción: Acero inoxidable

Fenómeno físico: Aislamiento térmico y agitación mecánica.

Fenómeno químico: Mezcla de sustancias.

➤ Bomba centrífuga:

Objetivo tecnológico: Transferir los líquidos que intervienen en el proceso.

Principio de funcionamiento: El principio de funcionamiento es basado en el aprovechamiento de la fuerza centrífuga provocada por el impelente de la bomba en su rotación. Se componen de una cámara circular y en la parte céntrica un eje directamente acoplado a un motor eléctrico que hace girar un rotor que aspira el líquido que entra por la parte céntrica de la bomba y debido a la velocidad de rotación lo impulsa con un flujo constante. La circulación del líquido se realiza por bombeo, siendo este indispensable para la marcha eficiente de la fábrica, puesto que no puede emplearse siempre la simple gravedad.

Características:

- 1) Tipo de bomba: SIGMA HRANICE
- 2) Revoluciones: 3500 rev/min.
- 3) Diámetro de entrada y salida de la bomba: 40 mm

- 4) Altura: 428.6 mm
- 5) Ancho: 369.1 mm
- 6) Capacidad: 15 000 l/h
- 7) Material de construcción : Acero inoxidable

Fenómeno físico: Movimiento mecánico de los fluidos.

- Tanques KTM (Anexo 2 y 4)

Objetivo tecnológico: Producción de yogurt natural y como pasteurizador.

Características: Tanques con un volumen de 1400L, son de forma cilíndrica y colocados verticalmente, poseen doble pared y tanto la superficie exterior como interior son de acero inoxidable, en su parte superior se encuentra la tapa y un agitador de paleta.

- 1) Tipo: KTM
- 2) Temperatura: 60-65 °C
- 3) Tipo de agitador: paleta
- 4) Revoluciones del agitador: 80 rev/min.
- 5) Material de construcción : Acero inoxidable

Fenómeno físico: Transferencia de calor y agitación mecánica.

Fenómeno bioquímico: Fermentación.

- Pasteurizador

Objetivo tecnológico: Destruir las bacterias perjudiciales para el proceso.

Características: Equipo compuesto por placas contracorrientes que permiten el intercambio de calor.

Fenómeno físico: Transferencia de calor.

Fenómeno bioquímico: Destrucción de microorganismos sin alterar la composición y cualidades del líquido.

- Cortina de enfriamiento (intercambiador de placa) (Anexo 5)

Objetivo tecnológico: Enfriar la leche que se encuentra a temperatura ambiente hasta los 2-6 °C.

Características: Equipo compuesto por placas contracorriente que permiten el intercambio de calor.

Fenómeno físico: Transferencia de calor.

2.4. Metodología para la determinación de los Puntos Críticos de Control.

El Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos conocido como HACCP tiene como fundamento científico y carácter sistemático, permite identificar peligros específicos y medidas para su control y está basado en la aplicación de técnicas y bases científicas para los procesos de producción de alimentos. Este sistema es aplicable a cualquiera de las fases de la producción de alimentos desde la materia prima, procesamiento, sistema de distribución y consumo para obtener un producto inocuo.

El concepto de sistema de APPCC cubre todos los tipos de riesgos potenciales en la producción de alimentos (riesgos biológicos, químicos y físicos) ya sea que ocurran naturalmente, que el medio ambiente contribuya, o que sean generados por un error en el proceso. A pesar de que los riesgos químicos son los más temidos por el consumidor y los físicos los más comúnmente identificables, los riesgos microbiológicos son los más serios desde la perspectiva de salud pública.

Según González, *et al.*, 2004 para un adecuado análisis de peligro es recomendable emplear una herramienta muy útil que es el árbol de decisiones (anexo 6), el cual permite, por medio de preguntas y respuestas, llegar con relativa facilidad a determinar los puntos realmente críticos en el proceso.

Para determinar los puntos críticos de control se realiza en primera instancia un análisis de peligro, donde se detectan aquellos agentes biológicos, químicos o físicos presentes en los alimentos, adverso para la salud.

2.5. Herramientas estadísticas para el control de la calidad

En todas las industrias se hace necesario realizar un exhaustivo control de la calidad, para poder detectar la presencia de errores durante el proceso y de esta forma poder corregirlos.

Los resultados experimentales se caracterizan estadísticamente para determinar si existen diferencias significativas en los valores obtenidos de cada variable, se aplican cartas de control para observar el comportamiento que presentan las mismas, para poder darle cumplimiento a lo anterior planteado se utiliza el paquete estadístico *Statgraphics Plus* que ofrece en la carta el resultado exacto de los valores utilizados evitando de esa forma posibles errores y facilita la interpretación de los mismos.

Fernández, 2010 en su trabajo investigativo plantea que entre los parámetros más importantes que caracterizan estadísticamente a una muestra se encuentran:

- Promedio o media
- Desviación estándar
- Coeficiente de variación

Promedio o media aritmética (\bar{X}): Medida de tendencia central, es el centro de masa del conjunto de los datos analizados.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.1)$$

Desviación Estándar(S): Medida de dispersión, raíz cuadrada de la varianza muestral. Medida que permite determinar el grado de acercamiento (alejamiento) que tiene los datos de la muestra respecto a una medida de tendencia central. Siendo una medida de variación o dispersión.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

Rango (R): Se determina como la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de la muestra.

$$R = V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{i}n} \quad (2.3)$$

Coeficiente de Variación(CV): Medida de dispersión, mide la magnitud de la desviación estándar como un porcentaje de la media muestral.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2.4)$$

Varianza (S²): Se calcula a partir de la ecuación 2.6

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (2.5)$$

- Dónde:
- n: Tamaño de la muestra
 - x_i: cada valor de la muestra
 - V_{máx}: Valor máximo de la muestra
 - V_{mín}: Valor mínimo de la muestra

La NC 92-21, 1979 establece las reglas para determinar los resultados anormales de un conjunto de observaciones de una variable aleatoria continua, cuya distribución probabilística sea normal.

Resultado anormal: Dato grandemente desviado del grupo de resultados normales de las observaciones y que no pertenece a la distribución probabilística de esos resultados.

Para el análisis estadístico de la calidad en este proceso se utilizaron los datos de los meses de enero y febrero del 2019, en la tabla 2.5 se muestran los parámetros seleccionados para el análisis. Se elige estos debido a la frecuencia con que se registra y la fiabilidad de los resultados. También la instalación posee las condiciones para la realización, siendo un aspecto desfavorable la ausencia de equipamiento para determinar el pH y los sólidos totales, parámetros que no va a ser posible su análisis.

Tabla 2.5 - Parámetros seleccionados para evaluar el control del proceso.

Etapa del proceso	Parámetro	Valor normado
-------------------	-----------	---------------

Leche Fresca (LF)	Acidez (%ácido láctico)	0,12 – 0,14
Leche Fresca (LF)	Densidad (g/L)	1,030 – 1,034
KTM	Acidez (%ácido láctico)	0,75 - 1,10
KTM	Temperatura (°C)	6 - 10
KTM	Viscosidad (s)	18 – 20
KTM	Grasa %	2,5 – 3,9
Cultivo Industrial (CI)	Acidez (%ácido láctico)	0.75-1.20
Producto Final (PF)	Acidez (%ácido láctico)	0.85-1.10
Producto Final (PF)	Temperatura (°C)	6 - 10
Producto Final (PF)	Viscosidad (s)	18 – 20
Producto Final (PF)	Grasa %	2,5 – 3,9
Producto Final (PF)	Volumen de las bolsas (mil)	917± 11

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros mostrados se monitorean durante 38 días de producción. Los parámetros de laboratorio se muestrean cada un período de tiempo constante, tomando un total de 2 réplicas para la leche fresca, 8 para el control del volumen de las bolsas y 5 réplicas para los parámetros restantes.

2.5.1. Pruebas de normalidad

Para determinar la existencia de una distribución normal se requiere del análisis de tres pruebas a desarrollar, de las cuales dos como mínimo deben cumplirse para justificar el resultado.

- ✓ Analizar los valores de los coeficientes de curtosis y asimetría, los cuales deben estar dentro de un intervalo de -2 a 2, para considerar dicho caso con una distribución normal a partir de la caracterización estadística de los datos.
- ✓ Realizar la construcción del histograma de frecuencia, para que exista una distribución normal, la curva que pasa por los puntos medios de cada intervalo del polígono de frecuencia tiene que representar una curva gaussiana, de forma tal, que la distribución sea simétrica.
- ✓ Comparar entre el valor de la probabilidad y el error permisible. La condición necesaria para plantear la existencia de la distribución normal es que el valor de la probabilidad sea mayor que el nivel de significación.

Primeramente se realiza una caracterización estadística donde se tendrá en cuenta los valores de los coeficientes de asimetría, de Curtosis y de variación ya que estos parámetros nos permiten conocer si la muestra analizada presenta una distribución normal. También, mediante la tabla de distribución de frecuencia se realiza el polígono de frecuencia relativa, se grafica la frecuencia relativa con el intervalo de clases para comprobar si se refleja una curva normal y se efectúa la prueba de normalidad, que brinda el criterio más importante para determinar si la muestra proviene de una distribución normal, siempre que los valores de P-valor se encuentren por encima de 0,05 para un 95% de confianza o de 0,01 para un 99% de confianza.

Una vez realizadas estas tres pruebas, si no se cumplen al menos dos de ellas, entonces es necesario aplicar la Norma Cubana 92-21. 1979, la cual permite excluir los datos anormales, y se vuelve a realizar el análisis previsto anteriormente, de no seguir una distribución normal se aplican varias transformaciones como calcular el promedio en grupos, elevar al cuadrado, hallar el recíproco, hasta alcanzar como resultado que presenta una distribución normal.

Una vez comprobada la normalidad de las variables se realizan las pruebas de hipótesis y las cartas de control a cada una de las variables a analizar para saber si cumplen en cada caso con los parámetros establecidos.

2.5.2. Pruebas de hipótesis.

La calidad del producto terminado se evalúa realizando pruebas de hipótesis a los parámetros característicos del producto terminado y a las principales variables de las etapas del proceso que inciden directamente sobre este; que son comparados con la norma establecida para la industria.

Una prueba de hipótesis es un proceso para determinar la validez de una aseveración hecha sobre la población basándose en evidencia muestral, es un procedimiento que conduce a una decisión sobre una hipótesis en particular, donde se somete a un examen estadístico, la hipótesis nula contra una o más hipótesis alternativas. Los procedimientos de prueba de hipótesis dependen del empleo de la

información contenida en la muestra aleatoria de la población de interés. Si esta información es consistente con la hipótesis, se concluye que ésta no se puede rechazar; sin embargo si esta información es inconsistente con la hipótesis, se concluye que esta se rechaza. Debe hacerse hincapié que la validez de una hipótesis no puede conocerse con certidumbre, a menos que pueda examinarse a toda la población.

En este trabajo se realizan las pruebas de hipótesis para tomar la decisión sobre los parámetros del proceso muestreados anteriormente, si estos cumplen con la norma establecida para la entidad.

La prueba de hipótesis se realiza seleccionando la muestra de datos tomados que se va a analizar, se plantea la hipótesis nula, representada por H_0 , es la afirmación sobre una o más características de poblaciones que al inicio se supone cierta. La hipótesis alternativa, representada por H_1 , es la afirmación contradictoria a H_0 . La hipótesis nula se rechaza en favor de la hipótesis alternativa, sólo si la evidencia muestral sugiere que H_0 es falsa. Si la muestra no contradice decididamente a H_0 , se continúa creyendo en la validez de la hipótesis nula. Entonces, las dos conclusiones posibles de un análisis por prueba de hipótesis son rechazar H_0 o no rechazar H_0 .

2.5.3. Cartas de control.

Para analizar el comportamiento de los parámetros analizados se realiza cartas de control. El control de calidad es una herramienta que permite de una forma adecuada y consistente analizar procesos con el fin de estudiar su comportamiento y poder evaluarlo, de tal forma que si se hallan procesos fuera de control se puedan hallar las variables que ejercen ese comportamiento. Con la finalidad de que se puedan generar mecanismos que conlleven a restablecer el control del proceso de tal forma que se puedan cumplir con las especificaciones planteadas dentro del mismo.

Existen dos tipos de cartas de control:

- Gráficas de calidad: para variables discretas (valores enteros)

- Gráficas de variables: para variables aleatorias continuas (toman valores reales)

Entre los gráficos de variables se tienen:

- Cartas de control de Shewhart para media (si un proceso está bajo o fuera de control estadístico según esa variable).
- Cartas de control de Shewhart para rango (anticipa un cambio fuera de control estadístico).

Para realizar una carta de control primeramente, se seleccionan las variables de calidad a controlar. Se toman muestras que permitan medir las características seleccionadas de forma aleatoria e independiente (definiendo el número de réplicas que se van a analizar). Posteriormente se calculan los valores de los límites superior e inferior. Después, se define el tamaño de los subgrupos para la definición de cada punto en los gráficos para la media y el rango. Finalmente se procede a graficar.

➤ **Procedimiento para la confección de la carta de control para media.**

1. Cálculo de la media y el rango en cada medición.
2. Cálculo del valor central (VC)

$$VC = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i}{n} = \bar{\bar{X}} \quad (2.6)$$

Dónde: \bar{x}_i : media de cada medición
n: cantidad de mediciones (9)

3. Cálculo del límite inferior (LCI) y el superior (LCS)

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R} \quad (2.7)$$

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R} \quad (2.8)$$

Dónde: A_2 : es un coeficiente que depende del número de observaciones (Tabla 54, Eillon, 1979)

\bar{R} : es el rango medio en cada medición

$$\bar{R} = \frac{R_i}{n} \quad (2.9)$$

4. Construir la carta de control para media
5. Graficar las medias de cada medición según la escala.

➤ **Procedimiento para la confección de la carta de control para rango.**

1. Cálculo del valor central (VC)

$$VC = \bar{R} \quad (2.10)$$

2. Cálculo del límite inferior (LI) y el superior (LS)

$$LI = D_3 \times \bar{R} \quad (2.11)$$

$$LS = D_4 \times \bar{R} \quad (2.12)$$

Dónde: D_3 y D_4 : son constantes que dependen del número de observaciones (Tabla 54, Eillon, 1979)

3. Construir la carta de control para rango
4. Graficar los rangos de cada medición según la escala.

Según Gutiérrez, 2007 una causa especial de variación (o señal de que ha habido un cambio especial en el proceso) se manifiesta cuando un punto cae fuera de los límites de control o cuando los puntos graficados en la carta siguen un comportamiento no aleatorio (por ejemplo, una tendencia a aumentar, un movimiento cíclico). Para detectar con mejor claridad las variaciones, lo primero que se hace es dividir la carta de control en seis zonas o bandas iguales, cada una, con una amplitud similar a una desviación estándar de la variable que se grafica (figura 2.1)

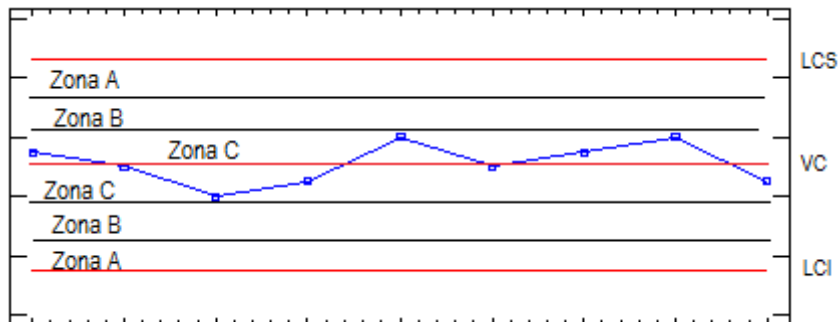


Figura 2.1 Las seis zonas de una carta de control

A continuación se resumen las pruebas de cada patrón que se puede detectar en una carta de control.

Patrón 1. Cambios (brincos) en el nivel del proceso

Este patrón, es un cambio que se registra en la carta, cuando pocos puntos están fuera o muy cerca de los límites de control o cuando una gran cantidad de puntos caen de un solo lado de la línea central. Un cambio en el nivel del proceso, ha ocurrido cuando se cumple una de las siguientes cuatro pruebas:

Prueba 1. Un punto fuera de los límites de control

Prueba 2. Dos de tres puntos consecutivos en la zona A o más allá

Prueba 3. Cuatro de cinco puntos consecutivos en la zona B o más allá

Prueba 4. Ocho puntos consecutivos de un solo lado de la línea central

Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso

Este patrón consiste en una tendencia a incrementarse (o disminuirse) los valores de los puntos en la carta y se determina a partir de la siguiente prueba:

Prueba 5. Seis puntos consecutivos ascendentes o descendentes

Patrón 3. Ciclos recurrentes (periodicidad)

Otro patrón no aleatorio que pueden presentar las cartas es un comportamiento cíclico de los puntos. Cuando el ciclo consiste en que los puntos se van alternando entre altos y bajos se tiene la siguiente prueba.

Prueba 6. Catorce puntos consecutivos alternando entre altos y bajos.

Patrón 4. Mucha variabilidad

Este patrón se manifiesta mediante una alta proporción de puntos cerca de los límites de control, a ambos lados de la línea central y muy pocos o ningún punto en la parte central de la carta, en estos casos se dice que hay mucha variabilidad y se tiene para detectarla la siguiente prueba.

Prueba 7. Ocho puntos consecutivos a ambos lados de la línea central con ninguno en la zona C.

Patrón 5. Falta de variabilidad

Una señal de que hay algo anormal en el proceso, es el que prácticamente todos los puntos se centren en el centro de la carta, es decir, que los puntos reflejen poca variabilidad. Para detectar este comportamiento se cuenta con la siguiente prueba.

Prueba 8. Quince puntos consecutivos en la zona C, arriba o debajo de la línea central.

Se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando presenta causas comunes únicamente. Cuando alguna de las ocho pruebas anteriores es positiva, entonces el proceso está fuera de control, las gráficas de control detectan la existencia de estas causas en el momento en que se dan, lo cual permite que podamos tomar acciones al momento.

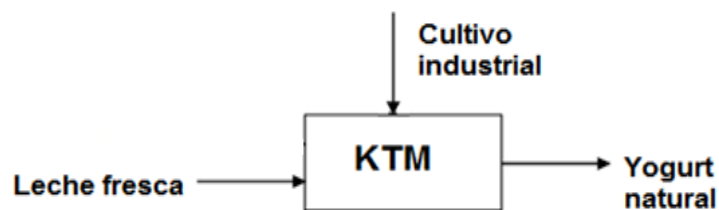
2.6. Balance de materiales

La conformación de un adecuado balance de masa tiene como finalidad, cuantificar y detectar las áreas del proceso donde hay alguna situación anómala, cuando se tienen emisiones fugitivas, una elevada generación de residuos, un elevado consumo de materias primas, etc.

El balance de materiales en este proceso se realiza en los tanques KTM haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\sum m_{Sale} = \sum m_{Entra} + \sum m_{Genera} - \sum m_{Consume} \quad (2.13)$$

Como no se genera ni se consume nada la ecuación 2.13 queda de la siguiente forma:



$$\sum mEntra = \sum mSale \quad (2.14)$$

$$Lf + Ci = Yogurtnatural \quad (2.15)$$

2.7. Economía

2.7.1. Indicadores económicos

Para realizar un análisis económico de esta entidad se toma el mes de enero como referencia y se analizan los siguientes indicadores:

➤ **Costo de producción (CP):**

Los costos de producción se definen como el conjunto de gastos económicos en que se incurre en una planta, durante un período de tiempo dado como consecuencia de la utilización de recursos materiales y humanos que tienen lugar durante el proceso de elaboración de los productos terminados. Este está constituido por diferentes elementos, tales como: costo de la materia prima, de los materiales de producción, de mantenimiento, depreciación, de facilidades auxiliares, de administración, entre otros. (Brizuela, 1987)

Se debe destacar la importancia de los costos de producción como indicador económico, ya que a menores costos mayor eficiencia tendrá el proceso. Los costos de producción pueden dividirse en dos grandes categorías: costos variables, que son proporcionales a la producción, y los costos fijos que son independientes de la producción.

➤ **Costos fijos (CF):**

Son aquellos elementos de costo que no dependen del volumen de producción, es decir de la cantidad de unidades producidas, ejemplo:

- Salarios.
- Otros gastos de la fuerza de trabajo.
- Depreciación: Desgaste físico, es decir, pierde valor
- Amortización: Es cuando se repone el valor de los equipos.
- Gastos generales y de administración.
- Gastos indirectos de producción.

➤ **Costos variables (CV):**

Estos costos si dependen del volumen de producción, ejemplo:

- Materias primas y materiales.
- Combustible.
- Energía eléctrica.
- Otros gastos monetarios.
- Gastos de distribución y ventas.

$$CP = CV + CF \quad (2.16)$$

➤ **Ganancia:**

Todo proyecto aún sin concretarse, debe tener anticipadamente un determinado valor de ganancia. Se determina como la diferencia entre el valor de la producción y los costos de producción. Este valor debe ser positivo y lo más alto posible para asegurar así que no existan pérdidas económicas.

$$G = Vp - Cp \quad (2.17)$$

➤ **El valor de la producción (VP):**

Está dado por el dinero que se obtiene de la producción, en función de las leyes de carácter económico-social, existentes en una sociedad en un momento de su desarrollo, es conocido también como ingresos. El valor de la producción depende del número de unidades producidas o volumen de producción y del valor unitario del producto conocido también como precio unitario del producto.

$$VP = N \cdot pup \quad (2.18)$$

Dónde: N- volumen de producción
pup- Precio unitario del producto

➤ **Rentabilidad:**

La rentabilidad es el término referido a obtener más ganancias que pérdidas en un campo determinado. Puede verse como una medida de cómo se invierten fondos

para generar ingresos. Además, es totalmente independiente de la estructura financiera de la empresa. La rentabilidad relaciona el beneficio económico con los recursos necesarios para obtener ese beneficio, se expresa en %, se calcula como:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ganancia}}{CP} \cdot 100 \quad (2.19)$$

➤ **El costo por peso de producción:**

Es uno de los indicadores más empleados para definir la eficiencia económica de una gestión productiva; siendo la relación existente entre el costo de producción y el valor de la producción, es por tanto el costo de cada unidad de valor de la producción. Dicho resultado debe ser siempre menor que 1, debido a que la producción de cada unidad monetaria debe costar menos que la unidad de moneda.

$$CxP = \frac{CP}{VP} \quad (2.20)$$

➤ **Estructura de costo**

Consiste en expresar cada elemento de costo en por ciento del costo total de operación y expresados después en un gráfico, donde se observa la relación entre cada uno de estos.

2.7.2. Punto de equilibrio.

Es el punto donde el volumen de producción para el cual el costo de producción es igual al valor de la producción y por tanto la ganancia es nula, es usado comúnmente para determinar la posible rentabilidad de vender determinado producto. El punto de equilibrio muestra como los cambios operados en los ingresos o costos por diferentes niveles de venta repercuten en la empresa, generando utilidades o pérdidas. Económicamente este punto se interpreta como el volumen de producción a partir del cual la empresa comienza a obtener ganancia.

Para calcular el punto de equilibrio es necesario tener bien identificado el comportamiento de los costos, de otra manera es sumamente difícil determinar la ubicación de este punto.

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{CF}{pup - cuv} \quad (2.21)$$

$$cuv = \frac{CV}{N} \quad (2.22)$$

Dónde: cuv- Costo unitario variable

El punto de equilibrio, además de ayudar a analizar la información, también es una útil herramienta para la toma de decisiones, fijar precios y el análisis de los costos. Por las ecuaciones 2.7 y 2.13 se deduce la siguiente expresión:

$$CP = cuv * N + CF \quad (2.23)$$

Dicho resultado es la expresión de una línea recta:

$$y = m * x + n \quad (2.24)$$

Dónde: m= club (pendiente)
n= CF (intercepto con el eje y)

Quiere decir que conocido el club y el CF puede obtenerse para diferentes valores de N los correspondientes valores de producción.

Conclusiones parciales del capítulo.

1. La metodología para el análisis de peligro y puntos críticos de control permite identificar en el proceso peligros y establecer medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos
2. Para analizar el comportamiento de cada una de las variables se emplea el paquete estadístico *Statgraphics Plus* que permite observar si existen diferencias significativas en los valores obtenidos y si cada una de ellas cumple con los parámetros establecidos
3. Las técnicas y herramientas que se utilizan tributan a la metodología de la investigación planteada y posibilitan obtener los resultados necesarios para la investigación.

Capítulo 3: Análisis de los resultados.

Este capítulo tiene como fin dar respuesta a la metodología planteada en el capítulo anterior. Para analizar el comportamiento de las variables más significativas del proceso se seleccionan una serie de datos del laboratorio para 38 días de producción del yogurt natural, comprendido entre los meses de enero y febrero, en la Unidad de Base Empresarial “Lácteos Matanzas”.

3.1 Análisis de los resultados de la determinación de los Puntos Críticos de Control.

Los planes del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP) se diseñaron para abordar los problemas relacionados con riesgos físicos, químicos y biológicos de los alimentos y actualmente constituyen la base para el control oficial de los alimentos, establece criterios respecto a la inocuidad de los mismos en el comercio internacional y su introducción a escala mundial representa un cambio en las formas de producción. No obstante, se considerara que HACCP es un sistema preventivo para garantizar la inocuidad de los alimentos que no pretende ser un sistema independiente pues su aplicación necesita cumplir con determinados requisitos de precedencia como, por ejemplo, la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura o Elaboración, Buenas Prácticas de Higiene, Buenas Prácticas de Manipulación, etc. (Villalobos, *et al.*, 2005)

Con el empleo del árbol de decisión para identificar los puntos críticos de control (anexo 6), se detectaron 5 puntos críticos que representan etapas en el proceso que no se pueden rectificar en etapas posteriores y repercuten en la calidad del producto. En el anexo 23 se muestra el análisis de peligro y puntos críticos de control.

1. En la etapa de recepción es importante mantener la leche refrigerada para evitar un aumento de la acidez y posibilitar el crecimiento de las bacterias encargadas de transformar la lactosa, por lo que se considera que la temperatura de enfriamiento de la leche es un punto crítico de control.

2. La temperatura de pasteurización constituye un punto crítico ya que solo en este momento del proceso se pueden eliminar los microorganismos patógenos que se incorporaron en etapas anteriores, causantes de enfermedades perjudiciales para el ser humano.

3. Es de gran importancia realizar la inoculación a una temperatura de 42 a 45°C para así evitar el crecimiento de microorganismos no deseados y propiciar una adecuada fermentación.

4. Para la formación de un coagulo firme y evitar que no cambie la textura del producto se debe mantener la temperatura de inoculación durante todo el proceso de coagulación.

5. La temperatura de almacenamiento posibilita que el producto terminado mantenga sus características agradables, un aumento de la misma por encima de los valores normados puede elevar su acidez y esto a su vez puede generar cambios en las características organolépticas del producto.

3.2 Resultados y análisis de las herramientas estadísticas aplicadas.

3.2.1 Caracterización estadística de las variables de proceso.

En tabla 3.1 se muestran la caracterización estadística para los parámetros de calidad del yogurt natural.

La mayoría de los parámetros analizados presenta gran estabilidad en sus muestras ya que poseen un coeficiente de variación inferior al 12 %. Esto indica que los valores se encuentran agrupados alrededor de la media. La temperatura en el KTM y la del producto terminados presentan coeficientes de variación elevados de 22,79 % y 16,57 % respectivamente, demostrando la inestabilidad de los mismos. Esta se debe a la ausencia de indicador de temperatura en el KTM y al déficit de amoníaco existente en estos meses que impide el funcionamiento de la nevera.

Para el caso de la grasa en KTM y en el producto terminado sus coeficientes de variación aunque no son mayores que 12% tienen valores bastantes cercanos, sus valores fluctúan en dependencia de la composición de la leche que se emplea.

Tabla 3.1: Caracterización de las variables del proceso.

Variables		Tamaño de muestra	Media	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Rango
LF	Acidez (%)	76	0,13	$7,3 \cdot 10^{-6}$	0,0027	2,10 %	0,01
	Densidad (g/L)	76	1,028	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$	0,04836 %	0,0015
CI	Acidez (%)	190	0,91	0,0025	0,0505	5,57979%	0,32
KTM	Acidez (%)	190	0,87	0,0030	0,0550	6,33748%	0,38
	Temperatura(°C)	190	12	8,7935	2,9653	22,7922%	13
	Viscosidad (s)	190	20	3,9516	1,9878	9,82051%	15
	Grasa (%)	190	3,7	0,1467	0,3831	11,0253%	1,2
PT	Acidez (%)	190	0,91	0,0030	0,0550	6,05447%	0,23
	Temperatura(°C)	190	12,5	3,9411	1,9852	16,5799%	8
	Viscosidad (s)	190	20	1,6904	1,3001	6,34068%	8
	Grasa (%)	190	3,7	0,1446	0,3803	10,9415%	1,2
	Volumen de bolsas	304	910	506,23	22,4996	2,47144%	153
CI- cultivo industrial					LF- leche fresca		
KTM- tanques de maduración					PT- producto terminado		

3.2.2 Resultados y análisis de las pruebas de normalidad.

Es necesario comprobar que cada una de las variables posea una distribución normal, para ello cada parámetro debe cumplir como mínimo 2 de las pruebas expuesta en el capítulo anterior:

- ✓ P-Valor > 0,05 para un 95 % de confianza, según la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*.
- ✓ Los coeficientes de curtosis y asimetría estén en un rango de -2 a 2
- ✓ El histograma de frecuencia represente una campana de Gauss.

En la tabla 3.2 se muestran los resultados de las pruebas de normalidad para cada una de las variables analizadas y sus histogramas de frecuencia se muestran en el anexo 7.

Para el caso de la temperatura y la grasa en el KTM; y la grasa del producto terminado, sus valores de probabilidad son mayores que 0,05 pero el coeficiente de asimetría y el de curtosis no se encuentra en el rango especificado, además los histogramas de frecuencias para estos casos no representan una campana de Gauss. Todo lo anterior planteado indica que dichas variables no presentan una distribución normal, por lo que se hace necesario aplicar la NC 92-21,1979 para eliminar los valores anormales de la muestra.

Tabla 3.2: Resultado de las pruebas de normalidad.

Variable		Coef. de Asimetría	Coef. de curtosis	P-Valor	Curva normal (histograma)	Distribución normal
LF	Acidez (%)	-11,39	14,89	0,53	Si	Si
	Densidad (g/L)	-2,01	-1,79	0,32	No	Si
CI	Acidez (%)	-3,22	6,02	0,09	Si	Si
KTM	Acidez (%)	-3,06	5,58	0,07	Si	Si
	Temperatura (°C)	5,61	2,45	0,17	No	No
	Viscosidad (s)	6,20	15,22	0,26	Si	Si
	Grasa (%)	-9,95	4,93	0,28	No	No
PT	Acidez (%)	-0,75	-1,91	0,11	Si	Si
	Temperatura (°C)	-6,60	2,24	0,26	Si	Si
	Viscosidad (s)	14,72	21,09	0,46	Si	Si
	Grasa (%)	-10,16	5,36	0,28	No	No
	Volumen de Bolsas	-6,22	7,70	0,15	Si	Si

El tamaño de la muestra para las variables que no poseen distribución normal es de 190, por lo que según la norma NC 92-21, 1979 le corresponde un valor límite de $h = 3,4451$. Para este valor se determinan los estadígrafos:

$$t_n = \frac{x_n - \bar{X}}{s} \quad 3.1$$

$$t_1 = \frac{\bar{X} - x_n}{s} \quad 3.2$$

Dónde: x_n : representa cada valor de la muestra

\bar{X} : media de cada variable

s: desviación estándar

Al aplicar la norma para la grasa en el KTM y del producto terminado los valores de t para ambas variables son menores que h, lo que supone que no tienen ningún valor anormal y por tanto se considera que siguen una distribución normal. Además los histogramas demuestran para estas variables que la media es muy representativa de los valores y por tanto se agrupan alrededor de la misma.

La temperatura en el KTM es una variable que a pesar de aplicarle la norma no presenta distribución normal. En el anexo 8 se puede observar que esta variable no cumple con lo establecido por la norma y que posee un comportamiento anormal, lo que es debido a distintos factores como:

- Problemas de instrumentación que posee el equipo ya que no tiene como medir la temperatura y se realiza con el termómetro del laboratorio.
- Debido a los problemas tecnológicos existentes ya que los equipos llevan más de cuatro década de funcionamiento.
- El sistema de refrigeración tiene problemas ya que de tres bancos de hielo solo funcionan dos.
- Déficit de amoniaco que presentaba la fábrica en esos meses.
- El banco de hielo no posee agitador lo que trae como consecuencia que la temperatura del fondo difiera de la de la superficie.
- Debido al desgaste de las bombas que transportan el agua de enfriamiento.
- Las tuberías que transportan el agua desde el banco de hielo a la cortina de enfriamiento no presentan aislantes provocando pérdidas de temperatura.

3.2.3 Análisis de las pruebas de hipótesis.

Las pruebas de hipótesis se realizan con el objetivo de comprobar que las variables del proceso cumplan con los parámetros establecidos. Para lo que se emplea un nivel de confianza de un 95 % ($\alpha = 0,05$), en la tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos.

➤ **Acidez LF**

La acidez de la leche fresca es un parámetro que depende de las condiciones higiénicas sanitarias y de la refrigeración que presenta desde que sale de la vaquería hasta llegar a la fábrica, para evitar un aumento de la misma. Según la tabla 3.3 la acidez de la leche fresca cumple con la norma de calidad.

➤ **Densidad LF**

Según las pruebas de hipótesis este parámetro no se encuentra en la norma ya que posee valores inferiores a 1,030 g/L, debido a la alimentación de la vaca. Para poder elaborar el yogurt natural es necesario que la leche tenga una densidad entre 1,030 y 1,034 g/L, lo que se logra adicionando leche descremada en polvo (LDP) a dicha leche.

➤ **Acidez CI**

La acidez del cultivo industrial se encuentra en la norma ya que en las dos pruebas se acepta la hipótesis nula para un $P\text{-value} \geq 0,05$. Este parámetro es de vital importancia en la elaboración del yogurt natural ya una elevada o baja acidez propicia un crecimiento inadecuado de los microorganismos. Además una elevada acidez trae consigo afectaciones en las características organolépticas del producto (sabor y olor).

➤ **Acidez KTM**

La acidez en el KTM debe oscilar entre 0,75 – 1,10 % de ácido láctico que según los resultados arrojados por las pruebas de hipótesis (tabla 3.3), se acepta la hipótesis nula para un nivel de confianza del 95 % por lo que la variable se encuentra en norma.

➤ **Viscosidad KTM**

Según la tabla 3.3 esta variable se encuentra en los parámetros establecidos, no obstante se prefieren valores hasta 22 s y no inferiores ya que trae consigo un coagulo débil y se afecta la textura del producto. Además la bomba de aire que permite enfriar de un KTM a otro provoca que el coagulo sufra y hace que disminuya la viscosidad, para evitar dicho daño es recomendable una bomba positiva.

➤ **Grasa KTM y PT**

Tanto para el KTM como para el producto terminado la grasa se encuentra dentro de los límites registrados. La grasa depende del tipo de yogurt que se elabore, si presenta aproximadamente 2,5 % de grasa es un yogurt semidescremado y si tiene valores de 3,2 a 3,9 % grasa es yogurt entero.

➤ **Acidez PT**

En el análisis de la acidez del producto terminado para las dos pruebas realizadas se acepta la hipótesis nula para un nivel de significación mayor que 0,05 para lo que se comprueba que se encuentra en norma, se puede afirmar también que no afecta la calidad del yogurt natural.

➤ **Temperatura PT**

La temperatura no se encuentra dentro de los valores requeridos, esto puede repercutir de forma negativa sobre los demás parámetros afectando la calidad del producto terminado. El comportamiento de esta temperatura se debe al déficit de amoníaco que presentaba la empresa en estos meses.

➤ **Volumen de las bolsas PT**

El volumen que debe tener cada bolsa debe ser de 917ml \pm 11, en la tabla 3.3 se muestra como se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

Tabla 3.3 Resultados de las pruebas de hipótesis

Variables		Norma	Hipótesis	P-value	Cumple
LF	Acidez	0,12 - 0,14	$H_0 : \mu \geq 0,12$ $H_1 : \mu < 0,12$	1	Si
			$H_0 : \mu \leq 0,14$ $H_1 : \mu > 0,14$	1	
	Densidad	1,030 – 1,034	$H_0 : \mu \geq 1,030$ $H_1 : \mu < 1,030$	0	No
			$H_0 : \mu \leq 1,034$ $H_1 : \mu > 1,034$	1	
CI	Acidez	0,75 - 1,20	$H_0 : \mu \geq 0,75$ $H_1 : \mu < 0,75$	1	Si
			$H_0 : \mu \leq 1,20$ $H_1 : \mu > 1,20$	1	
KTM	Acidez	0,75 - 1.10	$H_0 : \mu \geq 0,75$ $H_1 : \mu < 0,75$	1	Si
			$H_0 : \mu \leq 1,10$ $H_1 : \mu > 1,10$	1	
	Viscosidad	18 – 22	$H_0 : \mu \geq 18$ $H_1 : \mu < 18$	1	Si
			$H_0 : \mu \leq 22$ $H_1 : \mu > 22$	1	
	Grasa	2,5 - 3,9	$H_0 : \mu \geq 2,5$ $H_1 : \mu < 2,5$	1	Si
$H_0 : \mu \leq 3,9$ $H_1 : \mu > 3,9$			1		
PT	Acidez	0,85 – 1,10	$H_0 : \mu \geq 0,85$ $H_1 : \mu < 0,85$	1	Si
			$H_0 : \mu \leq 1,10$ $H_1 : \mu > 1,10$	1	
	Grasa	2,5 - 3,9	$H_0 : \mu \geq 2,5$ $H_1 : \mu < 2,5$	1	Si
			$H_0 : \mu \leq 3,9$ $H_1 : \mu > 3,9$	1	
	Temperatura	8 – 10	$H_0 : \mu \geq 8$ $H_1 : \mu < 8$	1	No
			$H_0 : \mu \leq 10$ $H_1 : \mu > 10$	$2,03 \cdot 10^{-7}$	
	Viscosidad	18 – 22	$H_0 : \mu \geq 18$ $H_1 : \mu < 18$	1	Si
			$H_0 : \mu \leq 22$ $H_1 : \mu > 22$	1	
	Volumen de las bolsas	917± 11 (906 -928)	$H_0 : \mu \geq 906$ $H_1 : \mu < 906$	0,99	Si
			$H_0 : \mu \leq 928$ $H_1 : \mu > 928$	1	

3.2.4. Cartas de control para las variables estudiadas

Las cartas de control de medias y rango se emplean para analizar el control de la calidad de cada uno de los parámetros estudiados, con cinco observaciones en cada una, excepto para la acidez y densidad de la leche fresca con 2 observaciones y el volumen de las bolsas que se toman ocho observaciones.

➤ Acidez LF

Para este parámetro se muestran las cartas de media y rango en el anexo 9, donde se observa que esta fuera de control ya que tiene más de 8 puntos consecutivos que coinciden con la línea central. Los valores de esta variable poseen dicho comportamiento debido a que la empresa adquiere la leche de diferentes proveedores.

➤ Densidad LF

La densidad de la leche depende de la alimentación que presente la vaca, valores por debajo de 1,029 g/L indican que la leche se encuentra adulterada. Según el anexo 10 esta variable esta fuera de control debido a que existen varios puntos que fluctúan alrededor de la línea central.

➤ Acidez CI

En el anexo 11 se representa la carta de media para la acidez del cultivo industrial, donde se observa varios sobre los límites y otros que sobresalen. Los datos se agrupan en un rango de 0,88 a 0,94 %, la carta de rango para esta variable confirma que se encuentra fuera de control. La temperatura es un factor importante en la elaboración del yogurt y es la principal causa de variación de la acidez.

➤ Acidez KTM

La acidez en el KTM muestra un comportamiento descontrolado, según la carta para medias existen valores por encima del límite superior y que sobresalen del límite inferior, aunque para la carta de rango solo existen 3 puntos sobre el límite superior (Anexo 12). Otro índice que demuestra que la variable esta fuera de control es que para ambas cartas hay valores que fluctúan alrededor de la línea central. La acidez

es una variable que depende de la temperatura y según lo expuesto en epígrafes anteriores la temperatura en el KTM además de estar fuera de la norma tiene un comportamiento inestable y sus valores se encuentran generalmente por encima de lo normado.

➤ **Viscosidad KTM**

El anexo 13 muestra puntos fuera de los límites y valores sobre la media, lo que indica que en algunos momentos la viscosidad en KTM se mantiene constante con un valor de 20 s. Según las cartas de media y rango este parámetro está fuera de control, debido a problemas operacionales que presenta la bomba y al manejo por parte del operario.

➤ **Grasa KTM**

La carta para rango del anexo 14 y la de media, muestran que el % de grasa en KTM es otra de las variables del proceso que se encuentra fuera de control. En ambas cartas se aprecia que en varios días la grasa se mantiene constante para un valor de 3,7%, debido a que los primeros días de tomadas las muestras se realiza yogurt entero y en los últimos días yogurt semidescremado.

➤ **Acidez PT**

La acidez del producto también se encuentra fuera de control, la carta de medias y de rango se puede apreciar en el anexo 15, donde se observa que más de 15 puntos están fuera de los límites. Como se ha mencionado anteriormente este parámetro depende de la temperatura.

➤ **Grasa PT**

Como la grasa en el KTM no está en control, podemos afirmar que es la principal causa de que la grasa del producto terminado presenta grandes variaciones que la hacen fuera del control. Dicha afirmación se comprueba con las cartas de media y rango que se encuentran en el anexo 16, en ambas cartas se observan puntos sobre los límites y fuera de ellos.

➤ **Temperatura PT**

La temperatura del producto terminado es de vital importancia para mantener todas las características del producto. A la vez que varía, todos los demás parámetros se ven afectados. El anexo 17 muestra como los puntos fluctúan alrededor de la línea central, además se observan valores superiores a 12,73 e inferiores a 11,22.

➤ **Viscosidad PT**

Si la viscosidad en el KTM sufre algún cambio, la viscosidad del producto terminado, va a estar afectada, según el anexo 18 la viscosidad hay varios puntos fuera de los límites, esto indica que se encuentra fuera de control.

➤ **Volumen de bolsas**

En el anexo19 se observa que para el volumen de las bolsas del producto terminado, existen alrededor de 7 puntos fuera de los límites, la variación de este parámetro se debe a problemas operacionales de la planta.

3.3 Análisis de los resultados obtenidos en el balance de materiales.

El balance de masa se realizó en los tanque KTM ya que en ellos ocurre la transformación de la leche en yogurt natural al adicionar el cultivo industrial y siguiendo las especificaciones del proceso. En los KTM no ocurre reacción química, la única operación unitaria que se realiza es el mezclado y por tanto se emplea la expresión del balance de materiales, aplicando la ley de conservación de la masa.

Tabla 3.4: resultados del balance de masa en el KTM

	Entra	Genera	Consume	Sale
Leche fresca	1000 L	-----	-----	1000 L
Cultivo Industrial	20 L	-----	-----	20 L
Yogurt Natural	-----	-----	-----	1020L

- Los 1020L representan lo que se produce de yogurt natural según la materia prima empleada.

- ❖ La cantidad de yogurt que se produce se puede determinar también por la cantidad de bolsas que se obtienen en el día y el peso de las mismas.
- Para una producción de 1100 bolsas de yogurt natural con 910 ± 11 ml cada una se obtiene:

$$1100b * 910 \frac{mL}{b} = 1001000mL \quad (3.1)$$

$$1001000 \text{ ml} = 1001L$$

Donde b son las bolsas producidas.

- ❖ Entonces:

$$\sum \text{Entra} = \sum \text{Sale}$$

$$1020 L \neq 1001 L$$

Esto significa que hay pérdidas en el proceso productivo, por tanto calculando las pérdidas reales en el proceso de producción de yogurt natural se obtiene:

$$1020L - 1001L = 19L \quad (3.2)$$

Este valor representa:

$$\frac{1020}{100\%} = \frac{19}{x} \quad (3.3)$$

$$x = 1,86 \%$$

Al realizar el balance de materiales se pudo determinar que en el proceso productivo existen pérdidas de 19 L lo que representa un 1,86 %. Según la norma puede llegar hasta un 2% de perdidas, que incluyen las bolsas rotas, las de bajo contenido y las tomadas como muestra en el laboratorio.

3.4 Análisis económico de la producción de yogurt natural.

El análisis económico tiene como finalidad conocer los principales indicadores económicos de esta producción y dar a conocer si este producto trae consigo pérdidas o ganancias para la empresa. Dicho estudio es realizado en el mes de

enero, en el anexo 20 se muestran los datos obtenidos de la empresa y en la tabla se muestran los resultados de los indicadores económicos calculados.

Tabla 3.5: Resultados de los indicadores económicos calculados.

Indicador económico	Costo
Costos Variables	123184,08 \$/mes
Costos fijos	3362,89 \$/mes
Costo de producción	126546,97 \$/mes
Valor de la producción	159847,082 \$/mes
Costo unitario fijo	0,092
Costo unitario variable	3,35
Costo por peso de producción	0,79
Ganancia	33300,112 \$/mes
Rentabilidad %	26,314 %
Punto de equilibrio	3364,357 kg/mes

Para el mes de enero la empresa empleo 126546,97 \$/mes para la producción de yogurt natural, obteniendo 159847,082 \$/mes de ingresos.

La ganancia o utilidad económica, es positiva lo que supone que no hay pérdidas económicas. La rentabilidad depende de la ganancia y del costo de producción, esta indica que para que el proceso sea eficiente económicamente no basta con que la ganancia sea positiva, sino que la ganancia represente un porcentaje determinado y adecuado del costo de producción para esa rama.

Según plantea Salazar y Vargas, 2015 la rentabilidad de un proceso debe encontrarse entre 25 y 35%., para este caso la rentabilidad es 26,314% indicando que la producción de yogurt natural para el mes de enero es rentable para una ganancia de 33 300,112. \$/mes

3.4.1 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio, es aquel nivel de operaciones en el que los egresos son iguales a los importes a sus correspondientes en gastos y costos. El eje horizontal representa las ventas en unidades, y el vertical, la variable en pesos; los ingresos se

muestran calculando diferentes niveles de venta. Según los cálculos realizados a partir de los 3364,357 kg la empresa comienza a obtener ganancia. Mientras más bajo sea el volumen de producción del punto de equilibrio permite que se puedan realizar inversiones o modificaciones que permitan obtener una mayor calidad del producto terminado y mejores rendimientos, también posibilita mejorar las condiciones de trabajo y de seguridad. En el anexo 21 se muestra el gráfico del punto de equilibrio.

3.4.2 Estructura de costos

En la tabla 3.6 se observan los costos operacionales para el periodo analizado en la producción de yogurt natural, donde se observa que las materias primas son las más significativas con un 3,18 %. En el anexo 22 se observa el gráfico de la estructura de costo para el mes de enero.

Tabla 3.6: costos operacionales para la estructura de costos

Costos operacionales	\$/mes	%
Materia prima y materiales	116779,14	3,1838
Combustible	935,31	0,0254
Energía	3869,63	0,1054
Otros gastos monetarios	1600	0,0436
Salarios y seguridad social	3061,67	0,0834
Salario básico	2171,21	0,0591
Otros pagos adicionales	290	0,0079
Acumulación de vacaciones	274,76	0,0074
Pagos por resultados	325,7	0,088
Depreciación y amortización	301,22	0,0082

3.5. Principales causas que afectan la calidad del yogurt natural

Son muchos los factores que inciden en la calidad del yogurt natural, cada variables depende de la otra y cualquier variación afecta la calidad del producto terminado. A continuación se muestran algunas de las principales causas que afectan la calidad del yogurt natural:

- Calidad de las materias primas.
- Problemas tecnológicos de los equipos, debido a que presentan más de cuatro décadas de explotación.
- Presencia de incrustaciones en los equipos tecnológicos ya que se trabaja en ocasiones con agua dura, obstruyendo los serpentines y la doble camisa de los KTM.
- Falta de equipamiento en el laboratorio para el control de parámetros decisivos en la calidad del producto.
- Ausencia de sensores de temperatura en los equipos.
- Ausencia de la etapa de homogenización, que evita la separación de grasa del producto terminado.
- Ausencia de aislantes en las tuberías.
- Falta de capacitación de los operarios.

Tabla 3.7: Consecuencias de la variación de las variables fundamentales del proceso.

Materia prima o Equipos	Parámetros de calidad	Consecuencia de la Variación
Leche fresca	-Acidez -Grasa -Densidad	Una variación de estos parámetros, con respecto a lo normado, implica que esta leche no califica para ser destinada a la elaboración de yogurt natural. La falta de sólidos afecta la consistencia.
Leche descremada en Polvo(LDP)	- Acidez - Densidad	Afecta las características organolépticas.
Cultivo industrial	- Acidez	Una variación de acidez no provocará la coagulación requerida, y el producto no será apto para la realización del yogurt.

Homogenizador		Al no utilizarse este equipo la grasa va a la superficie
Pasteurizador	Temperatura(80-95°C)	Las bacterias continúan reproduciéndose.
KTM	Temperatura de incubación (42 - 45°C)	No se fermenta la leche como es debido.

- Fuente: Elaboración propia

En función de las causas detectadas, la empresa debe cometer acciones que permitan la mejora de la calidad del proceso:

1. Comprobar que las materias primas cumplan con las especificaciones de calidad para garantizar la calidad del producto terminado.
2. Controlar la temperatura en las diferentes etapas del proceso.
3. Priorizar cursos de superación para los trabajadores.
4. Introducir un homogenizador para evitar la separación de la grasa en el producto terminado.
5. Gestionar la adquisición de equipamientos para el laboratorio.
6. Cubrir las tuberías con aislantes para evitar las pérdidas de temperatura.

Conclusiones parciales del capítulo.

De los resultados obtenidos se concluye que:

1. Existen 5 puntos de control, donde la temperatura juega un papel importante para lograr un producto de buena calidad.
2. De las variables analizadas la temperatura en los tanques de maduración y del producto terminado muestran gran inestabilidad en comparación con el resto.
3. Todos los parámetros analizados cumplen con la norma excepto la temperatura e los KTM debido a varias deficiencias de la planta.
4. La temperatura del producto terminado es la única que no cumple con las especificaciones de calidad.
5. Por una causa u otra según las cartas de media y rango todas las variables están fuera de control.

Conclusiones

1. El control estadístico de la calidad es la aplicación de diferentes técnicas estadísticas como pruebas de hipótesis y cartas de control, a procesos con el objetivo de verificar si todas las partes del proceso cumplen con las exigencias de calidad.
2. La metodología para el análisis de peligro y puntos críticos de control permite identificar en el proceso peligros y establecer medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos permitiendo determinar el comportamiento de cada una de las variables
3. Según los resultados arrojados por los métodos estadísticos empleados se puede concluir que el proceso de producción del yogurt natural en los meses de enero y febrero esta fuera de control.
4. La principales causa que inciden en la calidad del yogurt natural son: equipos de trabajo (equipos con desgastes por el tiempo de uso), condiciones de trabajo, elevadas temperaturas en el proceso y la falta de capacitación de los trabajadores.
5. Los indicadores económicos muestran resultados de rentabilidad para el periodo analizado con una ganancia de 33 300,112\$/mes

Recomendaciones

Se recomienda a la Base Empresarial “Lácteos Matanzas”:

1. Garantizar el cumplimiento de cada una de las normas de control, tanto de las materias primas como del producto terminado.
2. Sustituir los equipos que mayores problemas poseen en el proceso del yogurt
3. Garantizar la compra de equipos necesarios para el laboratorio.
4. Introducir un homogenizador para evitar la separación de la grasa en el producto terminado.
5. Garantizar cursos de superación de para los trabajadores

Bibliografía

1. Ahn, Y., Lim, L. *et al.* (2002). *Characterization of Lactobacillus acidophilus Isolated from Piglets and Chicken*. [on line]. Disponible en Internet en <http://scholar.google.com>
2. Brizuela, E. (1987). Aspectos fundamentales del diseño de plantas industriales (Tomo I y II). Editorial ISPJAE. Ciudad de La Habana.
3. Canavos, George, (1961). "Probabilidades y Estadística. Aplicaciones y métodos". Capítulo 9.
4. Carrera García, Julio. (2015). Análisis y mejoramiento de los procesos productivos de la empresa de lácteos Llano verde (LLANOLAC S.A.), en la elaboración de yogurt natural Bríos ubicada en el Cantón Rumiñahui. Tesis de magisterio en administración de empresas con mención en gerencia de la calidad. Universidad católica el Ecuador-Matriz. Quito.
5. Castillo, Alejandro. (2004). Calidad e Inocuidad de Plantas Lecheras. [on line]. Disponible en Internet en <http://scholar.google.com>
6. Correa, J. Iral, R. Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. Revista Colombiana de Estadística. Volumen 29. No 1.
7. Dávila, Jacqueline. *et al.* (2006). Diseño de un plan para el proceso de elaboración de queso tipo Gouda en una empresa. Revista ALAN. Venezuela, Vol. LVI, No. 1.
8. Del Castillo Shelly, R. y Mestres Lagarriaga, J. (2009). Productos Lácteos. Tecnología. Disponible en: <http://shcolar.google.com>.
9. De la Noval, Nery. *et al.* (2009). Lácteos: Seguridad y Calidad. Un paso hacia la integración. Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos. Ciudad de la Habana, Vol. 19, No. 2.
10. Díaz Alvarado, T. y Rubio Salgado, A. (2016). Desarrollo de un producto de yogurt bebible a base de leche de soya con sabor cereza. Tesis en opción

al título de ingeniero agrónomo. Campus universitario El Cerrillo. Toluca, México.

11. Eillon, S. (1979). Industrial Engineering Tables. Production Engineering, Imperial Collage of Science and Technology, London.
12. FAO y OMS. (2011). Codex Alimentarius. Leche y productos lácteos. Segunda edición. Roma.
13. Fernández, Yariel. (2010). Análisis del control de calidad en la Empresa Molinera Cárdenas "Ramón Martell Medina". Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Químico.
14. Gagñay Huaraca, Luis, G. (2010). Efecto de diferentes niveles de Stevia rebaudiana como edulcorante en la elaboración de yogurt tipo II. Tesis de Grado. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
15. Gamboa Vázquez, Wendolin. (2013). Instrumentación y estandarización del proceso para la elaboración de yogurt mediante el monitoreo de las variables analíticas (PH y temperatura). Tesis en opción al título de Ingeniero en Automatización. C.U. Santiago de Querétaro, QRO.
16. Gaona Uyaguari, Grace, G. (2017). Análisis sensorial para la determinación de los niveles aceptables de colorantes y saborizante en el yogurt. Universidad académica e ciencias químicas y de la salud. Machala.
17. Gómez, J.C. (1999). Tesis. Métodos de Control de Acidez en el yogur. DIA. Universidad Autónoma de Chapingo. México
18. González, Elvira. *et al.* (2004). Análisis de peligro y puntos críticos de control. Su relación con la inocuidad de los alimentos. Revista Cubana Higiene y Epidemiologia. Ciudad de la Habana, Vol. 42, No.2.
19. Gutiérrez, H. (2007). Control estadístico de calidad y seis sigmas. Ed. MC. Graw Hill, México.
20. Hernández Carranza Paola. (2004). Evaluaciones de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Tesis profesional. Universidad de las Américas Puebla. [en línea]http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mca/hernandez_c_p/capitulo3.pdf

21. Hernández Serrano, José. (2007). Características Bioquímicas y Biológicas del Yogurt Adicionado con Leche de Soya. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
22. Huerga, M.; Abad, J. (2004). Herramientas estadísticas en el control y mejora de la calidad. Una aplicación en la industria agroalimentaria. Anales de Economía Aplicada. XIV Reunión ASEPELT. Universidad de Oviedo. España. ISBN 86-699-2357-9.
23. Hursel, Rick. *et al* (2009). Effects of breakfast yoghurt, with additional total whey protein or caseino macropeptide-depleted a-lactalbumin-enriched whey protein, on diet-induced thermogenesis and appetite suppression. [on line]. Disponible en Internet en <http://scholar.google.com>.
24. INEN, I. E. de N. (2011). NTE INEN: 2395. Leche Fermentada. Requisitos. Disponible en <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/ACO/17122014/n-te-inen-2395-2r.pdf>. Consultado 17 de noviembre del 2018.
25. Jaime Chiluisa, Mauricio. H. (2015). Yogurt artesanal a base de frutas de salak y jackfruit. Instituto tecnológico superior de Turismo y Hotelería. Quito, Ecuador.
26. James Valarezo, Mariuxy. (2016). Evaluación de las condiciones de cultivos de *Lactobacillus Acidophilus* y *Lactobacillus Casei* a nivel de laboratorio, con inulina como fuente de carbono. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.
27. León, C y Proaño, N. (2015). Elaboración del yogurt a partir de diferentes materias, como leche de vaca de cabra para su caracterización. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
28. Lignia Anchapaxi, Johanna. V. (2014). Utilización de diferentes niveles de Agave americana (sirope de agave) como edulcorante natural para la elaboración de yogurt de Glycine Max (soya). Tesis de Grado. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
29. Linaje M. S, *et al.*, (2012). Yogurt: Sábila y Nopal (Alimentos Probióticos). Universidad Autónoma de Coahuila-Escuela de Ciencias Biológica.

30. Martínez, A. (2010). Métodos estadísticos para el control de la calidad y la mejora continua en la industria de la transformación. Tesis para optar por el título de Administrador Industrial. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
31. Martínez Rivas Sarita. (2016). Evaluación de la viscosidad y el color del yogurt batido con adición de goma de tara (*Caesalpinia ssp. spinosa*) como estabilizante a diferentes concentraciones. Tesis licenciatura. Universidad Nacional José María Arguedas, Facultad de Ingeniería. Perú.
32. Mendoza, A. (2015). Influencia de la acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt batido. Disponible en: <http://shcolar.google.com>.
33. Monsalve, A. (2010). Reología, la ciencia que estudia el movimiento de los fluidos. Santiago de Chile. Remetallica.
34. Mori Nuñez, Carlos. (1989) Estudio de la calidad de Yogurt Afianzado, bajo diferentes niveles de recombinación de la leche.
35. Mora Aguilar, Marlin. (2017). Proceso tecnológico para la elaboración de yogurt batido aplicando las normas INEN 2395:2011. Mach
36. Montgomery, D. (2014). Statistical Quality Control. Ed. John Wiley. New York.
37. Molina Chew, Irma. (2009). Comparación de tres estabilizantes comerciales utilizados en la elaboración de yogurt e leche descremada de vaca. Guatemala.
38. Muñoz, G., y Pazmiño, C. (2011). Elaboración de un yogurt tipo II de textura aplanada sabor a banano "Buena fuente de fibra". Tesis de Grado Quito.
39. Naranjo Santos, N y Vera Miñaca, A. (2012). Combinación de aditivos para emplear como regulador de propiedades físico- químicas en la obtención de yogurt tipo III. Trabajo de grado en opción al título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba.
40. Narváez Rueda, Ángel. (2015). Caracterización bromatológica y microbiológica de yogurt con diferentes dosificaciones de edulcorante

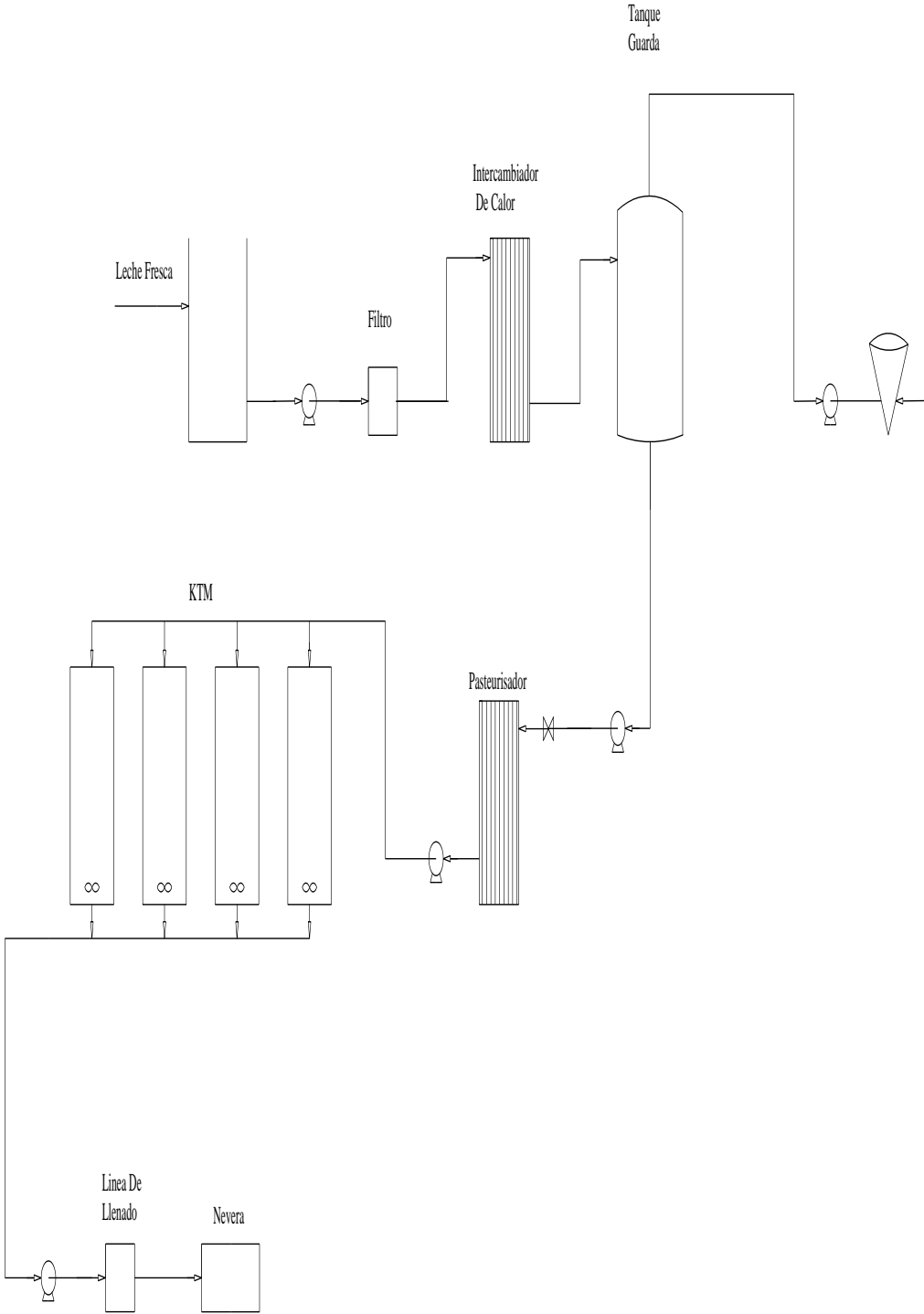
natural estevia. Tesis en opción al título de Médico veterinario Zootecnista. Universidad nacional de Loja, Ecuador.

41. NEIAL1599.89. Leche y sus derivados. Yogurt batido
42. Nevado, M y Ortiz, R. (2005). Pruebas de hipótesis en serie de ensayos. [online]. Disponible en Internet en <http://scholar.google.com>
43. Norma Cubana NC448:2006. Leche cruda. Especificaciones de calidad.
44. Norma Cubana NC685:2009. Leche en polvo. Especificaciones de calidad.
45. Norma Cubana 92-21. (1979). Procedimiento para evaluar la anormalidad de los resultados de las observaciones.
46. Norma NC585.2025 Contaminantes microbiológicos
47. Ordinola, E. y Osorio, L. (2015). “Viabilidad de las bacterias lácticas *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Delbrueckii ssp Bulgaricus* durante el almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración de cuatro marcas de yogures comerciales”– Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación VOL 2. No 2, ISSN: 2313-1926.
48. Palacios Hernández, Orelsis. (2017). Procedimiento para la evaluación de la Disciplina Tecnológica en el proceso de obtención de queso de la Pasteurizadora “Germán Hernández Salas” de Cárdenas. Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas.
49. PROFECO. 2012. Valor nutritivo. (En línea). Disponible en: <http://www.consumidor.gob.mx/workpress/wp-content/uploads/2012/04/RC-236-yogurt.pdf>. Consultado 2 de enero 2019
50. Puhan, Z. (1986). Introduction In: Fermented Milk/Science and Technology- Ch. I. Bulletin IDF 227/1988
51. Quintana López, Ana. (2011). Características fisicoquímicas y nutricional de leches fermentadas de cabra. Tesis Doctoral. Universidad de Grana.
52. Rebollar Estrada, Teresa. (2017). Características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt natural elaborado artesanalmente. Tesis en opción al título de ingeniero en ciencias tecnología de alimentos. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.

53. Salazar Unapunta, David.X. y Vargas Típan, Darío.J. (2015). Diseño de una planta para elaboración de dos productos lácteos y la evaluación de la influencia de la leche producida mediante el método “Rotativo Racional” en el rendimiento, composición y calidad. Tesis en opción al título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos. Universidad de las Américas.
54. Shi, J. (2007). Stream of variation modeling and analysis for multistage manufacturing process. CRC Press.
55. Sotolongo Contino, Yadiel. (2017). Evaluación de la etapa de purificación en la producción de azúcar crudo en la UEB Central Azucarero Jesús Rabí. Trabajo de diploma. Universidad de Matanzas.
56. Villalobos Sánchez, Daniellys. *et al* (2005). Barreras y acciones para su implementación desde una perspectiva CTS. [on line]. Disponible en Internet en <http://scholar.google.com>
57. Wei, Z., Zhang, W., Wang, Y., & Wang, J. (2017). *Monitoring the fermentation, post-ripeness and storage processes of set yogurt using voltammetric electronic tongue. Journal of Food Engineering, 203, 41–52.* <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.01.022>
58. Woodall, William. H. (2006). The Use of Control Charts in Health-Care and Public-Health Surveillance. [on line]. Disponible en Internet en <http://www.npaihb.org>
59. Wu, Sha; Li, Dong; Li, Shu-jun; Bhandari, Bhesh; Yang, Bao-ling; Chen, Xiao Dong; and Mao, Zhi-huai. (2009). "Effects of Incubation Temperature, Starter Culture Level and Total Solids Content on the Rheological Properties of Yogurt," International Journal of Food Engineering: Vol. 5: Iss. 2, Article 3.

Anexos

Anexo 1. Diagrama de flujo del proceso de producción del yogurt natural



ANEXO 2:

Tanques KTM. (Preparación de cultivo).



ANEXO 3:

Tanques guardas.



ANEXO 4:

Tanques KTM

(Producción del yogurt natural)



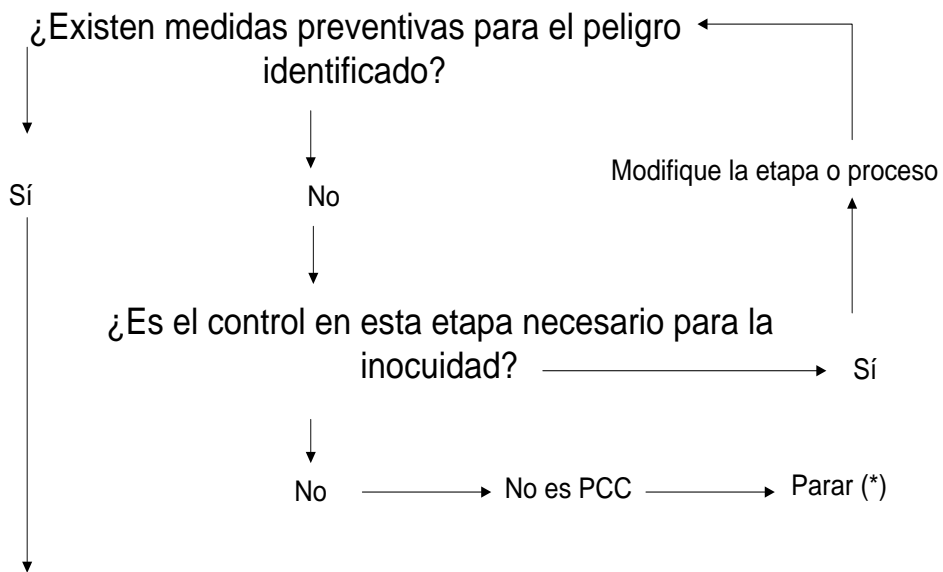
ANEXO 5:

Cortina de enfriamiento



Anexo 6: Árbol de decisión para determinar los puntos críticos de control (PCC).

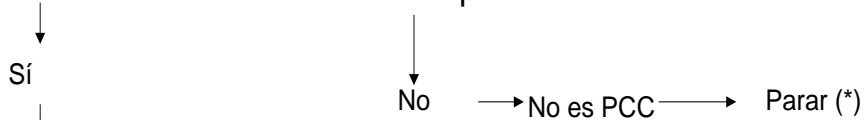
Pregunta N°1



Pregunta N°2
¿Esta etapa elimina el peligro o reduce su frecuencia a un nivel aceptable?

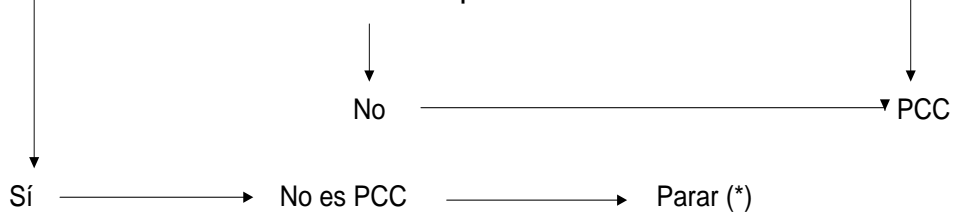


Pregunta N°3
¿Podría la contaminación en esta etapa incrementarse a niveles inaceptables?



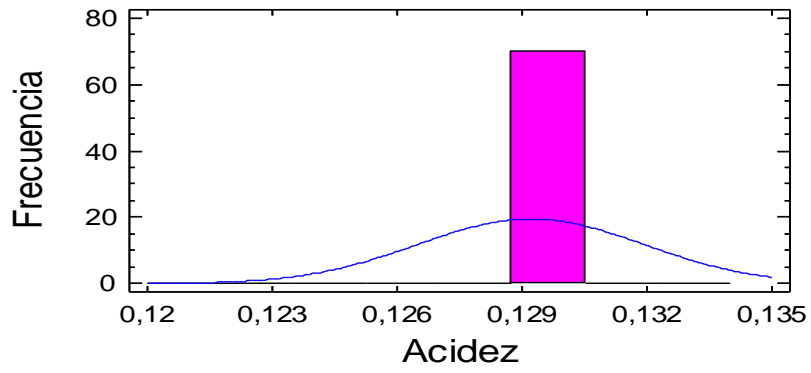
Pregunta N°4

¿En una etapa posterior se eliminará o reducirá el peligro hasta niveles aceptables?

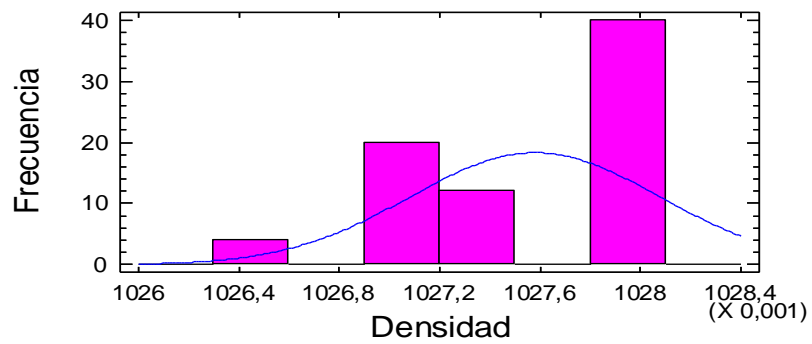


Anexo 7: Histogramas de frecuencia.

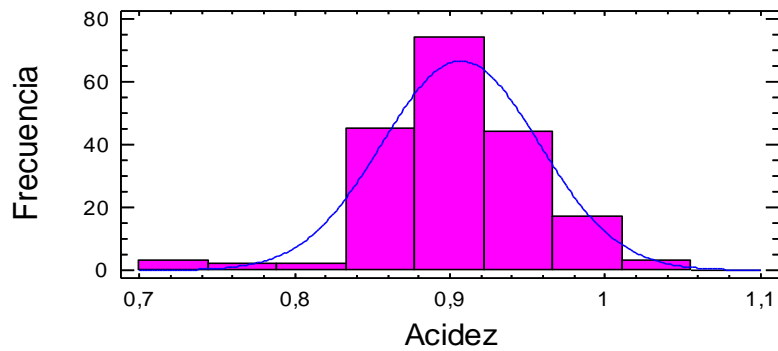
Histograma para acidez LF



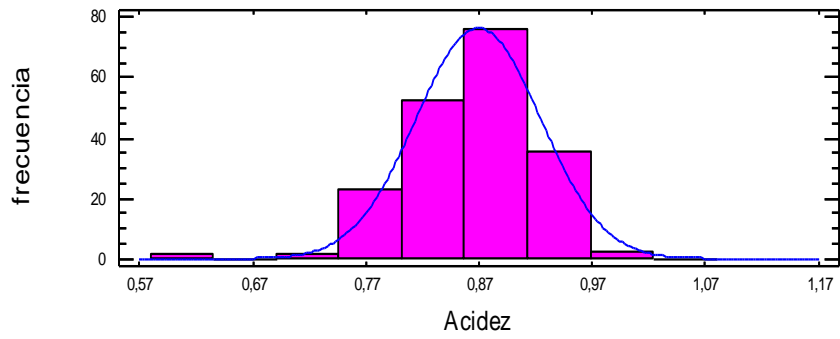
Histograma para densidad LF



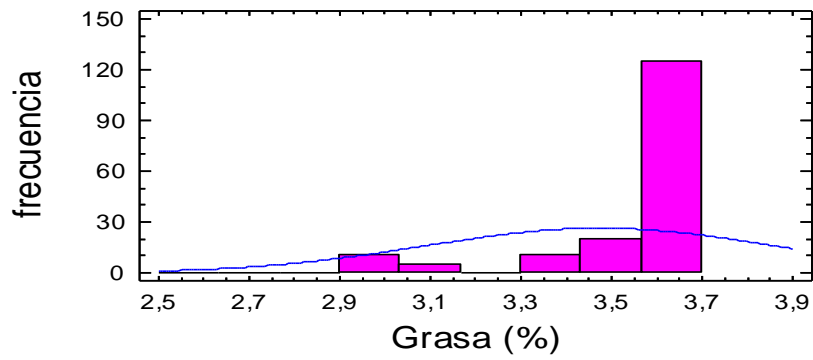
Histograma para acidez Cl



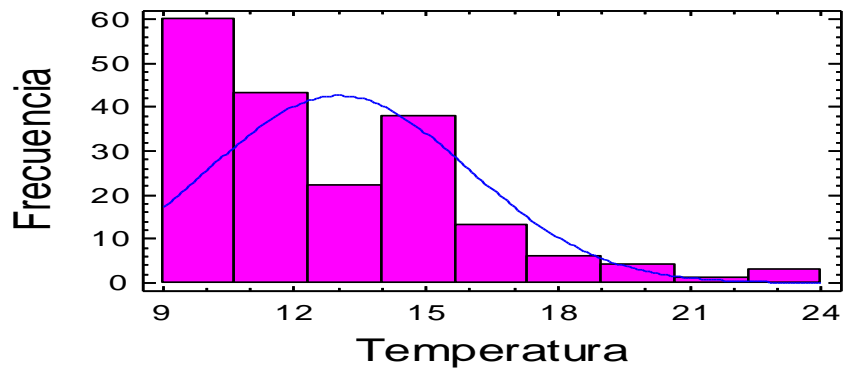
Histograma para Acidez KTM



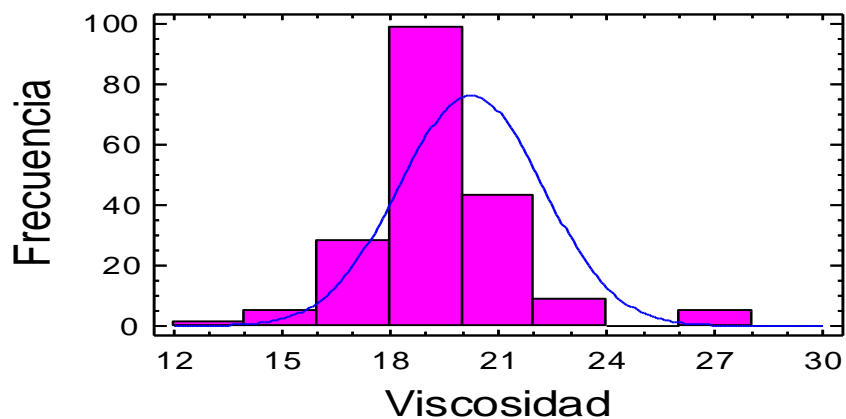
Histograma para grasa KTM



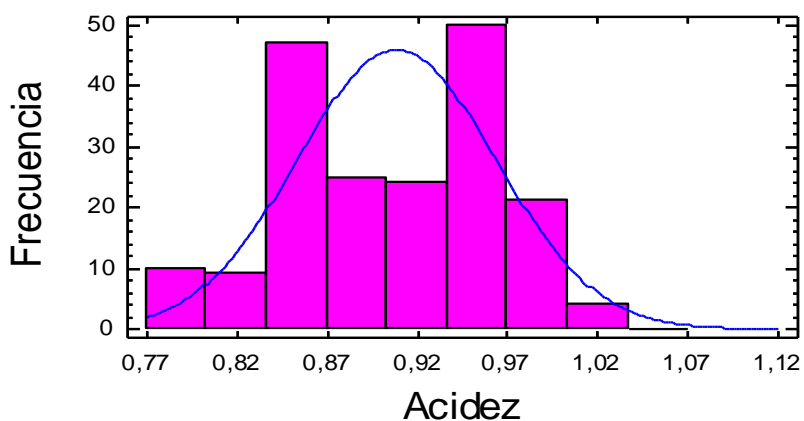
Histograma para Temperatura KTM



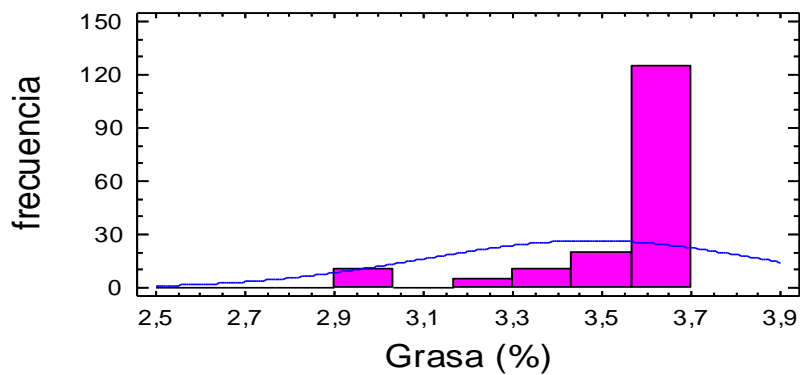
Histograma para Viscosidad KTM



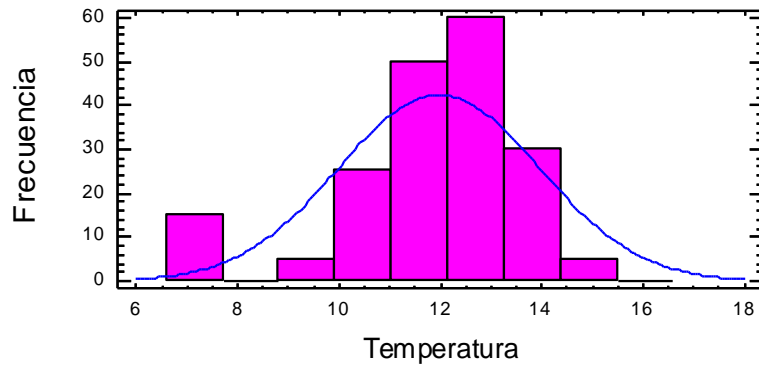
Histograma para Acidez PT



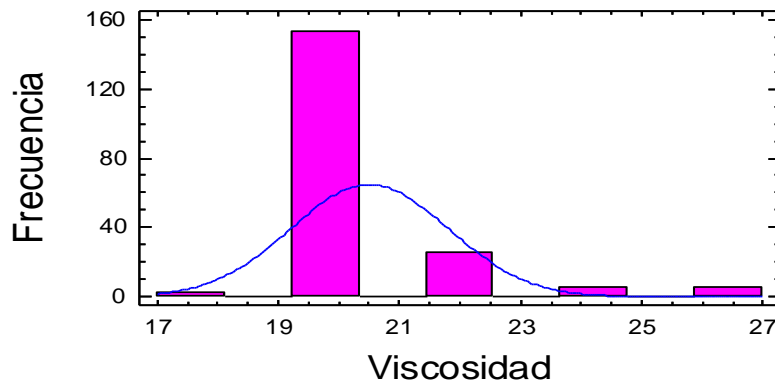
Histograma para grasa PT



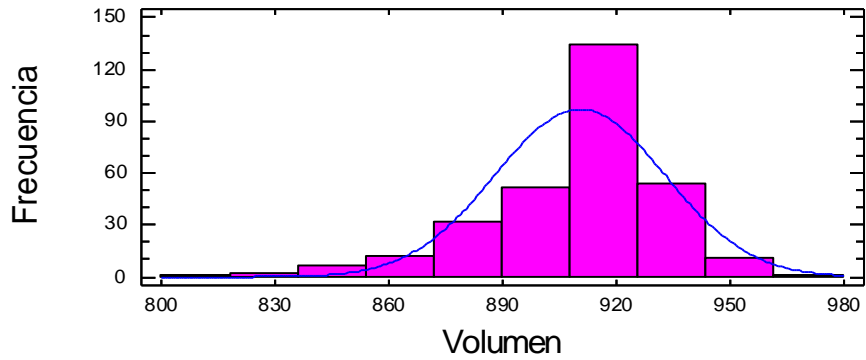
Histograma para Temperatura PT



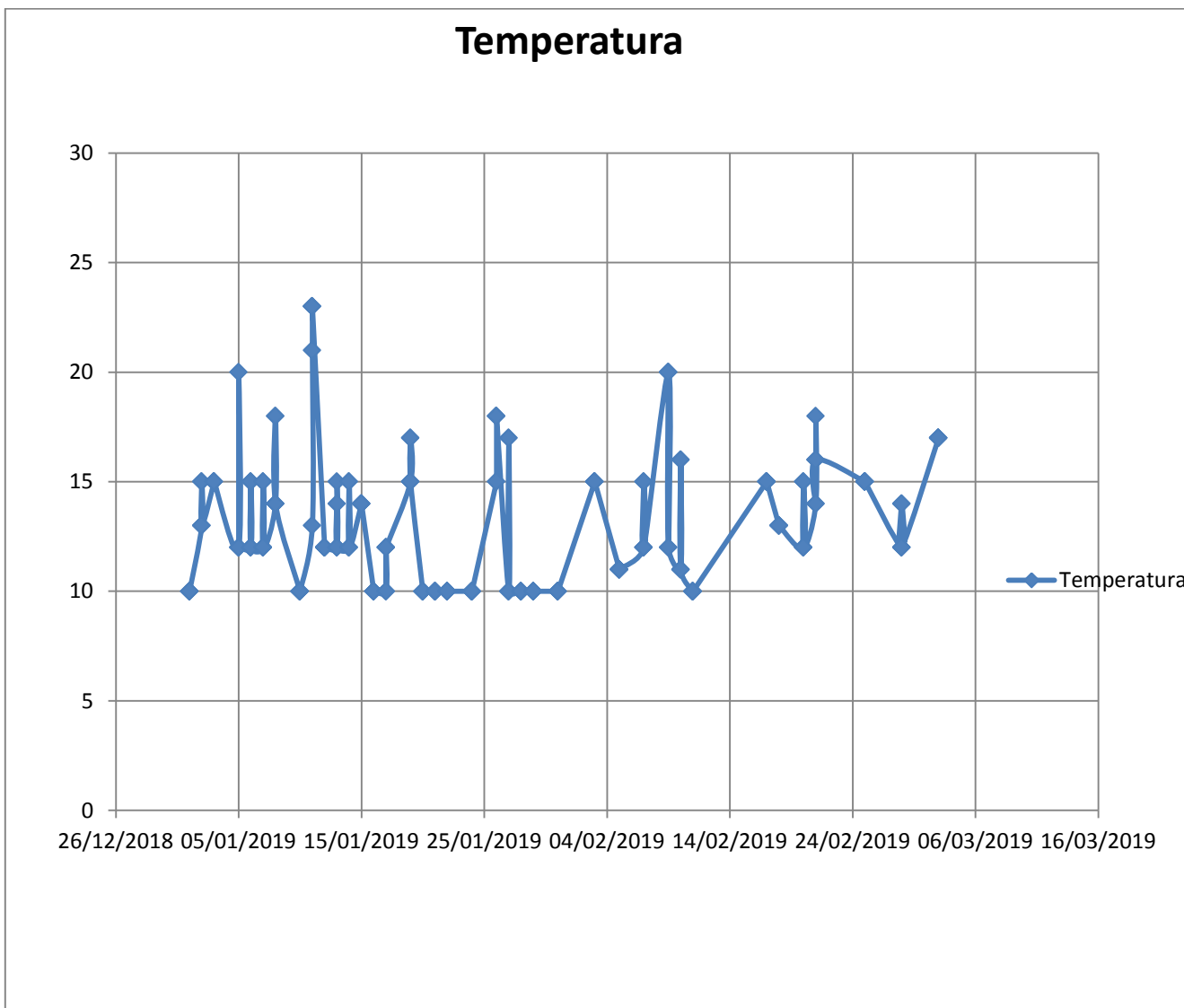
Histograma para Viscosidad PT



Histograma para Volumen PT

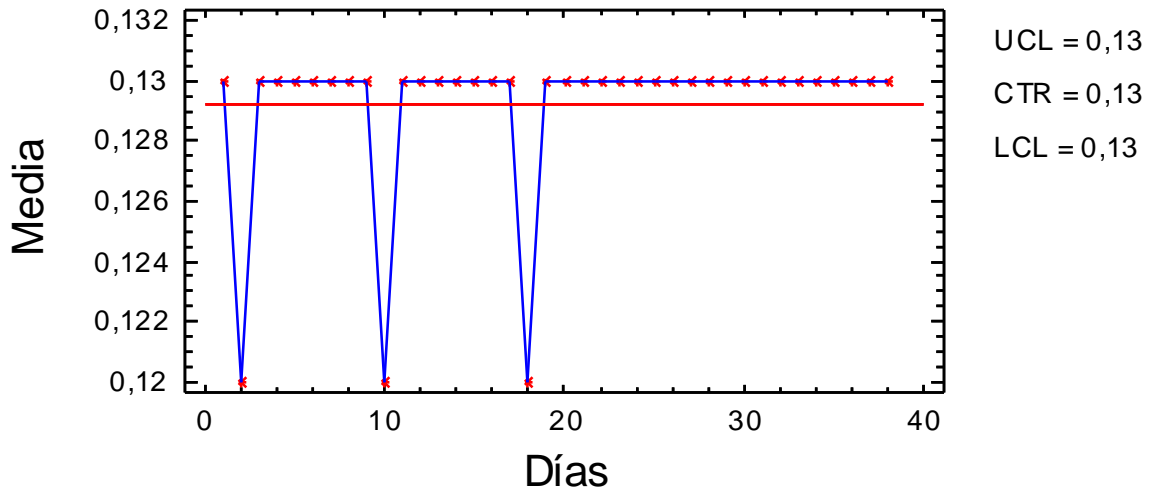


Anexo 8: Comportamiento de la temperatura en el KTM

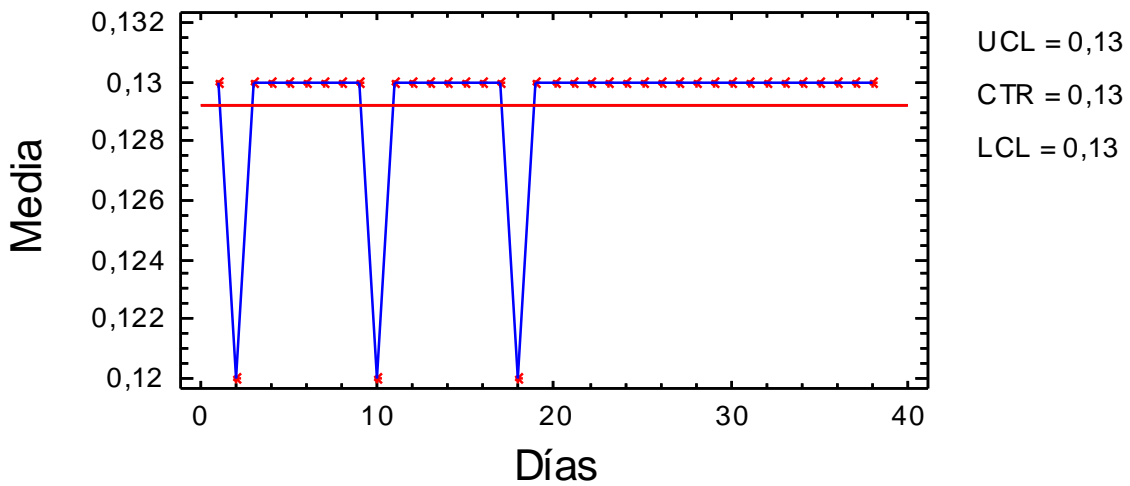


Anexo 9: Cartas de control para media y rango de la acidez LF

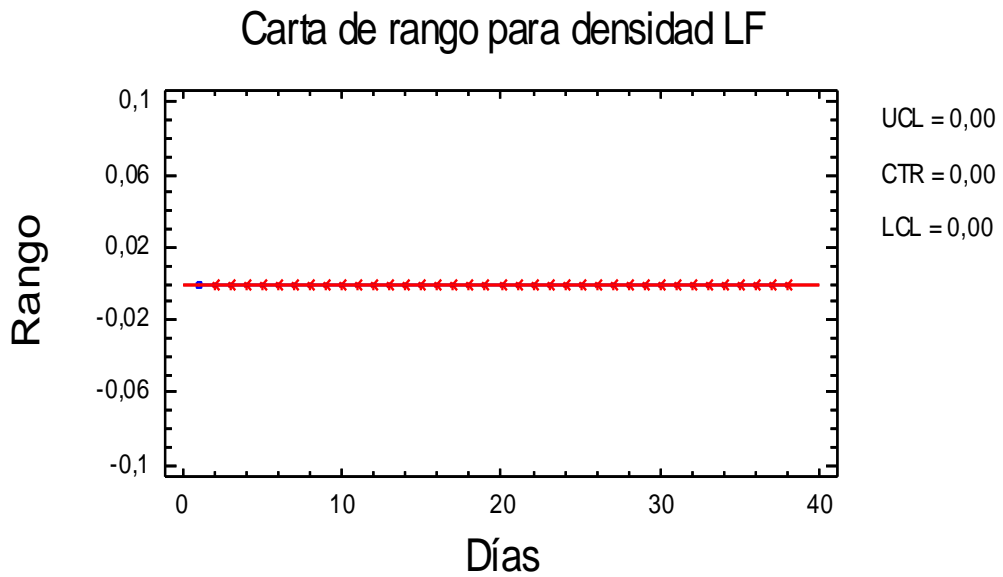
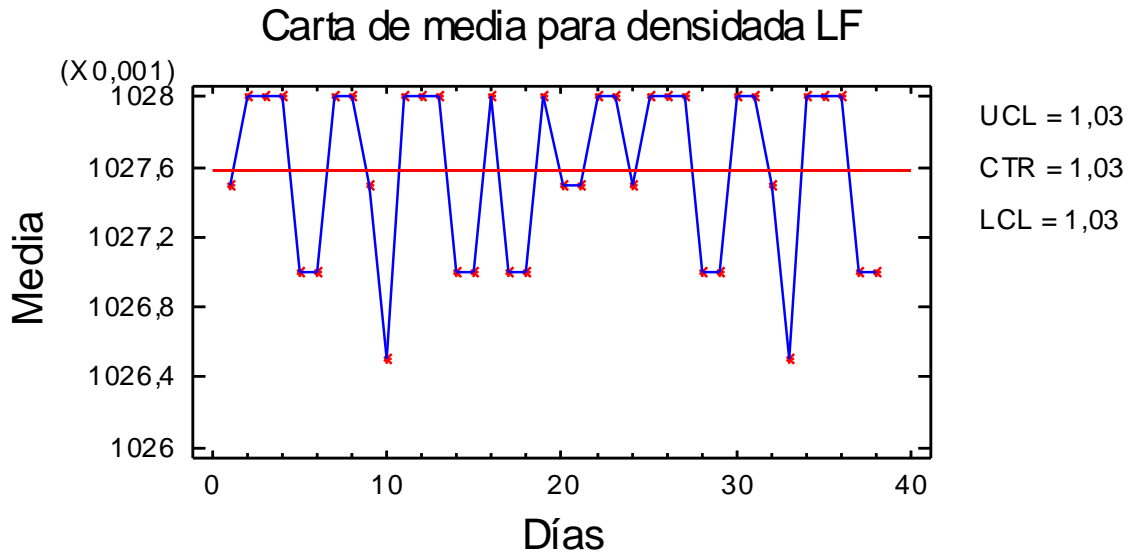
Carta de media para acidez LF



Carta de media para acidez LF

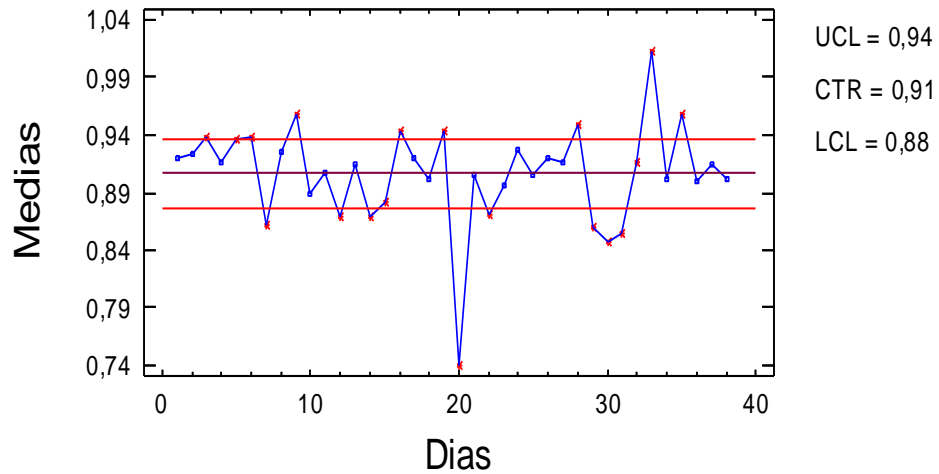


Anexo 10: Cartas de control para media y rango para la densidad LF

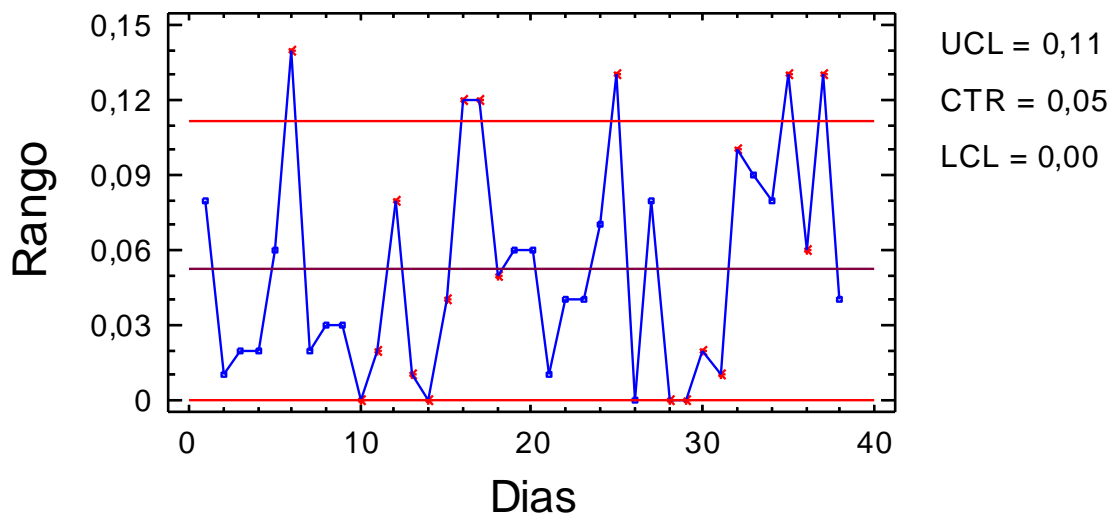


Anexo 11: Cartas de control para media y rango de la acidez CI

Carta de media para la acidez CI

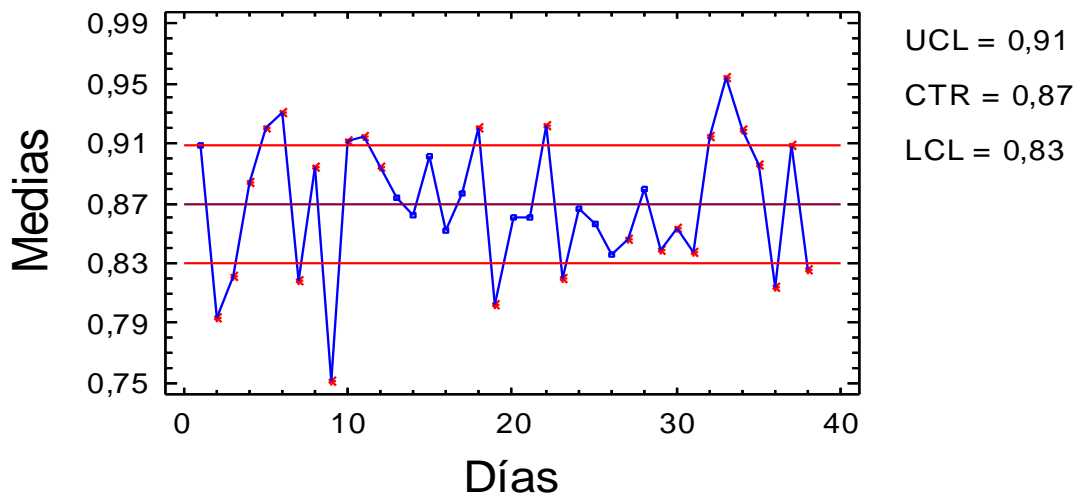


Carta de rango para la acidez CI

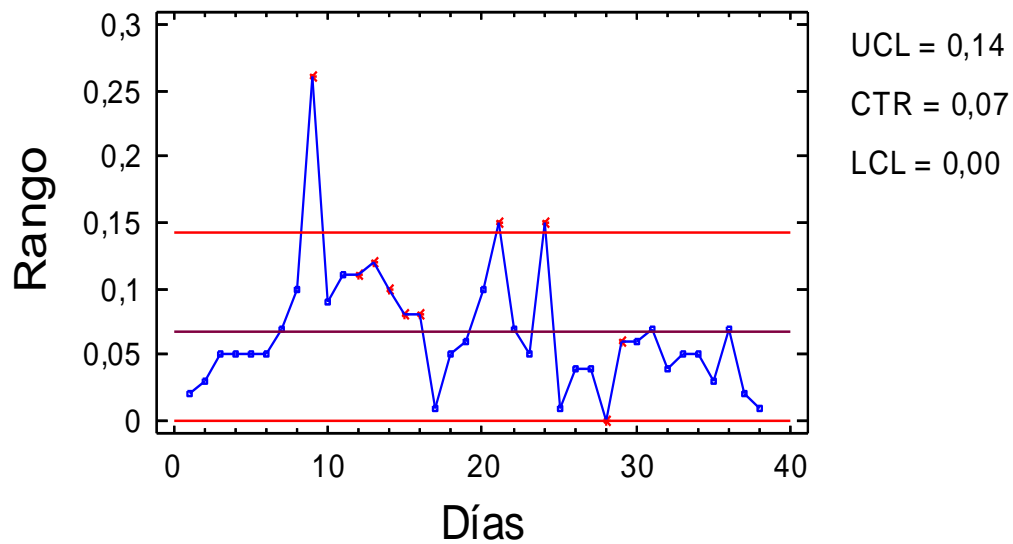


Anexo 12: Cartas de control para media y rango de la acidez KTM

Carta de media para la acidez KTM

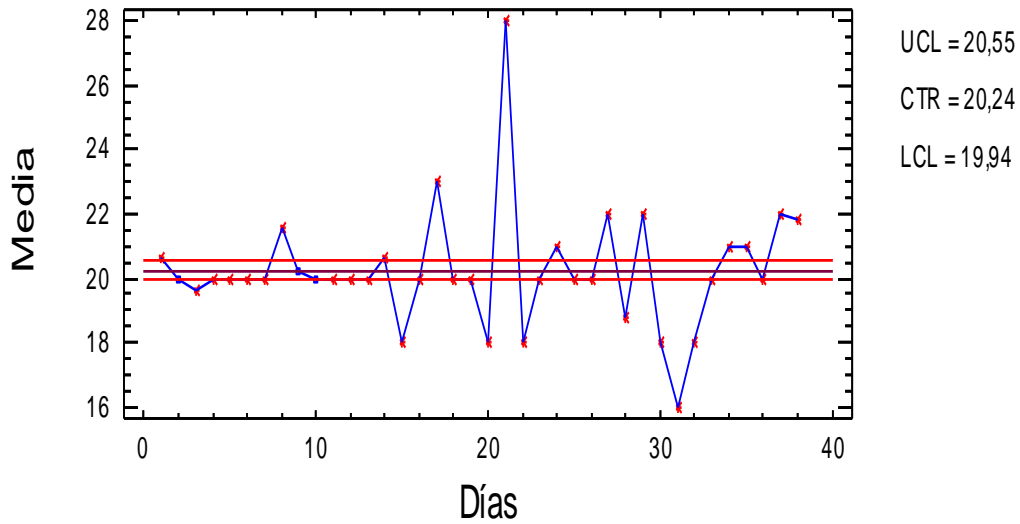


Carta para rango de la acidez en KTM

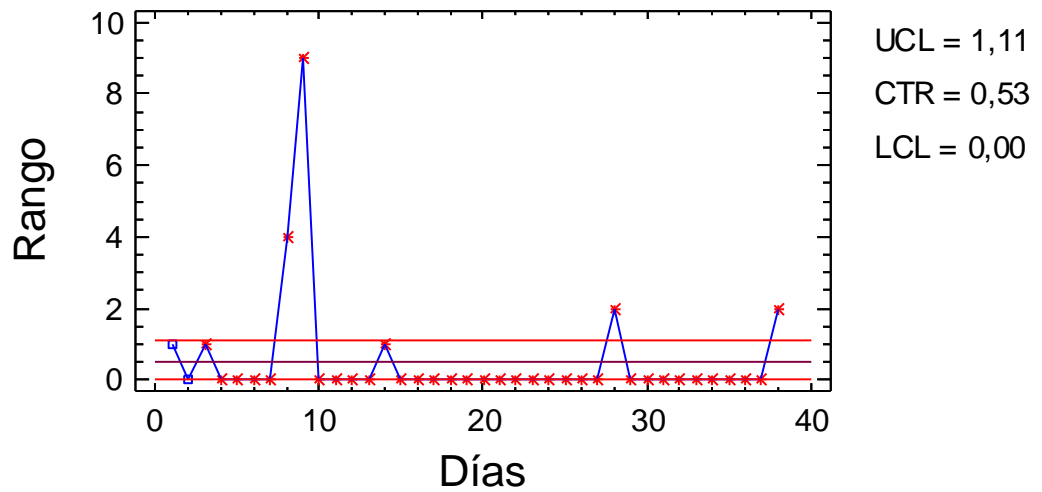


Anexo 13: Cartas de control para media y rango de la viscosidad KTM

Cartas de media para viscosidad KTM

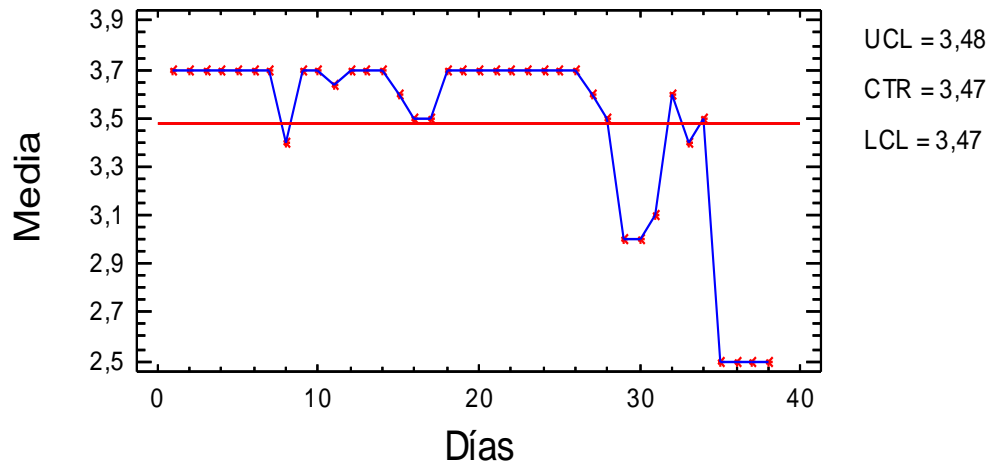


Carta de rango para viscosidad KTM

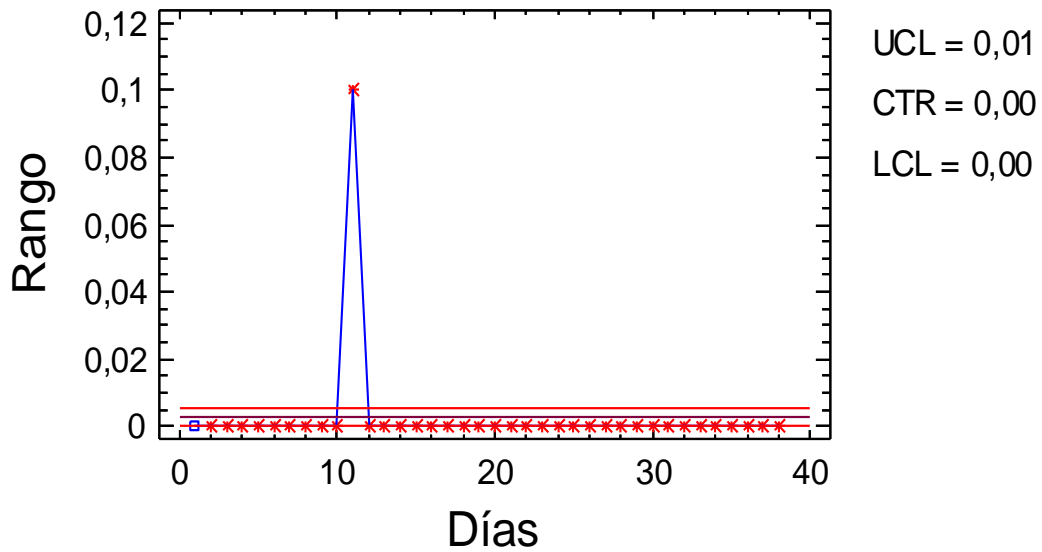


Anexo 14: Cartas de control para media y rango de la grasa KTM

Carta de media para la grasa KTM

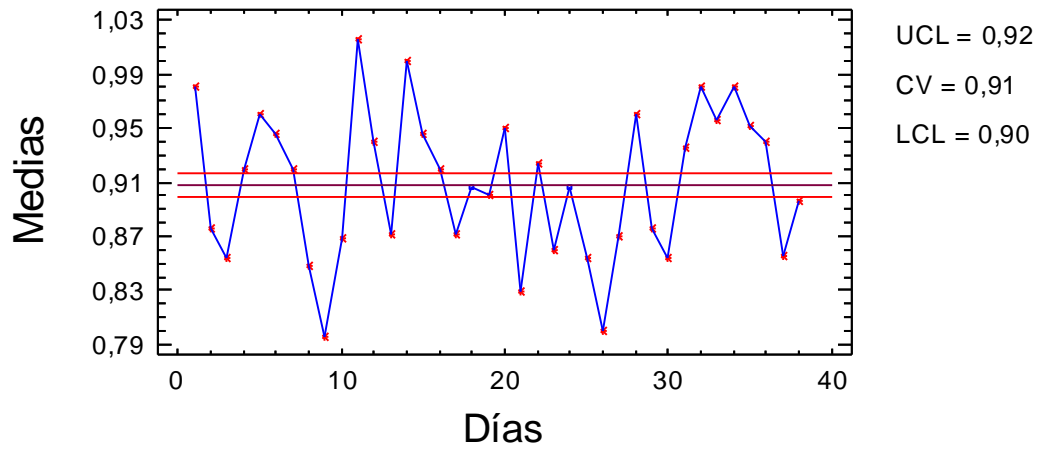


Cartas de rango para grasa KTM

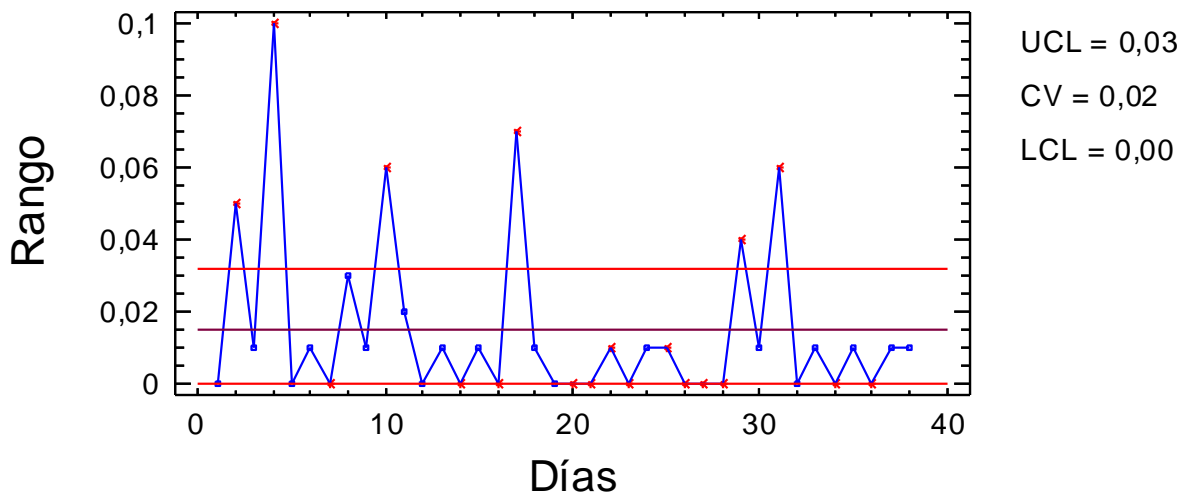


Anexo 15: Cartas de control para media y rango de la acidez del PT

Carta de media para acidez PT

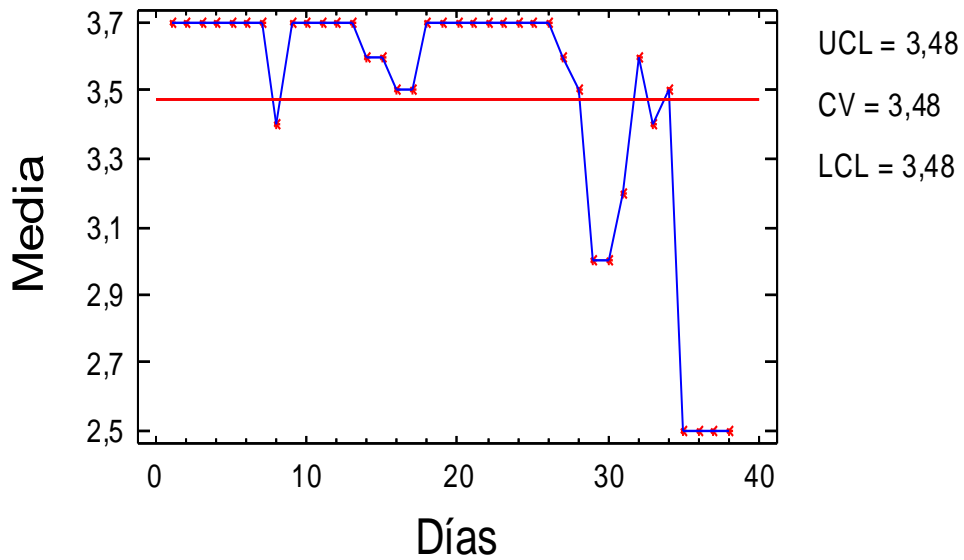


Carta de rango para acidez del PT

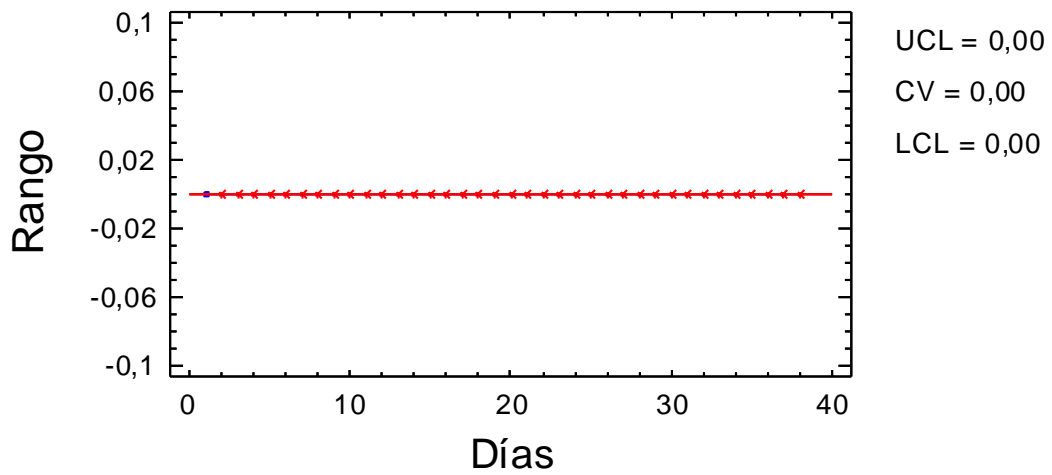


Anexo 16: Cartas de control para media y rango de la grasa del PT

Carta de media para grasa PT

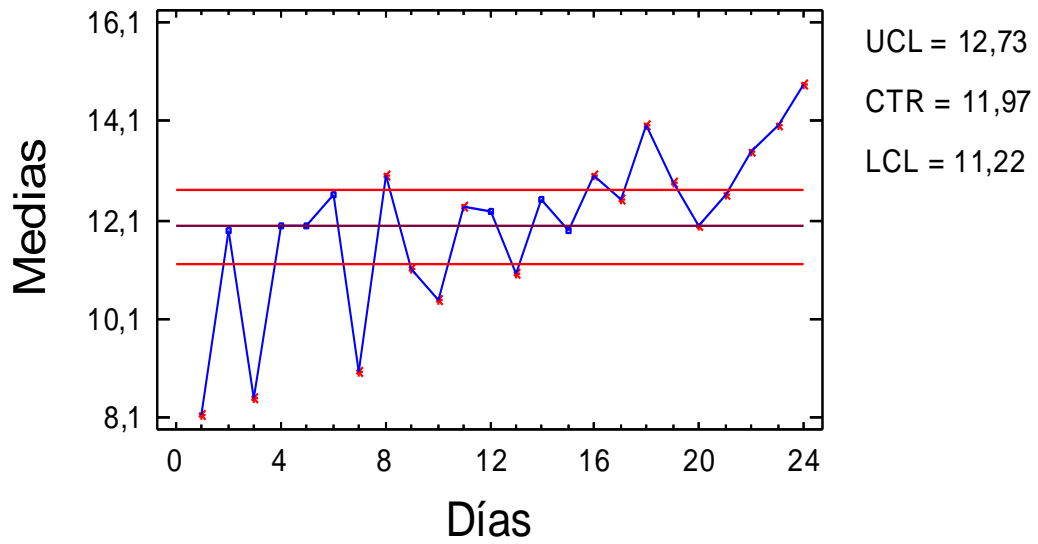


Carta de rango para % grasa del PT

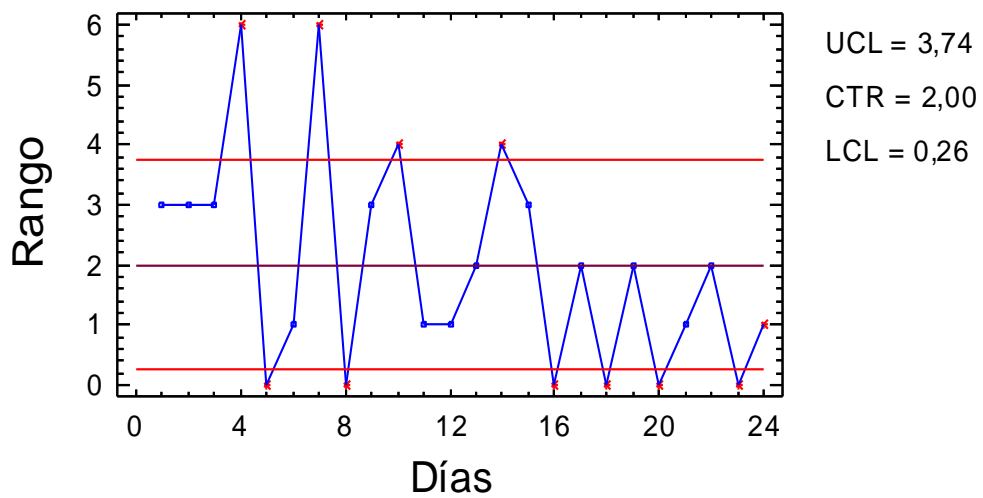


Anexo 17: Cartas de control para media y rango de la temperatura del PT

Carta de media para temperatura PT

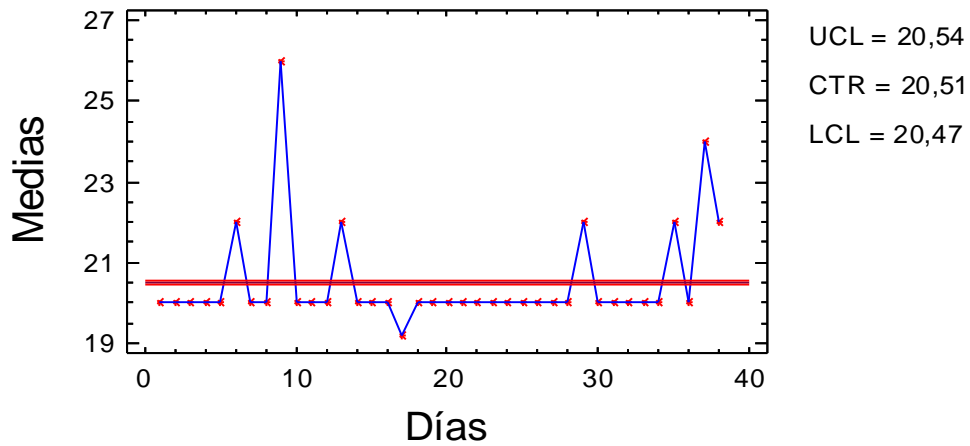


Carta de rango para temperatura PT

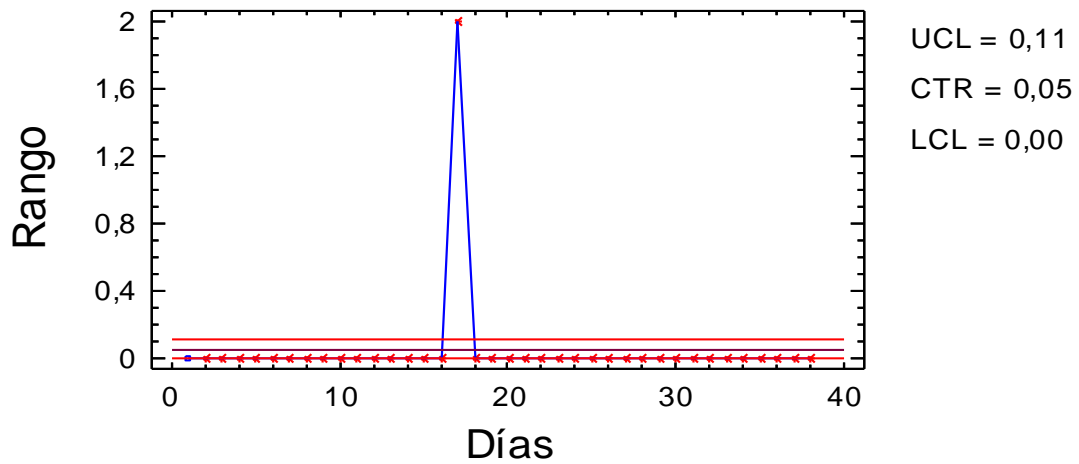


Anexo 18: Cartas de control para media y rango de la viscosidad del PT

Carta de media para viscosidad PT

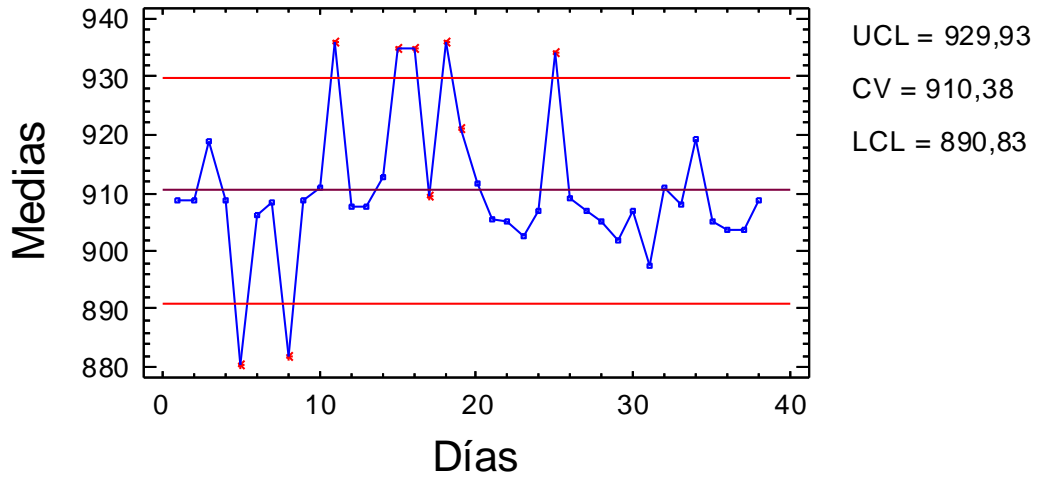


Carta de rango para viscosidad de PT

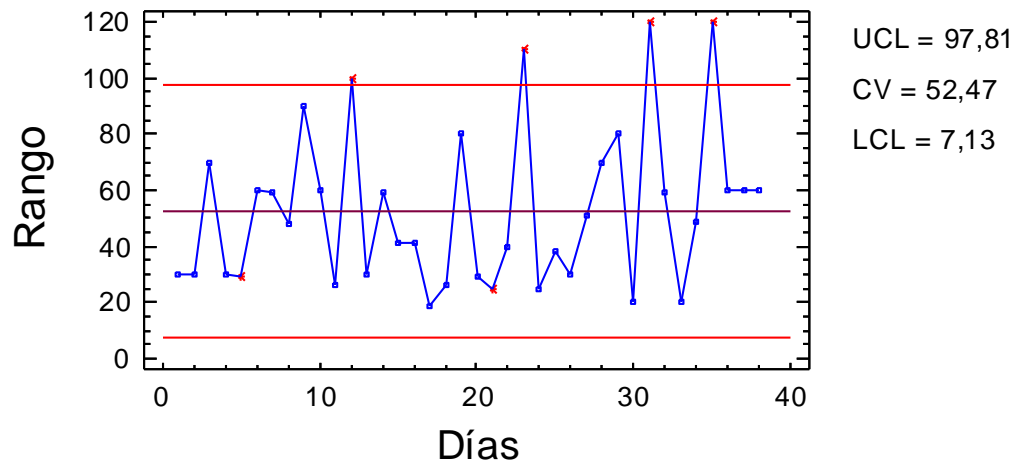


Anexo 19: Cartas de control para media y rango del volumen de las bolsas del PT

Cata de media para volumen de bolsa PT



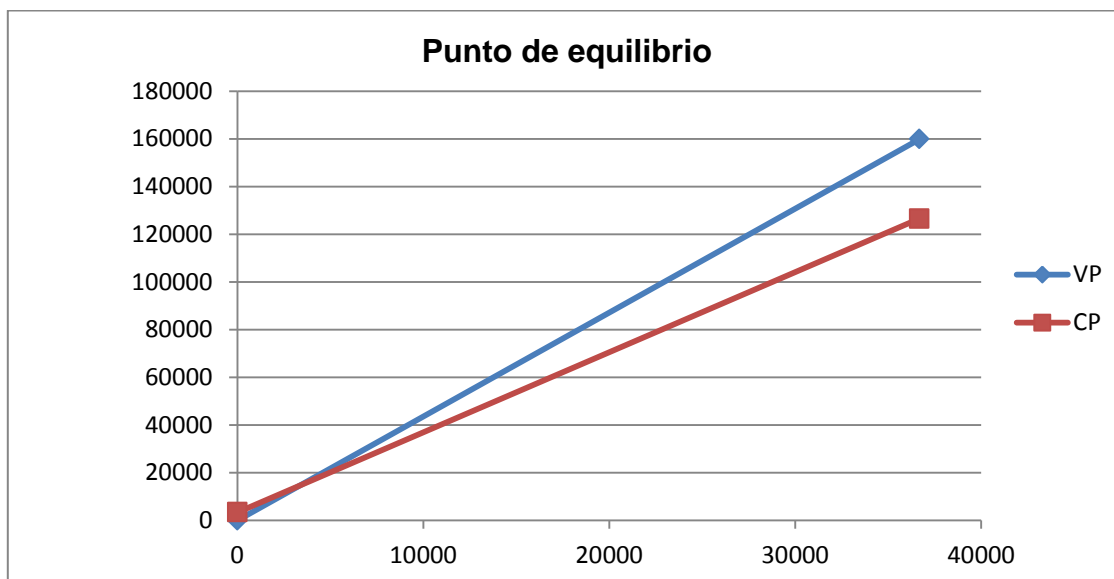
Carta de rango para volumen de las bolsas PT



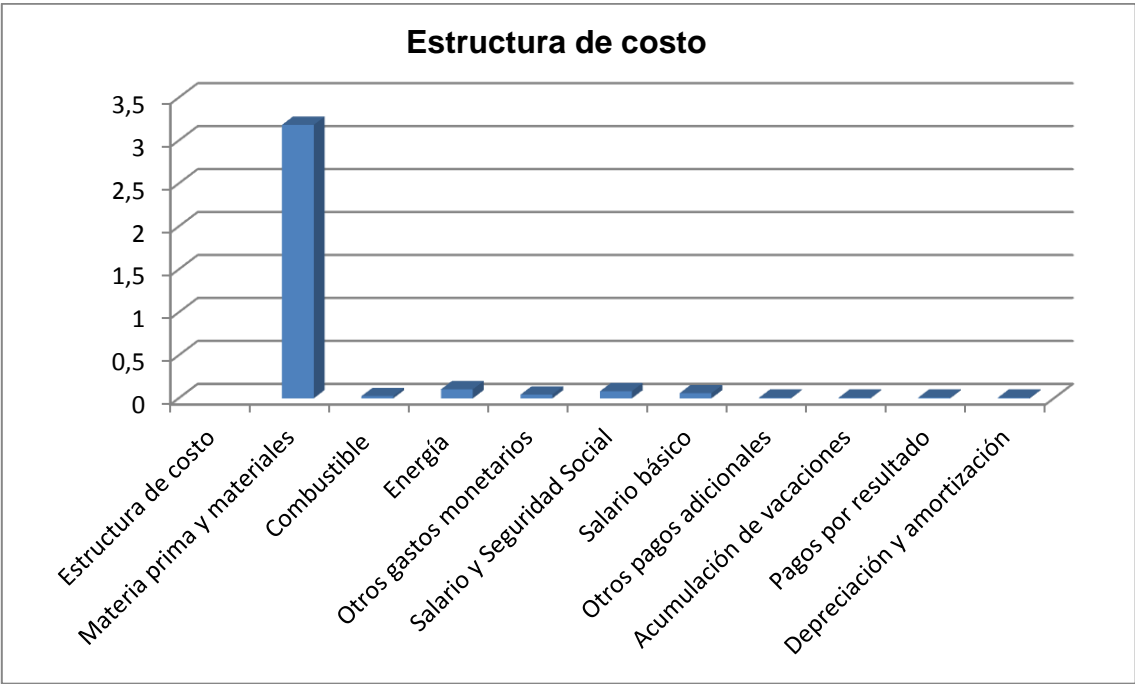
Anexo 20: Indicadores económicos de la planta.

Indicador económico	Costo (\$/mes)
Costos Variables	
Materias Primas y otros materiales	116 779,14
Combustible	935,31
Energía	3 869,63
Otros gastos monetarios	1 600
Costos fijos	
Salario y Seguridad Social	3 061,67
Salario básico	2 171,21
Otros pagos adicionales	290
Acumulación de vacaciones	274,76
Pagos por resultado	325,7
Depreciación y amortización	301,22
Precio Unitario del Producto (pup)	4,358
Volumen de la producción	36 679

Anexo 21: Punto de equilibrio



Anexo 21: Estructura de costo



Anexo 22: Análisis de peligro y puntos críticos de control

Etapa del proceso	Peligros potenciales	¿Es este peligro significativo para la inocuidad del producto?	Justificación	Medidas de control de peligros	PCC de
Recepción de la leche cruda	Biológicos Contaminación con microorganismos patógenos durante la transportación y en los equipos de almacenamiento en la industria.	Sí	Los microorganismos patógenos afectan la inocuidad de la leche cuando proliferan en temperaturas elevadas (superiores a 8 °C).	Higienizar adecuadamente los tanques. Transporte refrigerado de la leche.	No
	Químicos Elevada acidez de la leche	Sí	Afecta el sabor de la leche y provoca intoxicación.	Refrigerar la leche durante la recogida y almacenamiento.	Si
	Físicos Pelos, insectos, tierra, hojas.	Sí	Transportan microorganismos.	Filtración de la leche.	No
Almacenamiento de la leche en tanques guardas	Biológicos Crecimiento de microorganismos patógenos por deficiencia en la refrigeración	Sí	La leche estar refrigerada a una temperatura de 2 a 6 °C y no por más de 24 horas.	Controlar el tiempo y la temperatura de refrigeración en los tanques de almacenamiento.	No
	Químicos Ninguno				
	Físicos Ninguno				
Pasteurización	Biológicos Persistencia de microorganismos patógenos.	Sí	La pasteurización asegura la eliminación de microorganismos patógenos presentes en la leche cruda.	La pasteurización debe ser a una temperatura de 80°C a 95°C durante 15 segundos. Revisar la condición técnicas del intercambiador de calor.	Sí

	Químicos Ninguno				
	Físicos Ninguno				
Inoculación	Biológicos Crecimiento de microorganismos no deseados	Sí	Si no se inocula la temperatura indicada pueden crecer o no microorganismos indeseables. La leche no se fermenta adecuadamente	La inoculación se realiza a una temperatura de 42- 45°C.	Sí
	Químicos Ninguno				
	Físicos Ninguno				
Coagulación	Biológicos Desarrollo de microorganismos no deseados	Si	Formación débil del coágulo Cambios de textura en el producto	Mantener la temperatura a la que se inocula durante el tiempo de coagulación (2 – 3 h)	Si
	Químicos Ninguno				
	Físicos Ninguno				
Almacenamiento del producto terminado en la nevera	Biológicos Ninguno				
	Químicos Acidificación del producto terminado	Sí	Al aumentar la temperatura tiende a elevarse la acidez del producto.	Mantener el producto refrigerado a una temperatura de 8 -10 °C. Revisión y mantenimiento continuo de la nevera para evitar roturas.	Sí
	Físicos				