UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

"LA IMPORTANCIA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA"

AUTOR

Ricardo Miguel Yedra Álvarez

DIRECTOR DEL TRABAJO

Ing. Cristian Augusto Abad Basantes MSc.

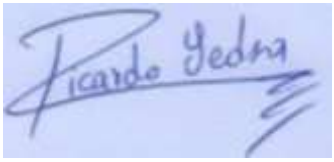
Puyo – Ecuador

Enero 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Ricardo Miguel Yedra Álvarez suscribe con C.I 1600573610, hace constar que es autor del Trabajo de Integración Curricular titulado: "**La importancia del control estadístico de procesos en la industria láctea"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, MSc. Cristian Augusto Abad Basantes en tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 29 días del mes de enero del 2021.



…….

Ricardo Miguel Yedra Álvarez

C.I: 1600573610

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del trabajo de Integración Curricular aprueba el proyecto de trabajo de Integración Curricular titulado: "**La importancia del control estadístico de procesos en la industria láctea"**

Msc. Víctor Cerda Mejía

Presidente del Tribunal

Msc Regla María Bernal

Miembro del tribunal

Msc Hiram Hernández Ramos

Miembro del tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI-PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 67-SAU-UEA-2021

Puyo, 20 de febrero de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: YEDRA ÁLVAREZ RICARDO MIGUEL con C.I. 1600573610, con el Tema: **"LA IMPORTANCIA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA."**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director de la investigación Ing. Cristian Augusto Abad Basantes MSc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 7%, Informe generado con fecha 20 de febrero de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR

©2021, Ricardo Miguel Yedra Álvarez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

DEDICATORIA

A mis maestros que formaron parte de mi formación profesional y que aportaron con sus conocimientos para poder ser la persona que soy ahora. A mi familia que me brindaron toda la ayuda posible para que logre cumplir esta meta de vida. A mi querida Alma mater del cual logre ser uno de sus mejores estudiantes y en mi vida profesional ser ferviente ejemplo de todo lo aprendido.

Ricardo Miguel Yedra Álvarez.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser mejor persona día tras día para lograr cumplir con esta meta trazada hace varios años y que por fin el tiempo ha llegado, con lo cual se culmina una de las etapas más importantes de mi vida. Agradezco a mi familia quien ha estado siempre presente y apoyándome en todo momento.

Ricardo Miguel Yedra Álvarez.

RESUMEN

Dentro de las empresas agroalimentarias los procesos varían porque están sometidos a factores que hacen que sea imposible elaborar dos productos exactamente iguales, esto provoca que las características de los productos no sean uniformes sino variables, estos factores pueden alterar la calidad de los productos, por lo que se hace necesario tomar ciertas medidas que garanticen la estabilidad de los procesos, con el fin de obtener un producto final dentro de los parámetros de calidad establecidos, por lo que se utiliza el control estadístico de procesos que contribuye a la mejora continua de la calidad en el proceso de fabricación, de esta manera se realizará una revisión bibliográfica sobre la importancia del control estadístico de procesos dentro de una empresa láctea. La investigación fue concebida mediante un análisis bibliográfico de fuentes especializadas, en donde se recopiló toda la información necesaria para demostrar lo útil que es esta herramienta estadística para una empresa. Se utilizó el método bibliográfico, y se logró llegar a la conclusión del grado de importancia que tiene, se da a conocer las ventajas y beneficios y con una metodología de jerarquización se logró la determinación de cuál es la carta de control más importante. Luego del análisis de varios ejemplos en diferentes empresas que utilizaron esta metodología se logró establecer que es de vital importancia esta herramienta para el control y estabilidad de un proceso dentro de una línea de producción, logrando los principios de prevención y determinación de alguna causa común o asignable que exista dentro del proceso. De esta manera se evidenció que la carta más utilizada es la carta de control X-S. Con lo cual se concluye que es muy importante la implementación de esta herramienta para lograr la mejora continua de los productos y de la empresa ya que incide de gran manera en la calidad de sus productos.

Palabras clave: Control estadístico de procesos, cartas de control, variabilidad, procesos, lácteos, jerarquización

ABSTRACT

Within agri-food companies, processes vary because they are subject to factors that make it impossible to produce two exactly the same products, this causes the characteristics of the products to be not uniform but variable, these factors can alter the quality of the products, therefore that it is necessary to take certain measures that guarantee the stability of the processes, in order to obtain a final product within the established quality parameters, for which statistical process control is used that contributes to the continuous improvement of quality In the manufacturing process, in this way a bibliographic review will be carried out on the importance of statistical process control within a dairy company. The research was conceived through a bibliographic analysis of specialized sources, where all the necessary information was collected to demonstrate how useful this statistical tool is for a company. The bibliographic method was used, and it was possible to reach the conclusion of the degree of importance it has, the advantages and benefits are disclosed and with a hierarchical methodology it was possible to determine which is the most important control letter. After the analysis of several examples in different companies that used this methodology, it was possible to establish that this tool is of vital importance for the control and stability of a process within a production line, achieving the principles of prevention and determination of some common cause or assignable that exists within the process. In this way it was evidenced that the most used card is the X-S control card. With which it is concluded that the implementation of this tool is very important to achieve continuous improvement of the products and the company since it has a great impact on the quality of its products.

Keywords: Statistical process control, control charts, variability, processes, dairy, hierarchy

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN 1

1.1 Planteamiento del problema.....2

1.2 Objetivos.....3

1.2.1 Objetivo general:.....3

1.2.2 Objetivos específicos: 3

1.3 Justificación 3

Capítulo 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....4

2.1 Sector agroindustrial.....4

2.2 Agroindustria láctea en el Ecuador.....5

2.2.1 Productos lácteos 7

2.3 Historia de la calidad 10

2.4 Calidad.....14

2.5 Herramientas de la calidad.....15

2.6 Control estadístico de procesos 15

2.6.1 Aplicaciones del control estadístico de procesos.....16

2.6.2 Ventajas y beneficios 18

2.6.3 Posibles perjuicios o desventajas.....20

2.6.4 Teoremas fundamentales.....20

2.6.5 Capacidad De Procesos 21

2.7 Variabilidad en los procesos 23

2.8 Causas comunes y asignables.....24

2.9 Cartas de control.....24

2.9.1 Cartas de Control para Variables.....26

2.9.1.1 Carta de control de Promedios y Rangos 26

2.9.1.2 Carta de control de Promedios y Desviación estándar.....30

2.9.1.3 Carta de control de Mediciones Individuales y Rangos Móviles 34

2.9.2 Cartas de Control por Atributos 38
2.9.2.1 Carta de control Np 39
2.9.2.2 Carta de control P 39
2.9.2.3 Carta de control C 43
2.9.2.4 Carta de control U 44
2.10 Interpretación de las Cartas de control 47
2.10.1 Patrón 1. Desplazamientos o cambios en el nivel del proceso. 48
2.10.2 Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso 49
2.10.3 Patrón 3. Ciclos recurrentes (periodicidad). 51
2.10.4 Patrón 4. Mucha variabilidad 52
2.10.5 Patrón 5. Falta de variabilidad (estatificación). 53
Capítulo 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 55
3.1 Enfoque cualitativo 55
3.2 Diseño de Investigación: 55
3.2.1 Investigación sistemática 55
3.3 Métodos de Investigación: 56
3.3.1 Método bibliográfico 56
3.3.2 Metodología de Jerarquización 56
Capítulo 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS 57
4.1 Resultados 57
4.1.1 Enfocados a la industria 57
4.1.2 Resumen de las cartas de control 60
4.1.3 Jerarquía de las cartas 62
4.2 Conclusiones 63
4.3 Recomendaciones 64
Referencias 65
Apéndices y/o Anexos 72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de capacidad del proceso (Cp) y su interpretación. 21

Tabla 2. Valores para construir la carta de control p.....41

Tabla 3. Valores para construir la carta de control U.....45

Tabla 4. Diferentes cartas de control con su característica principal. 61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un proceso. 7

Figura 2. La calidad total. 13

Figura 3. Calidad, principales fundamentos. 14

Figura 4. Relación entre el Cp y Cpk. 22

Figura 5. Explicación de la variabilidad en un proceso de producción con variaciones comunes y asignables. 23

Figura 6. Tipos de Cartas o gráficas de control. 25

Figura 7. Fórmulas que se utilizan para calcular el límite central y los límites de control de la carta X-R. 27

Figura 8. Valores de los factores que se necesitan para el cálculo de los límites de control según el tamaño de la muestra empleada. 27

Figura 9. Carta de control X-R, representa los datos de los quesos tomados. 28

Figura 10. Fórmulas que se utilizan para calcular el límite central y los límites de control de la carta X-S 31

Figura 11. Gráfica de control X-S y Capacidad del proceso Six Pack (Complementario) de la variable de pedo de Leche embolsada. 33

Figura 12. Fórmulas que se utilizan para la carta de control I-RM. 35

Figura 13. Gráfica de control I-RM para Solidos totales de la leche 36

Figura 14. Gráfica de control I-RM para el contenido de Grasa de la leche 37

Figura 15. Gráfica de control p de fracción Defectuosa. 42

Figura 16. Carta de control U del proceso de envasado de yogurt de la empresa. 46

Figura 17. Gráfica de los límites de control delimitado por sus zonas 47

Figura 18. Desplazamiento en el nivel de proceso. 49

Figura 19. Tendencias en el nivel del proceso. 50

Figura 20. Gráfica con ciclos recurrentes o de periodicidad. 51

Figura 21. Gráfica con mucha variabilidad en el proceso. 52

Figura 22. Gráfica de falta de variabilidad dentro del proceso. 53

Figura 23. Gráfica resumen de las reglas que se pueden presentar dentro de carta de control estadístico de proceso. 54

Figura 24. Jerarquías prototípicas de atributos. 57

Figura 25. Jerarquías de las cartas de control. 62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.....72
Anexo 2.....73

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una gran competencia en el mercado global y para que una empresa se mantenga en tal mercado necesita ofrecer productos de calidad. A fin de asegurar la calidad de los productos es necesario tomar algunas acciones entre las que se contempla el control de los procesos. En los procesos de producción existe variabilidad, debido a que los parámetros subyacentes no son homogéneos en el tiempo. Por ejemplo, la materia prima varia de lote en lote; el personal cambia de turno en turno y la maquinaria y el equipo se desgastan. La variabilidad inducida al proceso se puede clasificar en dos tipos. (Ramirez, 2011)

1. Debido a causas comunes. Este tipo de variabilidad no es posible atribuirla a alguna causa en particular; por lo que ha de representarse a través de modelos aleatorios.
2. Debido a causas especiales, cuando es viable explicarla en términos de algún parámetro de manipulación del proceso.

Para controlar los procesos, se ha desarrollado un conjunto de herramientas llamado Control Estadístico de Procesos (SPC). El empleo de tales herramientas ofrece información útil, que permite detectar cuando el proceso experimenta variabilidad de tipo 2 e identificar la causa que lo originó. En general, de un proceso que opera con variabilidad de tipo 2, se dice que está fuera de control estadístico, o, simplemente, fuera de control. Por el contrario, de un proceso que experimenta solo variabilidad de tipo 1, se dice que está dentro de control. (Ramirez, 2011)

Una de las técnicas del SPC, son las cartas de control. Usadas para monitorear las variables de salida del proceso, a fin de identificar el tipo de variabilidad que esté en el proceso. Se concebirá que las variables de salida son las características de calidad del producto.

Una carta de control típica es una gráfica en el tiempo de una serie de valores de un estadístico entregado. Los puntos en la gráfica son concertados con límites que indican el intervalo de la variación convenida a causas comunes. Estos son llamados límites de control. La distancia entre los límites es tal que mientras que los puntos están dentro de los límites de control, es razonable predecir que el proceso está bajo control estadístico de procesos.

Un punto afuera de los límites de control es nombrado una señal fuera de control, que muestra que hay más variabilidad presente en el proceso y esta puede ser atribuida a causas especiales de variación. Por otro lado, debido a la naturaleza aleatoria de las observaciones, hay cierta probabilidad que se dé una señal fuera de control mientras el proceso está estadísticamente bajo control, por lo que a esta señal se la llamará una falsa alarma en el proceso.

Dentro del control estadístico de procesos tenemos que las cartas de control pueden clasificarse en dos categorías, según el tipo de variable o característica de calidad que se desee monitorear. Cartas de control para variables: Este tipo de carta se emplea cuando la característica de calidad puede medirse y expresarse como un número en alguna escala continúa de medición. Cartas de control para atributos: Se utilizan cuando la característica de calidad es medible ya sea en la escala nominal u ordinal, estás escalas representan categorías en las que puede clasificarse un producto. Por ejemplo, un producto puede clasificarse como bueno, regular o malo. (Ramirez, 2011)

Por ello, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo instruir en que consiste el control estadístico de procesos (SPC), usos de las diferentes cartas de control y actualidad e importancia dentro de la industria láctea, sus aplicaciones, beneficios y de manera jerárquica determinar cuál es la carta más importante que se utiliza hoy en día en este sector.

1.1 Planteamiento del problema

El Control Estadístico de Procesos deberá ser utilizado por todo el personal que tenga o pueda tener en sus manos la posibilidad de optimizar algún proceso o reducir re trabajos y desperdicios, con la finalidad de mejorar los procesos productivos, disminuyendo costos para así ofrecer productos o servicios realmente competitivos, lo que se aplica a personal de Mantenimiento, Producción, Compras, Ventas, etc., lo que implica que al NO tener implementado esta metodología, en este caso en la industria láctea, se está privando a la misma de todas las ventajas y beneficios que aporta esta metodología, por lo que se hace imprescindible para todas empresas del sector agroindustrial y que quieran ser competitivas en sus respectivos mercados la implementación del Control Estadístico de Procesos.

El Control Estadístico de Procesos es una metodología estadística nos permite recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones

encaminadas a la mejora de estos. Por lo que esta herramienta es de gran importancia para el control de cada proceso en la producción en la industria láctea.

La no implementación de esta metodología, Control estadístico de procesos (CEP), implica que las empresas tengan complicaciones en las áreas de producción y gestión, por lo que estas complicaciones impiden un adecuado control de los procesos, imposibilitan la mejora de la calidad en los productos y un desaprovechamiento de los recursos, además, existe una incapacidad en la mejora continua de la empresa lo que influye directamente en la calidad del producto y por ende en la satisfacción del cliente.

Formulación del problema.

¿La implementación del control estadístico de procesos inciden en el mejoramiento de la calidad en la industria láctea?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

- Determinar a través de una revisión bibliográfica la información disponible sobre la importancia de la metodología del control estadístico de procesos en la industria láctea.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Recopilar toda la información en tesis de grado, artículos científicos, revistas, en trabajos de pregrado, post grado y todo trabajo de investigación que hayan hecho propuestas sobre la implementación del control estadístico de procesos en la elaboración de productos lácteos.
- Dar a conocer las ventajas del control estadístico en los procesos de la industria láctea.
- Jerarquizar las herramientas (cartas de control) que utiliza esta metodología en función de los procesos de la industria láctea.

1.3 Justificación

Un proceso productivo es considerado como un conjunto de actividades para la trasformación de una serie de insumos tales como mano de obra, materia prima, transporte, tecnológicos, energéticos entre otros, los cuales se interrelacionan entre, sí para poder generar un producto final, todo esto pasando por un sistema de producción. En la actualidad cada vez más las empresas industrializadoras de productos lácteos se

encuentran en la obligación de crear e implementar planes, proyectos o metodologías que permitan poder desarrollar un adecuado mejoramiento al proceso productivo con el fin de poder identificar y evaluar cada una de las fallas que se presentan en el desarrollo del proceso para posteriormente poder corregirlas.

En la actualidad, existe una gran competencia en la industria láctea y sus derivados y para que una empresa se mantenga en tal mercado necesita ofrecer productos de calidad. A fin de asegurar la calidad de los productos es necesario tomar algunas acciones entre las que se contempla el control de sus procesos.

Debido a los argumentos mencionados, el control estadístico de procesos (CEP) es considerado una de las metodologías más importantes que se utilizan en las industrias con la finalidad de medir y controlar la calidad durante los procesos de producción. La base o fundamento del CEP se encuentra en una serie de técnicas estadísticas que permiten establecer criterios para medir, detectar y corregir variaciones en el proceso que puedan afectar la calidad del producto. Las mejoras que se pueden introducir en los procesos operativos de una organización gracias al CEP son: la disminución de los costos, eliminación de actividades que no agregan valor al proceso productivo, identificación de los cuellos de botella y demoras en el proceso productivo, evitar incumplimientos de los requisitos solicitados por el cliente final, etc.

Es por esta razón, que el tema de este proyecto está enfocado a la revisión bibliográfica de la metodología del control estadístico, y demostrar que, mediante técnicas estadísticas, se puede lograr un control en los procesos y una mejora continua, teniendo como resultado un crecimiento en los estándares de calidad y además de una disminución de los costos, logrando ser más competitivos.

Capítulo 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Sector agroindustrial

El papel de la agroindustria en el desarrollo económico del país a través de los años ha cambiado con el desarrollo a nivel mundial y esto es visible en la forma de consumo de alimentos. La agroindustria aporta al recurso internacional por tanto vale examinar el entorno normativo, público y privado que garantice que este sector. Los pequeños y medianos productores tienen viabilidad de participación en el mercado mediante la vinculación con agroindustrias medianas y grandes o creando iniciativas agroindustriales comunitarias. (Merchan, Maldonado, Palacios, & Delia., 2017)

El sector agroindustrial en el Ecuador ha ido evolucionando la economía a nivel nacional por lo que es el motor no petrolero del país y hay que poner énfasis en la importancia en la que se basa, la actividad económica la cual se dedica a la producción, industrialización y comercialización de productos de origen agrícola, pecuario, pesquero, forestal y otros recursos naturales biológicos. Los procesos agroindustriales son un conjunto de pasos para la transformación que son aplicados a materias primas que abarca desde su primera generación de valor, hasta el momento que se crean sus productos finales con mayor grado de elaboración.

Una de las herramientas importantes que hacen posible el controlar los procesos dentro de una empresa del sector agroindustrial es el control estadístico de procesos el cual tiene como propósito principal la mejora de sus proceso continuos mediante la reducción de la variación que exista y de igual manera se puede lograr el aumento de la productividad, mejorar la satisfacción del cliente reduciendo sus quejas, reducir los costos de rechazos, reprocesos e inspección debido a que se obtendrá un proceso controlado usando técnicas estadísticas para la disminución de esa variabilidad continuamente todo esto conduce a que mejore la calidad, menoren costos y exista una mejor compresión de la capacidad del proceso sobre el cual se estaría trabajando.

2.2 Agroindustria láctea en el Ecuador

La leche es uno de los productos necesarios para la alimentación humana, y por la presencia de vitaminas (A, B12, D) y minerales (fósforo, potasio, calcio, magnesio, selenio, yodo, zinc) es de vital importancia en la lucha contra la desnutrición. Pero la producción de leche también es la fuente de ingresos para aproximadamente 1,3 millones de ecuatorianos, que están en el campo y que tiene relación directa o indirecta con ese producto. En Ecuador se producen alrededor de 6,6 millones de litros diarios de leche cruda. (MAG, 2020)

La industria láctea en el Ecuador se ha desarrollado como tal desde 1900, aunque la pasteurización de la leche, el proceso por el cual se eliminan los microbios que puede tener, solo comenzó en 1938 en Quito, aunque no se procesaba sino una parte de la oferta. Desde entonces, la cadena productiva de la leche se ha desarrollado e intentado ganar espacios y generar ingresos para familias y comunidades enteras. (Real, 2013)

La industria láctea es un sector de la industria que tiene como materia prima principal la leche originaria de animales (por lo general vacas) con la cual controlan y trabajan desde

su captación hasta el momento de obtener un producto final. La leche es uno de los alimentos más básicos para todas las personas que la consumen. Los subproductos que genera esta industria se categorizan como derivados lácteos e incluyen una amplia gama que van desde los productos fermentados, como el queso y el yogurt, hasta los no fermentados como la mantequilla, helados, etc.

La emergencia sanitaria por COVID-19 ha generado cambios en los hábitos de compra de los primordiales productos de consumo para las personas del país, la preferencia por adquirirlos se fortalece y la industria láctea ecuatoriana está comprometida con el desarrollo y la innovación de ellos para llevarlos a sus consumidores, productos nutritivos y saludables hechos con óptimos estándares de bioseguridad, lo cual es la actualidad de en la que se vive hoy en día.

Desde que empezó la crisis sanitaria, todas las industrias lácteas ecuatorianas fortalecieron y realizaron nuevas medidas de seguridad para cada uno de sus procesos productivos, mejoraron sus estrategias para la entrega de productos y desarrollaron estrategias que facilitaron el correcto suministro a todo el Ecuador. La cadena de valor de los productos lácteos representa alrededor del 14% del PIB agroalimentario del Ecuador, lo que evidencia su alto nivel de impacto en lo que es la economía del país.

En el Ecuador el Ministerio de Agricultura y Ganadería trabaja en formalizar el sector lácteo a través de controles y fortalecimiento de capacidades productivas para que se desarrolle de manera integral y adecuada, ofreciendo al consumidor final un producto de calidad. De acuerdo con cifras entregadas por la industria, desde la aplicación del Acuerdo Interministerial Nro.177 con corte a marzo 2020 la adquisición de leche cruda tiene crecimiento sostenible. Durante el primer semestre de su aplicación, el acopio ha crecido en promedio el 4,7% mensual y un incremento del 22% entre el mes de octubre 2019 y marzo 2020. (MAG, 2020)

Según la Asociación de ganaderos de la Sierra y el Oriente (AGSO), a escala nacional, se dedican aproximadamente 3,5 millones de hectáreas a la producción de leche; la mayor parte del total en la sierra (75%), luego en la Amazonía (11%) y la diferencia (14%) en la Costa y galápagos (hay ganadería desde el siglo XIX en San Cristóbal). (Real, 2013)

Todo esto se lo hace mediante procesos, los cuales son una serie de pasos sistemáticos que se deben seguir para asegurar la obtención del producto final, es por ello que dentro de cada uno de los procesos, para el aseguramiento de la calidad se implementará el

Control Estadístico de Procesos, el cual facilita la supervisión del rendimiento en tiempo real y permite la detección temprana y la intervención en su funcionamiento, de igual manera permite entender y evaluar la capacidad de los procesos de fabricación entre los límites que se establezcan para así controlar la variabilidad debido a una causa asignable que pueda existir dentro de su fabricación.

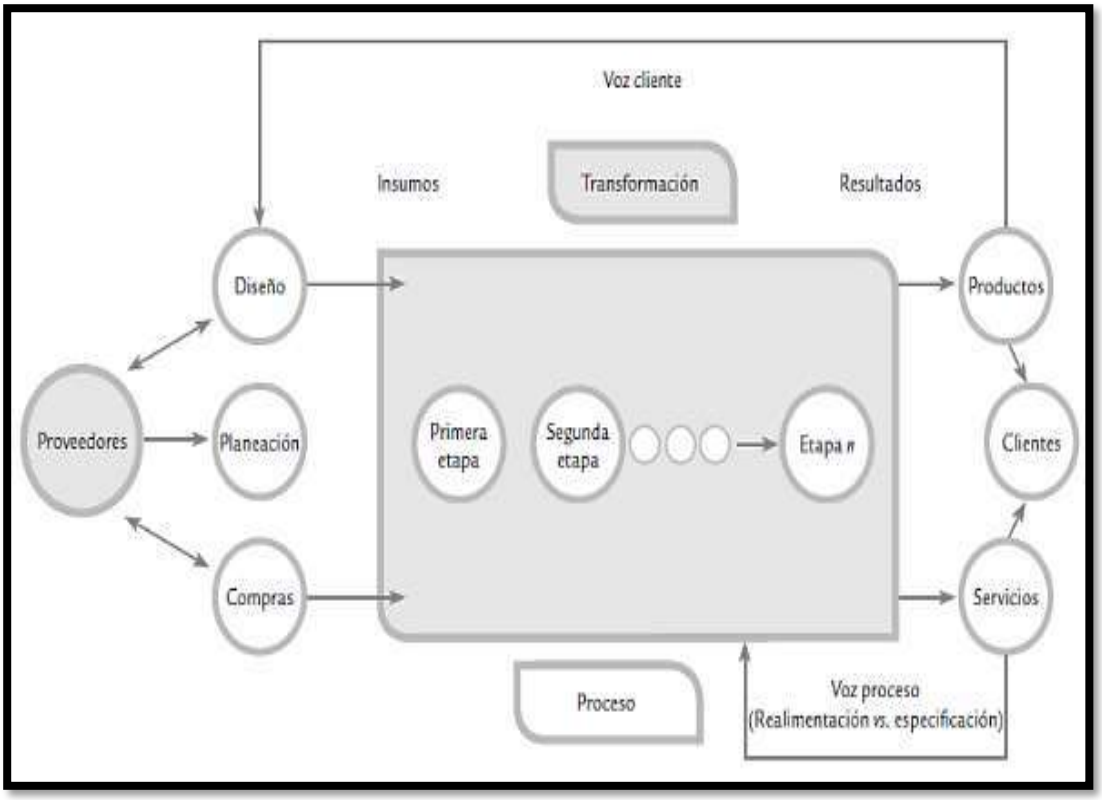


Figura 1. Esquema de un proceso.
Elaborado por: (Gutierrez & Vara, 2009).

En la figura 1 se explica el cómo es un esquema de un proceso, el cual va desde el inicio con los proveedores hasta el final que son los clientes; sabemos que un proceso es una secuencia de pasos que tiene lógica y se enfoca en lograr un resultado especifico, por lo que esta figura muestra de manera general lo que es un proceso en su parte central y todas las características complementarias que tiene con el cual se pueda obtener un producto final de alguna línea de producción de la industria láctea como un yogurt, queso, mantequilla, etc.

2.2.1 Productos lácteos

Los productos lácteos más populares son la leche, cuajada, mantequilla, nata, helado, queso, yogurt, kéfir, leche en polvo, condensada y para bebes en formula, entre otros. Algunos de estos requieren un proceso de fermentación, mientras que otros casos no lo requieren.

- **Leche**

La leche es producida por las glándulas mamarias de los animales mamífero hembra incluyendo las mujeres humanas, este es el producto más fácil de obtener ya que el único proceso a realizar es la pasteurización y su posterior envasado, controlando cada uno de sus parámetros desde su recepción hasta su almacenamiento.

- **Cuajada**

La cuajada es un lácteo cremoso que se elabora con leche coagulada principalmente con cuajo, una sustancia que se puede obtener de animales, vegetales, microbios o ser sintética. Es usual el añadirle azúcar, miel, nueces, trozos de fruta y otros alimentos para mejorar su sabor y así obtener un producto multivariado, debido a que se pueden obtener varias formas de consumirla.

- **Mantequilla**

Se puede comer untada en pan, como ingrediente alimentario y como sustituto del aceite. La mantequilla se obtiene al batir leche o crema de leche, que puede ser fresca o fermentada, siendo un producto muy versátil que es muy utilizado por los consumidores y apetecible en el mercado.

- **Nata (crema de leche)**

La nata o crema de leche es una variante de la leche que se puede definir como una emulsión de grasa en agua y que se suele usar para decorar y añadir sabor en repostería, para elaborar mantequilla (a través de un proceso de batido) o helados, entre otros, el cual es un producto ideal para la elaboración de postres dulces.

- **Helado**

Los helados hechos con leche son postres muy populares en todo el mundo, debido a su proceso de elaboración son considerados los postres más ricos del mundo. Es común mezclarlos con productos saborizantes, generalmente relacionados con las frutas, y edulcorarlos con azúcar o con sustitutos de este ingrediente, con lo cual se obtienen diferentes tipos de helados e innovadores para sus consumidores.

- **Queso**

Este producto es uno de los derivados lácteos más consumidos a nivel mundial. Desde un punto de vista nutricional, destacan particularmente sus concentraciones de proteínas y de grasas, siendo uno de los productos más populares para las personas a nivel mundial.

Existen muchas variaciones de queso que se preparan de formas muy diversas; algunos de los tipos más famosos son el manchego, el gouda, el cheddar, el roquefort y el brie.

- **Yogurt**

El yogurt se prepara fermentando leche con bacterias termófilas, que hacen que la lactosa se convierta en ácido láctico, concediendo al producto resultante su textura cremosa y su sabor amargo característico. A nivel nutricional el yogurt es considerado rico en vitamina B12 y riboflavina, de igual manera contiene cantidades significativas de proteínas, fósforo y selenio.

- **Kéfir**

El kéfir o búlgaros es un producto fabricado con leche fermentada, muy parecido al yogurt, a través de bacterias y hongos, lo cual lo hace un producto diferente y único de acuerdo con su proceso de elaboración, es originario del Cáucaso una región montañosa situada en el límite entre Europa y Asia.

- **Leche en polvo**

El polvo de leche se disuelve en agua para su consumo, y su ventaja con respecto a la leche líquida es que no requiere conservación en frío y por ende puede ser conservado durante más tiempo y con mayor facilidad. Este producto derivado de la leche se prepara al someter leche pasteurizada a un proceso de deshidratación por evaporación para así lograr su obtención disminuyendo al mínimo la cantidad de agua presente en la materia prima.

- **Leche condensada**

La leche condensada se elabora mediante la deshidratación parcial de leche de vaca, junto con la introducción de azúcar; esto da como resultado un producto lácteo dulce, con una vida útil larga y muy popular para usarlo en postres lácteos, por ejemplo, el postre tres leches o el quesillo venezolano, etc.

- **Leche de fórmula para bebés**

Este producto es muy popular debido a que la fórmula para bebés es un alimento derivado de la leche (por lo general de vaca) que se utiliza para sustituir la leche materna durante la lactancia, sobre todo en países pobres.

De acuerdo con las diferentes definiciones planteadas tenemos que la materia prima principal del sector lácteo es la leche, por lo que varios autores nos dicen lo siguiente:

Según la normatividad colombiana en el Decreto 616 de 2016 la leche *es el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior*, en este sentido la leche se convierte en un alimento con alto valor nutricional, debido al contenido de macronutrientes que posee y es considerado un alimento básico en la dieta de niños, ancianos, enfermos, y en general de toda la población. Esto se evidencia en el ciclo biológico de cualquier mamífero, quien basa su alimentación en las primeras etapas de su vida única y exclusivamente en la secreción mamaria de su madre. (Agudelo Gómez & Bedoya Mejía, 2005)

Todo producto lácteo, tiene como materia prima, la leche, misma que es definida como "Secreción nutritiva de color blanquecino opaco producida por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos" (EcuRed, 2010). La leche es el alimento más completo que la naturaleza ofrece, por proveer nutrientes fundamentales para el crecimiento, hasta el punto de constituir el único alimento que consumimos durante una etapa prolongada de nuestra vida. (Zamorán, 2012)

2.3 Historia de la calidad

Todo lo que rodeaba a las actividades del hombre se ha ido perfeccionando y evolucionando, desde la capacitación de las propias personas, hasta la calidad de la materia prima, pasando por los instrumentos utilizados para su manufacturación. Según algunos sabios de la calidad, el control de calidad hasta llegar al siglo XX, se realizaba principalmente por los propios obreros o trabajadores, denominándose «Control de calidad del operario». Posteriormente, se introdujeron figuras que «controlaban» la calidad del trabajo de estos operarios, como, por ejemplo, los capataces; hasta que finalmente se llegó a lo que conocemos como el control de calidad de la era moderna. (Cabo, 2020)

Después de esta evolución o mejora de la calidad de vida del hombre, nos encontramos en la era moderna, y más concretamente en el siglo XX. A principios de este siglo, se comienza a utilizar de maneras diversas el término de «calidad». Es W.A. Shewhart, de *Bell Telephone Laboratories*, quien diseñó una sistemática originada en datos estadísticos, mediante la cual controlaba variables relacionadas con el control de calidad. La principal herramienta de esta sistemática eran los cuadros de control. Shewhart será

posteriormente considerado el padre de la calidad moderna, a pesar de los esfuerzos realizados por Deming a lo largo de su vida, al que algunos le dan este título. Es cierto que es Deming la figura con la que todos relacionamos el origen de la calidad, pero los estudios efectuados por él tienen una clara base en las ideas que ya había puesto en práctica Shewhart. (Cabo, 2020)

En el año 1920 aproximadamente, se desarrolla el control de calidad en los Estados Unidos como una serie de métodos estadísticos que ayudan a perfeccionar la producción industrial. Garantizar la calidad era responsabilidad del personal técnico dotado. El término de calidad era coligado al acatamiento de estándares y normas, vinculados con procesos orientados a gran cantidad de volúmenes de producción, más que a una diversidad de productos (servicios y bienes). (Torres & Vásquez, 2010)

Entre los años 1941 y 1942 se publicaron una serie de trabajos como *Los estándares Z,* y *Un manual de métodos estadísticos para ingenieros,* este último por Leslie E. Simons. Los primeros se conocieron como los estándares de la guerra, aprobando y eligiendo el uso de cuadros de control para el análisis de datos, y su posterior aplicación en la producción. Lo anteriormente descrito era lo único que existía en el ámbito del control de la calidad en estos años, puesto que la calidad no era un elemento que interesaba demasiado a las empresas y organizaciones de esta época. (Cabo, 2020)

Después de la guerra con Japón, los Estados Unidos intentaron ayudar a la reconstrucción de este país llamando a expertos del mundo e introduciéndoles en el país con la finalidad de instruir al personal japonés y poder levantar el país, siempre con la vigilancia de que el rearme japonés no tuviera lugar, cuestión que fue uno de los principales objetivos de Estados Unidos en esta ayuda. Uno de los valores que llamaron fue el del ya nombrado Shewhart, pero no pudo incorporarse a este proyecto, lo que dejó como opción a una personalidad cuyo futuro marcaría el desarrollo de la calidad. Esta persona elegida fue W. Edwards Deming, que en los años 1946 y 1947 ya había estado trabajando en Japón y además era un buen conocido de los estudios de Shewhart en su etapa como profesor de la Universidad de Columbia. (Cabo, 2020)

Deming entrenó a muchos gestores y administradores del Japón durante periodos no muy largos de tiempo, estableciendo 3 aspectos claves que serían los principales responsables de su futura fama: El ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). Las causas de la variabilidad. El control de procesos con cartas de control.

En los años sesenta y setenta se desarrolla la electrónica y aparecen los conceptos de fiabilidad (tasa de fallos y tiempo entre ellos) y mantenibilidad (tiempo en volver a ser operativo). Las técnicas de calidad aplicadas a producción empiezan a extenderse al comercio y diseño. En los setenta se forman las primeras asociaciones de consumidores de USA y empieza a considerarse la calidad del servicio prestado por las empresas. En estos años aparecen tres industrias que van a modificar los conceptos de calidad. Se trata de las industrias nuclear, aeronáutica y espacial. Estas industrias se caracterizan por un gran poder de compra y una necesidad de cumplir, de forma estricta, unas especificaciones más exigentes de lo habitual. Provocan la aparición de los sistemas de garantía de la calidad. (Cabo, 2020)

En 1960-1970 en la "Segunda Generación de la Calidad Total" se cambia la orientación a satisfacer las necesidades que tiene el cliente. Está década es caracterizada por generar gran conciencia en los clientes hacia una cultura de calidad de los productos y la incursión de Japón al mercado internacional. Al empezar la "revolución de los consumidores" el mercado y la información del uso de los productos toma importancia en la calidad. Por ello las industrias se centran satisfacer al cliente, mediante el desarrollo de productos innovadores. En la década de los 70's se genera la "Tercera Generación de la Calidad" la cual se basa en la competitividad a base de estrategias que buscan menor precio y costo brindando mayor o igual satisfacción a los consumidores, por ello la calidad se interpreta como responsabilidad de todos aquellos que participan en la industria, por lo tanto, la calidad es total. (Torres, Ruiz, Solís, & Martínez, 2012)

De acuerdo con el autor (Cabo, 2020) y siguiendo la historia de la calidad nos centramos en los ochenta y noventa donde se da un mayor desarrollo y tenemos los siguientes acontecimientos importantes:

- El fenómeno japonés. Los japoneses presentan sistemas de calidad con dos características fundamentales: Mentalización a todos los niveles de la empresa. Todos están mentalizados para mantener y superar continuamente la calidad de los productos y servicios. La calidad de los productos y servicios está orientada al cliente, mientras occidente piensa en especificaciones de ingeniería.
- Desarrollo de la informática. Permite utilizar técnicas avanzadas de estadística de forma rutinaria en producción, y estudios preventivos de gran eficacia; los costes

de inspección se minimizan con dispositivos automáticos y los datos se registran de forma automática.

- Formación y motivación. La formación es capital para obtener la calidad, es continua y a todos los niveles. Las técnicas de motivación suponen un cambio en la mentalidad de la empresa, considerando la calidad misión de todos en todo momento.
- Relaciones proveedor-cliente. El concepto de calidad concentrada, partenariado, comakership se introduce. Las inspecciones en la recepción tienden a desaparecer por la garantía total de los proveedores y compromiso a entregar productos con la calidad demandada. El cliente apoya al proveedor puesto que sabe que su éxito depende en gran medida también de él.
- Mayor atención a la prevención que a la detección de errores y defectos. Con la consiguiente ayuda a la disminución de los costes de no calidad.

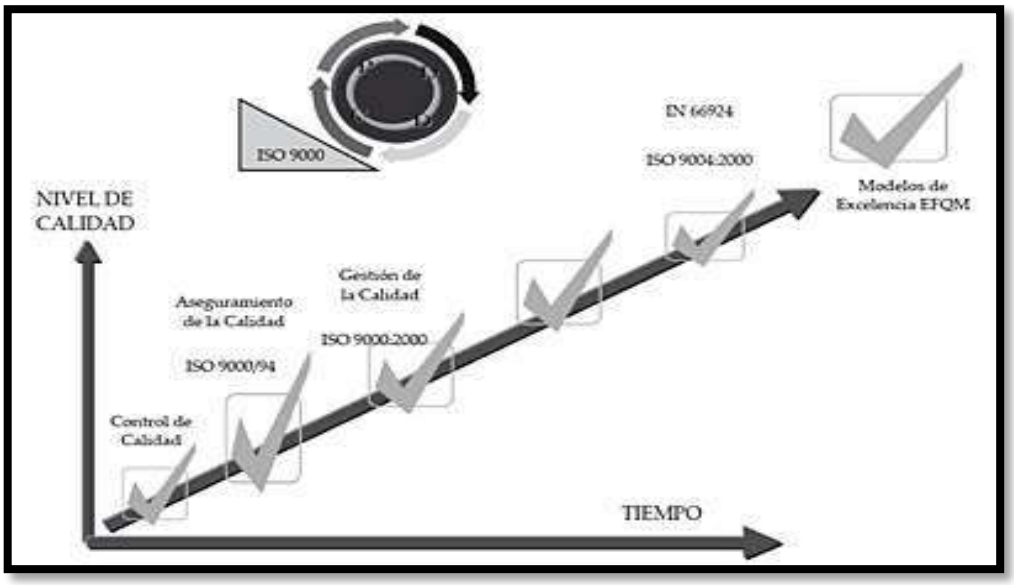


Figura 2. La calidad total.
Elaborado por: (Cabo, 2020)

Para concluir con este tema de vital importancia sobre la historia de la calidad, podemos ver que el mundo de la gestión y, en especial, el de la gestión de la calidad es muy amplio y diverso, dando una gran cantidad de posibilidades y variables para lograr muy buenos resultados en las empresas. Siguiendo con la evolución histórica de la calidad podemos observar que en la siguiente figura 2 se explica básicamente el de dónde venimos y hacia dónde vamos, ya que se muestra el cómo ha ido evolucionando la calidad, siendo sensatos de que no hemos alcanzado la cima aún, y que la gestión de la calidad seguirá evolucionando al igual que otros aspectos de la vida de las personas.

2.4 Calidad

En las Normas ISO-9000:2000 se define calidad como "el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos", entendiéndose por requisito una necesidad o expectativa por lo general implícita u obligatoria. En términos menos formales, la *calidad*, definida por el cliente, es el juicio que éste tiene acerca de un producto o servicio. Un cliente queda satisfecho cuando se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y más. Por lo tanto, calidad es ante todo la *satisfacción del cliente*, que está ligada a las expectativas que éste tiene con respecto al producto o servicio. (Gutierrez & Vara, 2009)

De esta manera logramos obtener la importancia de la calidad dentro de un sistema de producción, debido a que implica más de una cosa como lo es la competitividad, productividad, variabilidad y mejora los cuales todos van de la mano y que si los controla se obtiene un buen desempeño en el interior de la empresa todo explicado en la figura 3.

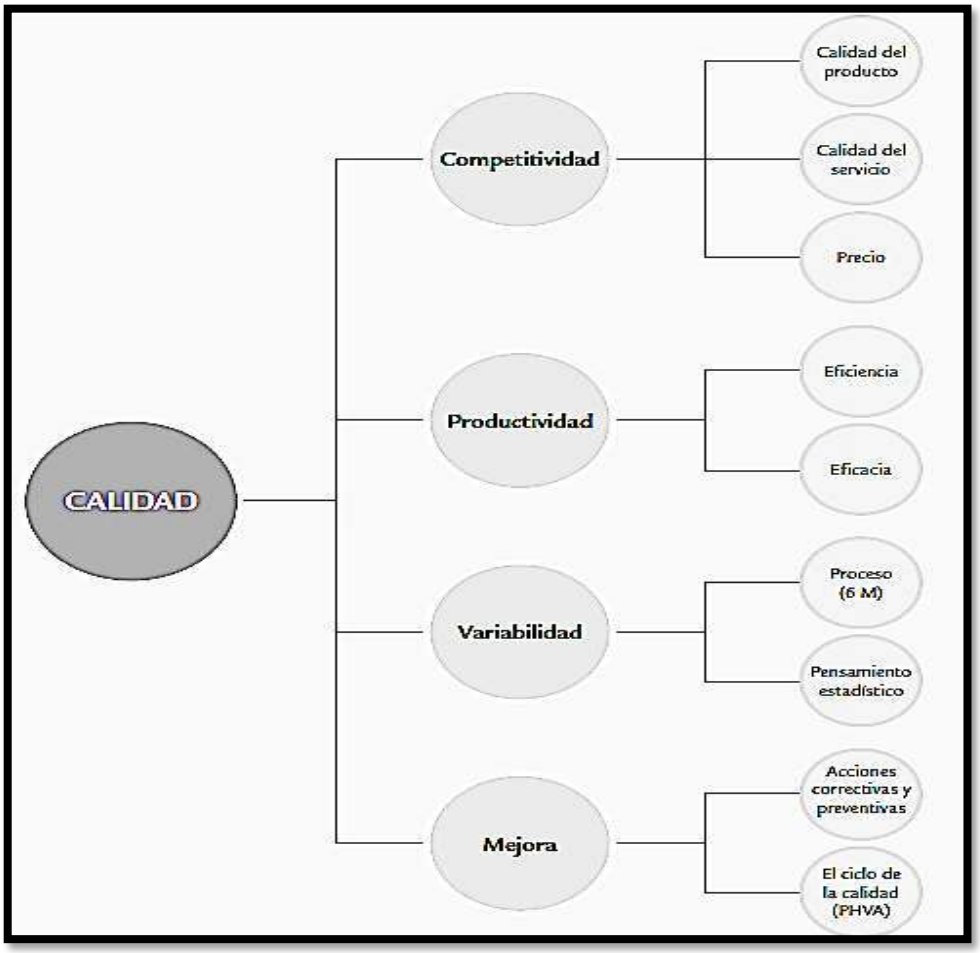


Figura 3. Calidad, principales fundamentos.
Elaborado por (Gutierrez & Vara, 2009).

Según la plataforma tecnológica elaborada por el autor (Sevillano, 2015) tenemos que: "Los procesos varían porque están sometidos a factores que hacen que sea imposible fabricar dos productos exactamente iguales, como la mano de obra, las máquinas, la materia prima o el ambiente. Estos factores pueden alterar la calidad de los productos, por lo que se hace necesario tomar ciertas medidas que garanticen la estabilidad de los procesos, con el fin de obtener un producto final dentro de los parámetros de calidad establecidos. A fin de conseguir esta estabilidad, se utiliza el control estadístico de procesos, una útil herramienta que, además, contribuye a la mejora continua de la calidad en el proceso de fabricación". Por lo cual un efecto en la calidad puede afectar todos estos parámetros de la figura 3.

2.5 Herramientas de la calidad

Las herramientas de Ishikawa deben su nombre a Kaoru Ishikawa, quien las recopiló para dotar a los operarios japoneses de armas apropiadas para luchar contra los problemas que afectaban a la calidad de las empresas. Estas herramientas son 7 técnicas simples (estadísticas) muy utilizadas en gestión de calidad. (Ruiz & Rojas, 2009)

Estas herramientas son las siguientes:

- Diagrama de flujo
- Diagrama de causa-efecto, diagrama de pez o diagrama de Ishikawa
- Check list o lista de verificación
- Histogramas
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de dispersión
- Gráficos de control

2.6 Control estadístico de procesos

De acuerdo con los autores (Carro & Gonzalez, 2012): El control estadístico de procesos (SPC) es la aplicación de técnicas estadísticas para determinar si el resultado de un proceso concuerda con el diseño del producto o servicio correspondiente. Las herramientas conocidas como gráficas de control se usan en el SPC para detectar la elaboración de productos o servicios defectuosos; o bien, para indicar que el proceso de producción se ha modificado y los productos se desviaran de sus respectivas especificaciones de diseño, a menos que se tomen medidas para corregir esa situación. (p.4)

De esta manera podemos ver que el aplicar esta herramienta es sumamente importante para el control de cualquier proceso dentro de una empresa. Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de Control; Cantidad, Tiempo, Costo y Calidad. Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa. Este control estadístico de puede aplicar en todos los tipos de empresas donde se tiene un conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos. (Borrego, 2015)

Actualmente existen una gran cantidad de filosofías, técnicas y herramientas enfocadas al mejoramiento de la calidad de los productos que las empresas fabrican y resulta difícil para los administradores decidir cuál de ellas implementar. En esta amplia gama de opciones se encuentran el control estadístico de procesos (SPC, Statistical Process Control, por sus siglas en inglés) el cual tuvo sus inicios en la década de los años veinte del siglo pasado, siendo el Dr. Walter Shewhart quien encabezó estos estudios y el desarrollo de métodos estadísticos. (Cantú, 2011)

2.6.1 Aplicaciones del control estadístico de procesos

Existe una variedad de aplicaciones que se le puede dar al control estadístico de proceso no solo en cuanto a la industria láctea, sino a más empresas destinadas a la producción de elementos primordiales para el consumo humano o para la construcción o uso de estos por lo que a continuación veremos cuales son las aplicaciones más utilizadas que se le da a esta magnífica herramienta dentro de las grandes empresas. Por lo que esta herramienta es demasiada útil se podrá ver cómo es la utilización que se le ha venido dando a lo largo de estos años.

El control estadístico de procesos se ha implantado y aplicado en diversas industrias, no sólo en los EE. UU., sino también en empresas de todo el mundo. Por ejemplo, la evidencia documentada de la implementación del control estadístico de procesos ha sido reportada en las industrias de manufactura como la automotriz (Dale & Shaw, 1989), proveeduría automotriz (Lascelles & Dale, 1988), química (Chaudhry & Higbie, 1989), electrónica (Kumar & Gupta, 1993), metal mecánico y maquinados (Güllü & Motorcu, 2006), etcétera. También se pueden enunciar aplicaciones en la industria de servicios como salud (Welsh,1997), transporte (Benneyan & Chute, 1993) y comida rápida como Kentucky Fried Chicken (Apte & Reynolds, 1995). (Mendoza & Nuño, 2015)

Se aplica a todo: a las cosas, a las personas y a los actos. Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones para que no vuelvan a presentarse en el futuro. Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de control. Cantidad, Tiempo, Costo y Calidad. Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa. Este control estadístico de puede aplicar en todos los tipos de empresas donde se tiene un conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos. (Borrego, 2015)

De esta manera podemos evidenciar que existen un sinnúmero de ramas a las cuales se puede aplicar esta herramienta metodológica y que contribuya de gran manera a la mejora continua dentro de la empresa luego de su implementación, en el presente trabajo hicimos el enfoque a la industria láctea pero como podemos ver su uso puede llegar a ser mundial.

Existen, actualmente, varias herramientas que pueden ser utilizadas para posibles mejorías y diagnósticos, pero una de las principales es el uso de técnicas estadísticas que viene a lo largo de los años, mejorando todo sistema operacional además de permitir tornar los productos fabricados más competitivos. Debido a eso, el investigar las causas de problemas y caminos para mejorías debe ser constante. (Hernández & Silva, 2015)

Además de obtener productos con mejor calidad, la utilización del CEP genera costos menores y eso disminuye principalmente en función de dos razones: la inspección por muestreo y la reducción de rechazo. Donde la selección de muestras es de tamaño mucho menor que la población, disminuyendo consecuentemente los costos y paradójicamente acaba representando mejor las características de la población, otra ventaja en la reducción de costos es que el número y porcentaje de piezas defectuosas producidas en la fábrica van a disminuir con las mejorías en la línea de producción. (Samohyl, 2009)

Es muy común en fábricas donde los procesos industriales no son optimizados en el sentido de ser caracterizados por altos niveles de eficiencia, sin embargo, dentro del CEP existen herramientas para monitorizar el proceso y, por tanto, mejorarlo. El monitoreo tiene como requisitos el muestreo hecho periódicamente y tamaño de la muestra adecuado. La principal ventaja proporcionada por esa herramienta es la realimentación del proceso en tiempo real, debiendo ser continua y estadísticamente fundamentada. (Hernández & Silva, 2015)

De esta manera logramos observar cómo se manifiesta esta metodología durante su uso en una empresa que se decida por implementarla ya que es de vital importancia en su vida diaria para seguir mejorando día a día y competir en el mercado con sus productos. De esta manera vemos como cada uno de los autores citados resaltan la importancia de esta metodología y el implementarla en sus empresas.

2.6.2 Ventajas y beneficios

De acuerdo con el autor (Cruz, 2013): Existe un estado del control estadístico en el que sólo hay causas comunes de variación en un proceso. Esta condición presenta diversas ventajas importantes, para lo cual tendremos grandes beneficios de esta herramienta al momento de utilizarla:

- El proceso es estable, lo que hace posible predecir su comportamiento, al menos en el corto plazo. Un proceso en control estadístico opera con menos variabilidad que uno que tenga causas especiales. Una menor variabilidad se ha convertido en una herramienta importante de competencia.
- Saber que un proceso tiene control estadístico es útil para los trabajadores que laboran en él. Se dice que cuando los datos caen dentro de los límites de control estadístico, no se deben hacer ajustes. Hacer dichos ajustes incrementaría la variabilidad, no la reduciría. Por otra parte, las gráficas de Control de la producción control ayudan a evitar un sub-ajuste, ya que los puntos que están fuera de control señalan la presencia de causas especiales.
- Saber que un proceso tiene control estadístico ofrece una dirección a quienes intentan hacer reducciones a largo plazo en la variabilidad del proceso. Para reducir éste, se debe analizar y cambiar el sistema del proceso, en lugar de que la dirección espere que sean los trabajadores, que llevan el proceso, quienes reduzcan la variabilidad por sí mismos.
- Un análisis de control estadístico, que incluye la diagramación de datos en la orden de producción, permitirá fácilmente identificar las tendencias en el tiempo que permanecen ocultas por otras síntesis de datos tales como los histogramas.
- Un proceso estable (como se verifica con el control estadístico) que también cumple con las especificaciones del producto ofrece pruebas de que el proceso tiene condiciones que, de mantenerse, resultarán en un producto aceptable. (p.8)

De esta manera podemos observar claramente que estas ventajas que nos dice sobre el control estadístico ayudan a los objetivos principales de este, que son: reducir la variación en el proceso y evitar problemas. La prevención real se logrará teniendo procesos capaces y estables que se mantengan en un estado bajo control durante todo el camino de producción.

De igual manera otro autor coincide con algunas ventajas que tiene esta herramienta de calidad en la cual podremos ver como beneficiaría a la empresa que decida implementarla. El autor (Borrego, 2015) nos dice que las ventajas del Control estadístico de procesos son las siguientes:

- Localiza los sectores responsables de la administración, desde el momento en que se establecen medidas correctivas. Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores.
- Identificar en la muestra inicial del proceso las observaciones atípicas, a fin de excluirlas una vez detectadas las causas asignables y no tomarlas en consideración para estimar los parámetros del proceso.
- Detectar a tiempo anormalidades en el proceso, tanto por corrimientos de la media, como incrementos en la desviación por encima de sus límites naturales, para impedir la producción de piezas fuera de especificación.
- El aumento creciente de calidad de los productos.
- La desviación puede ser identificable y posible de eliminar.
- Adopción de decisiones a corto y largo plazo. Las decisiones a corto plazo se dan cuando se inicia una labor de investigación como resultado de un síntoma de anomalía indicado por el control estadístico. Las decisiones a largo plazo son consecuencia de una decisión de incluir o excluir ciertos datos en el estándar y los límites de control futuro.
- La mayor ventaja es el de detectar un deterioro no deseado del proceso. El deterioro puede obedecer a múltiples causas. Es fácil detectar y ajustar el tipo de deterioro que pasa a uno de otro nivel. (p.4)

Como sabemos no todo es perfecto por lo que existen posibles perjuicios o desventajas que tiene esta herramienta por lo que a continuación se presenta un par de ellos, pero los cuales se pueden controlar para que esas desventajas no afecten significativamente al acto.

2.6.3 Posibles perjuicios o desventajas

Si no se utilizan o interpretan adecuadamente los gráficos de control o se toman datos erróneos se puede tener una gran ineficiencia en el control estadístico de proceso. Si se toma un muestreo del proceso existe un cierto porcentaje de error y de confiabilidad en todos esos elementos de muestra. (Borrego, 2015)

No es una herramienta simple; todos los usuarios deben estar bien entrenados y deben participar en un programa de educación continuada. Los datos correctos deben recopilarse. Los parámetros de la herramienta (media, desviación estándar, rango) deben calcularse correctamente. El usuario debe tener un buen conocimiento de cómo analizar correctamente los cuadros de control. (Kumar, 2009)

2.6.4 Teoremas fundamentales

Para comprender el control estadístico de procesos intervienen 3 teoremas matemáticos básicos y fundamentales, cada uno de ellos es importante conocerlos y comprenderlos para poder llevar a cabo el control preciso y así tener una base primordial del tema.

- **Distribución normal o de Gauss.** Se utiliza para estimar el número de muestras que se encuentran dentro de lo que se considera la norma. Su cálculo se realiza en función de dos parámetros, la media (μ) y la desviación típica (σ). Este tipo de distribución se representa gráficamente a través de la campana de Gauss. (Sevillano, 2015)

  Tiene una forma acampanada (de ahí su nombre) y es simétrica respecto a μ. Llevando múltiplos de σ a ambos lados de μ, nos encontramos con que el 68% de la población está contenido en un entorno ±1σ alrededor de μ, el 95% de la población está contenido en un entorno ±2σ alrededor de μ y que el 99,73% está comprendido en ±3σ alrededor de μ. (Ruiz & Rojas, 2006)
- **Teorema del Límite Central (TCM).** Según este teorema, si existe un número considerable de variables independientes que siguen un mismo modelo y ninguna predomina sobre las demás, entonces la suma de todas estas variables tendrá una distribución normal o gaussiana. (Sevillano, 2015)
- **Distribución de las medias muestrales.** Bajo esta teoría, al seleccionar una muestra de un grupo, esta muestra seguirá una distribución normal, aun cuando el grupo seleccionado no sea igual que el grupo base de referencia, eso sí, siempre que el tamaño del grupo de la muestra sea suficientemente grande. (Sevillano, 2015)

2.6.5 Capacidad De Procesos

"La capacidad del proceso es el rango en el cual se da la variación natural con los datos reales del proceso. El proceso estudiado cumplirá con las especificaciones establecidas siempre y cuando su variación natural sea menor a la establecida" (Evans & Linddsay, 2008). La capacidad de proceso hace referencia a la anchura de la campana de Gauss que es el gráfico que lo caracteriza. Un estudio de estos contrasta la anchura de la distribución normal conseguida que va a representar al proceso, con los límites de tolerancias que viene a ser las necesidades del cliente. (Zurita, 2018)

Tenemos que la capacidad de un proceso: "Consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada, ya que esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones)" (Gutierrez & Vara, 2009). Para calcular la capacidad de proceso se tiene la siguiente ecuación que se utiliza:

$$\boldsymbol{Cp} = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde:

Cp: capacidad del proceso

ES: especificación superior de calidad

EI: especificación inferior de calidad

σ: desviación estándar

Valor del índice Cp	Clase del proceso	Decisión (Si el proceso está centrado o no)
Cp >= 2	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
Cp > 1,33	1	Adecuado
1 < Cp < 1,33	2	Parcialmente correcto, requiere de un control estricto
0,67 < Cp < 1	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
Cp < 0,67	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

Tabla 1. Valores de capacidad del proceso (Cp) y su interpretación.

Elaborado por: (Gutierrez & De la Vara, 2013)

Para la interpretación del valor obtenido de la ecuación anterior y determinar la capacidad del proceso, su significado y de los rangos que debería cumplir tenemos la siguiente Tabla 1, con el cual tendremos un rango de decisión que tomar con respecto a nuestro proceso.

Se debe considerar que dentro de un proyecto Seis Sigma es crítico conocer la capacidad del proceso con la que se está trabajando. Así el índice de capacidad real (Cpk) es utilizado para conocer si el proceso está centrado y toma el menor valor de la capacidad para la especificación superior o de la capacidad para la especificación inferior, su cálculo se aprecia en la ecuación. (Gutierrez & De la Vara, 2013)

$$\boldsymbol{Cpk} = minimo\left(\frac{\mu - EI}{3\sigma}; \frac{ES - \mu}{3\sigma}\right)$$

Donde:

Cpk: índice de capacidad real del proceso

ES: especificación superior de calidad

EI: especificación inferior de calidad

μ: desviación estándar

σ: media

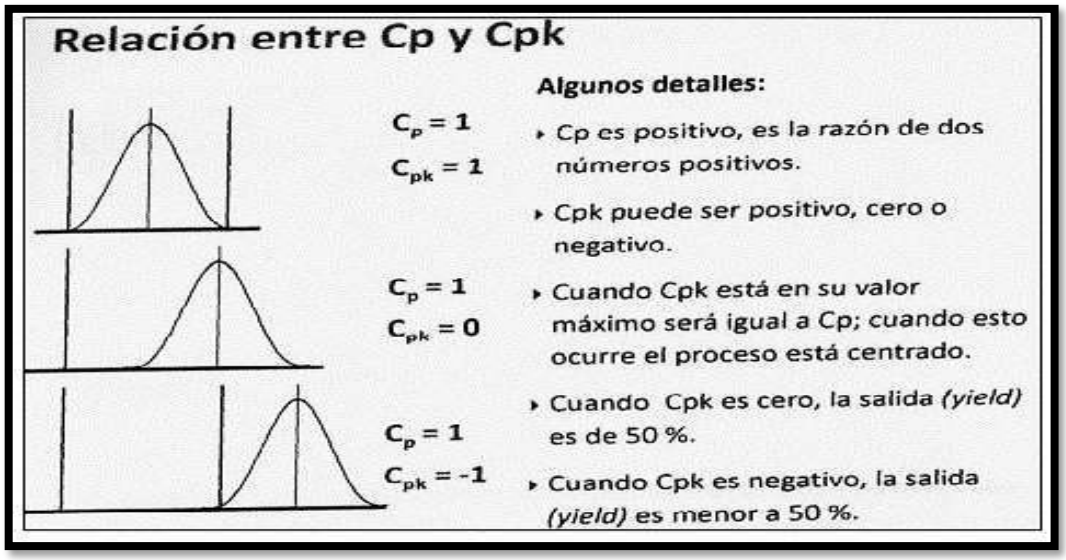


Figura 4. Relación entre el Cp y Cpk.

Elaborado por: (Socconini, 2016)

Los índices de capacidad del proceso (Cp) y capacidad real del proceso (Cpk) tienen relación entre sí, los valores obtenidos permiten conocer si la curva se encuentra centrada o con sesgo hacia la izquierda o derecha como se aprecia en la figura 4.

2.7 Variabilidad en los procesos

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 no son uniformes y 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 segundo 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 fabricación. (Ruiz & Rojas, 2006)

La variabilidad en un proceso afecta al momento en que dentro de un proceso un producto sale totalmente diferente de otro con características notables las cuales hacen que tenga un defecto notorio al comparar un producto con otro por lo que la variabilidad afecta directamente en el proceso ya que esto es un indicador para poder apreciar que tipo de causas podrían estar afectando al proceso, puede ser una causa común o asignable las cuales se pueden llegar a controlar mediante la herramienta de las cartas de control para visualizar de mejor manera.

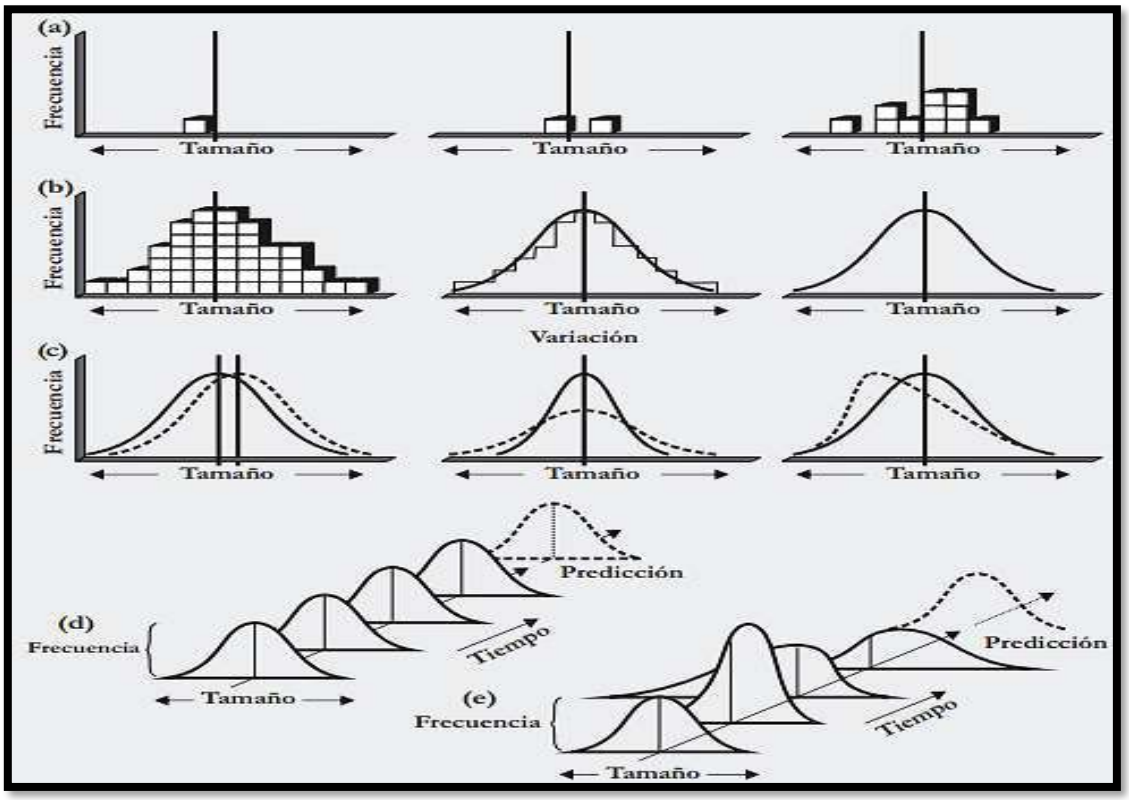


Figura 5. Explicación de la variabilidad en un proceso de producción con variaciones comunes y asignables.
Elaborado por (Carro & Gonzalez, 2012).

En la figura 5 se explica cómo es el proceso de variación que existe dentro de un proceso con el cual se puede controlar mediante las gráficas de control la tendencia que sus datos arrojen por lo que de acuerdo con esto es importante conocer cómo es la variabilidad que podrían darse debido a que nunca se pueden elaborar 2 productos exactamente iguales, pero pueden controlarse y obtener una línea de control estableciendo límites específicos.

2.8 Causas comunes y asignables

Causas comunes: En los procesos intervienen factores que influyen en el producto final, haciendo que este no sea siempre igual. Sin embargo, si existen pequeñas variaciones, pero ninguna es preponderante sobre el resto, es de esperar que la calidad de los productos sea similar, si nos apoyamos en la teoría del límite central. Al conjunto de estos factores se le denomina causas comunes. **Causas asignables**, por el contrario, si durante el proceso un factor predomina sobre el resto, entonces la calidad no se distribuirá de la misma forma porque está presente una causa especial o asignable. Cuando un proceso está bajo control estadístico es porque en él no intervienen causas asignables. (Sevillano, 2015)

Por definición, **se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando no hay causas asignables presentes**. El Control Estadístico de Procesos se basa en analizar la información aportada por el proceso para detectar la presencia de causas asignables y habitualmente se realiza mediante una construcción gráfica denominada Gráfico de Control. Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza fabricada. (Ruiz & Rojas, 2006)

2.9 Cartas de control

El control estadístico de procesos consiste esencialmente en medir las características de calidad de un producto, compararlas contra especificaciones de fabricación o cliente y cuando existen disconformidades, realizar las acciones correctivas necesarias para que estas no se vuelvan a presentar. (Fischer, 1985)

Todo conjunto de datos provenientes de un proceso real tiene dos atributos indispensables para su control: una medida de su tendencia central (el promedio, la mediana, etc.) y una medida de su dispersión (el rango, la desviación estándar, etc.). Por consiguiente, las distintas combinaciones posibles de tamaño de subgrupos (de un dato o de más de un dato), de medidas seleccionadas de tendencia central y de dispersión (promedio o

mediana, rango o desviación estándar), y de tipos de preguntas que queremos contestar (nos puede interesar controlar una variable, o nos puede interesar controlar el porcentaje o fracción de artículos defectuosos, o el número de defectos en una misma unidad de producto) dan lugar a que en la industria se usen varios tipos de cartas de control. (Cunningham, 2007)



Figura 6. Tipos de Cartas o gráficas de control.

Elaborado por (Cunningham, 2007).

En la figura 6 se ve los tipos de cartas de control que existen y se utilizan dentro del control estadístico de procesos, cada una tiene sus especificaciones, fórmulas, ventajas y características que las diferencian las hacen únicas y con la que se pueda trabajar según el proceso que se desee controlar, en el cual tenemos un ejemplo básico en el anexo 2.

Los tamaños típicos de subgrupos para cartas de variables están dentro del rango de 3 a 6. Algunas de las variables más comunes en la industria son: costo, tiempo, dimensiones, peso, viscosidad, concentración, rendimiento, temperatura, pH, etc. Los tamaños típicos de subgrupos para cartas de atributos están típicamente dentro del rango de 30 a 1,000. (Cunningham, 2007)

En la práctica, para saber si un proceso está en un grado razonable de control, se necesitan graficar por lo menos 100 observaciones consecutivas. Entonces, por ejemplo, si se trata de una carta de promedios y rangos con subgrupos de tamaño 4, se necesitan por lo menos 25 subgrupos antes de calcular los límites de control. (Carro & Gonzalez, 2012)

2.9.1 Cartas de Control para Variables

Las Cartas de control para variables con valores continuos se lo hace utilizando datos basados en mediciones de variables del proceso; las características del producto o servicio que son susceptibles de ser medidas son el peso, longitud, volumen o tiempo. La ventaja de medir alguna característica de la calidad consiste en que, si un producto o servicio no satisface sus especificaciones de calidad, la persona a cargo sabrá cual es el calor de la discrepancia. La desventaja es que esas mediciones suelen requerir el uso de equipo especial, ciertas destrezas de los empleados, procedimientos rigurosos, tiempo y esfuerzo. (Carro & Gonzalez, 2012)

2.9.1.1 Carta de control de Promedios y Rangos

De acuerdo a esta carta (Evans & Lindsay, 2008) menciona que: "la gráfica x se usa para el seguimiento del centrado del proceso, mientras que el R se usa para el seguimiento de la variación del proceso"(p.23). (Kumar, 2009) maneja un concepto similar, indicando que: "el gráfico X-bar (x) es un cuadro de control desarrollado sobre una calidad promedio, y los cuadros R (rango) están basados en el rango de valores que representan la variación en la respuesta al tiempo analizado"(p.39).

"Diagramas para variables que se aplican a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtiene un subgrupo de productos, se miden y se calcula la media y el rango R para registrarlos en la carta correspondiente" (Gutierrez & Vara, 2009).

Son 2 gráficas en una, una representa los promedios de las muestras de la gráfica X y la otra representa los rangos gráfica R, deben construirse juntas, ya que la gráfica X, nos muestra cualquier cambio en la media del proceso y la gráfica R nos muestra cualquier cambio en la dispersión del proceso. Los gráficos X-R se utilizan cuando la característica de calidad que se desea controlar es una variable continua.

La metodología necesaria para desarrollar esta carta de control es:

- Definir cuál será la característica de la calidad.
- Escoger el tamaño de la muestra o subgrupo.
- Reunir los datos necesarios.
- Calcular el límite central de ensayo y los límites de control
- Definir la línea central revisada y los límites de control.

Para calcular el límite central y los límites de control se utilizan las siguientes fórmulas que se presentan en la figura 7, con lo cual se puede armar las gráficas de control en donde estarán representadas las mediciones recolectadas:

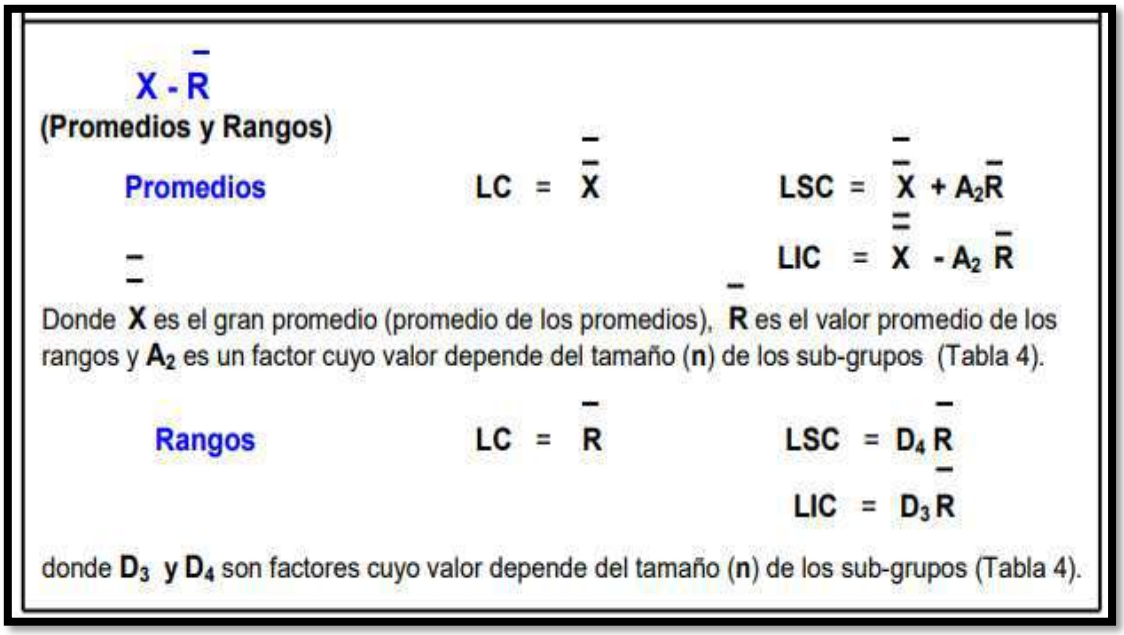


Figura 7. Fórmulas que se utilizan para calcular el límite central y los límites de control de la carta X-R.
Elaborado por (Cunningham, 2007).

La siguiente tabla muestra de donde se obtiene los diversos factores para el cálculo de los límites que están en la figura 8 y que sirve para la otra carta de control X-S, con el que obtendremos los datos precisos sobre los cuales estarán dibujados nuestros datos.

VALORES DE LOS FACTORES PARA EL CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL EN CARTAS $\bar{X}$ – R y $\bar{X}$ - s (10-12)

n	A_2	D_3	D_4
2	1.88	-	3.27
3	1.02	-	2.57
4	0.73	-	2.28
5	0.58	-	2.11
6	0.48	-	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
n	**A_3**	**B_3**	**B_4**
2	2.66	-	3.27
3	1.95	-	2.57
4	1.63	-	2.27
5	1.43	-	2.09
6	1.29	0.03	1.97
7	1.18	0.12	1.88
8	1.10	0.19	1.82

Figura 8. Valores de los factores que se necesitan para el cálculo de los límites de control según el tamaño de la muestra empleada.
Elaborado por (Cunningham, 2007).

Aplicación de la carta

El siguiente ejemplo fue recolectado del trabajo de (Condori, Maque, Marchena, Martinez, & Trujillo, 2017), en el cual se plantea lo siguiente: "En este trabajo, se dará a conocer el análisis de control de calidad en la elaboración del queso fresco, siendo uno de los productos principales fabricados por la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS LA PRADERA S.C.R.L., ubicada en la calle Sosa Ruíz 408Urb. La Libertad – Cerro Colorado" (p.4).

Lo primero será recolectar datos directamente de la empresa, a los cuales aplicaremos las herramientas de control ya antes mencionadas y de acuerdo con ello se observará si el producto evaluado cumple con las medidas estándares que maneja la empresa para el producto. De ser posible se hará la eliminación de las causas que afectan en que ciertas medidas estén fuera de control, siempre que estas sean asignables. (Condori, Maque, Marchena, Martinez, & Trujillo, 2017)

Se tienen 30 muestras con un tamaño de 5 (n=5) de los pesos de Queso Fresco, con un total de 150 muestras tomadas para la elaboración de la carta de control.

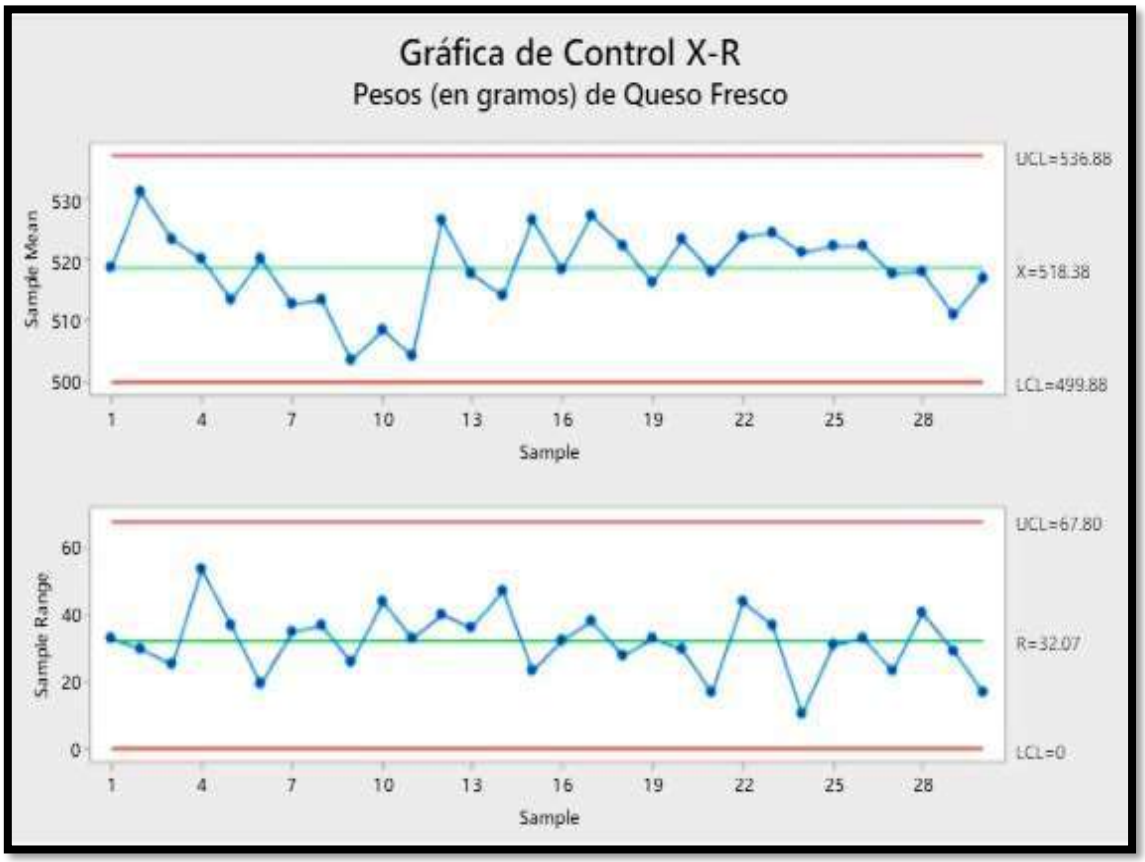


Figura 9. Carta de control X-R, representa los datos de los quesos tomados.

Elaborado por (Condori, Maque, Marchena, Martinez, & Trujillo, 2017)

La figura 9 muestra el accionar de los datos tomados de los quesos en el cual se aplicó la carta de control X-R para determinar si se encuentra o no fuera de control, en el cual se puede evidenciar que, si se encuentra bajo control estadístico de procesos, pero tiene ciertas particularidades a las cuales se les debe tomar mucha consideración debido a que puede estar afectándose en algo el producto.

Dentro del presente trabajo investigado esta que: De acuerdo con los límites de especificación que fueron determinados por el mercado dedicado al sector correspondiente (restaurantes), tenemos los siguientes:

- Límite de Especificación Inferior: 490
- Límite de Especificación Superior: 550
- Límite objetivo: 520

De lo presentado anteriormente, se puede evidenciar los límites de control que arrojaron los datos analizados expuestos en la figura 8, y que, al compararlos con los límites de especificación, que casi siempre lo impone el cliente, se puede concluir que el producto cumple de sobre manera lo esperado por el interesado.

De acuerdo con los datos obtenidos de (Condori, Maque, Marchena, Martinez, & Trujillo, 2017) tenemos que: **CP = 0.72.** Se tiene un índice de capacidad de proceso igual a 0.72 lo que a simple vista quiere decir que nuestro proceso no es capaz. **Cpk = 0.68.** Un valor de Cpk $\leq$ 1.00 indica que el proceso está obteniendo un producto terminado disconforme con las especificaciones, esto es netamente teórico ya que los clientes no son muy exigentes en cuanto a las especificaciones establecidas. Pero la falta de control con la que se realiza el proceso podría generar a largo plazo una pérdida importante. (p.24)

Luego de la determinación de la capacidad de procesos analizados obtenemos los siguientes, para poder determinar si tenemos un proceso capaz que servirá para analizar sus datos, su variabilidad y si existe alguna causa que pueda estar afectando al proceso; con todo esto se está ayudando a las industrias lácteas ya que al contar con un control estadístico de proceso en su línea de producción más importante se obtiene una mejora de la calidad de los productos y de la empresa.

Finalmente tenemos que el proceso podría ser capaz, si se eliminaran los desplazamientos y las desviaciones, esto podría darse con la implementación de máquinas moldeadoras automatizadas y moldes más precisos. Todo esto podría ser de gran ayuda para controlar

de mejor manera el proceso y a pesar de que las muestras se encontraban bajo control estadístico de procesos se evidenciaron anomalías y con una capacidad de proceso complementaria se logró determinar que se debe aplicar una mejora ya que a largo plazo si no se actúa podrían existir pérdidas importantes para la empresa.

En donde esta carta funciona para variables con valores continuos aplicado específicamente a procesos masivos, pero donde el tamaño del subgrupo no sea mayor a 10, actuando de manera periódica para determinar los cambios que existan en el proceso.

Tal y como se manifiesta este autor sobre las cartas de control (Ortega, 2017) nos dice que: Se concluye, de acuerdo con lo analizado, las gráficas de control son esenciales para determinar si el proceso productivo va encaminado por una inestabilidad o cierta variabilidad y poder corregirlo a tiempo, satisfaciendo al cliente con la más alta calidad de sus productos. Y junto con la ley del consumidor que nos indica que el proveedor no puede realizar publicidad falsa del bien o servicio que oferte, en otro caso ser sancionado. (p. 27)

2.9.1.2 Carta de control de Promedios y Desviación estándar

Aun cuando es muy común la utilización de las cartas X-R, en ocasiones es deseable estimar la desviación estándar del proceso directamente en vez de indirectamente mediante el uso del rango R. Esto lleva a las cartas de control para X-S, donde S es la desviación estándar muestral. En general, las cartas X-S son preferibles a sus contrapartes más familiares, las cartas X y S cuando: 1. El tamaño de la muestra es moderadamente grande, por ejemplo. (Recuérdese que el método del rango para estimar σ pierde eficiencia estadística para muestras de moderadas a grandes.) 2. El tamaño de la muestra es variable. (Cruz, 2013)

Cuando con una carta X–R se quiere tener mayor potencia para detectar cambios pequeños en el proceso, se incrementa el tamaño de subgrupo, n. Pero si n >= 10, la carta de rangos ya no es eficiente para detectar cambios en la variabilidad del proceso, y en su lugar se recomienda utilizar la carta S, en la que se grafican las desviaciones estándar de los subgrupos. (Gutierrez & Vara, 2009)

Las cartas de control X barra – S tienen como principal indicador la desviación estándar lo cual las hace muy sensibles a los cambios que puedan ocurrir dentro del proceso de medición y por esta razón son muy útiles para el estudio de la variabilidad de dicho proceso. Las cartas de control X barra – S son una herramienta estadística muy útil para

observar la variabilidad que se presenta dentro de cualquier tipo de proceso permitiendo diferenciar cuando esta variabilidad se encuentra alterada por posibles problemas o fallas externas. (Botero, Mendoza, & Meza, 2009)

Si se compara una gráfica R con una gráfica S, la primera se calcula con mayor facilidad y también su explicación es más sencilla. Por otra parte, la desviación estándar de la muestra del subgrupo en el casi de la desviación de la gráfica S se calcula empleando todos los datos, no solo los valores superior e inferior, como en el caso de la gráfica R. Por consiguiente, una gráfica S es más precisa que una R. Por lo que el diagrama para variables que se usan es a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar pequeños cambios con respecto al proceso que se está tomando en cuenta para controlarlo.

La metodología necesaria para desarrollar esta carta de control es:

- Definir cuál será la característica de la calidad.
- Escoger el tamaño de la muestra o subgrupo.
- Reunir los datos necesarios.
- Calcular el límite central de ensayo y los límites de control
- Definir la línea central revisada y los límites de control.

Para calcular el límite central y los límites de control se utilizan las siguientes fórmulas que se presentan en la figura 10, con lo cual se puede armar las gráficas de control en donde estarán representadas las mediciones recolectadas:

	LÍNEA CENTRAL	LÍMITES DE CONTROL
Promedios	$LC = \bar{\bar{X}}$	$LSC = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$ $LIC = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$
donde $\bar{\bar{X}}$ es el gran promedio (promedio de los promedios), $\bar{s}$ es el valor promedio de las desviaciones estándar y A_3 es un factor cuyo valor depende del tamaño (n) de los sub-grupos (Tabla 4).		
Desviaciones estándar	$LC = \bar{s}$	$LSC = B_4\bar{s}$ $LIC = B_3\bar{s}$
donde D_3 y D_4 son factores cuyo valor depende del tamaño (n) de los sub-grupos (Tabla 4).		

Figura 10. Fórmulas que se utilizan para calcular el límite central y los límites de control de la carta X-S.
Elaborado por (Cunningham, 2007).

Para calcular los datos de las fórmulas de acuerdo con sus letras complementarias se aplican los mismos de la figura 8 con el cual se puede obtener los factores y resolver cada una de las fórmulas y que sirve para la otra carta de control X-S, con el que obtendremos los datos precisos sobre los cuales estarán dibujados nuestros datos y así poder dibujar cada una de las cartas de control y poder interpretar cada uno de sus datos.

Aplicación de la carta

Para el siguiente ejemplo se tomó del trabajo elaborado por (Ferrel, 2016) el cual nos dice lo siguiente: Este trabajo tiene como objetivo principal la aplicación de un control estadístico de procesos en la etapa de embolsado de Leche Pasteurizada de la Planta Piloto de Leche de La Universidad Agraria La Molina con el propósito de monitorizar y controlar el proceso de producción. (p.5)

La recolección de datos se obtuvo en el mes de octubre. Se realizó con la colaboración de los operarios del área de embolsado. Se inició en el Área de embolsado el día 12 de octubre tomando datos preliminares. El señor operario dio inicio al embolsado de la leche pasteurizada después de calibrar el dosificador de la máquina de embolsado lo mismo con la balanza, luego se procedió a tomar la muestra cada 10 minutos 10 bolsas de leche embolsada y se registraron los pesos de la leche embolsada. Posteriormente al siguiente día de producción se siguió el mismo procedimiento y así sucesivamente hasta completar el muestreo el día 26 de octubre, se recolectó 35 datos por día dando un total de 350 observaciones. (Ferrel, 2016)

De acuerdo con la carta de control de la figura 11 podemos ver que en cuanto al promedio (Carta X) de los pesos de la leche embolsada se mantiene bajo control estadístico de proceso y no existe un patrón que altere mientras que en la desviación estándar (Carta S) se puede notar que existen patrones que están cerca a los limites superiores (muestra 17 y 23) lo cual puede generar algún error en un futuro para el proceso y descontrolarse, por lo que amerita una investigación de los factores que están incidiendo que esas muestras estén casi en el límite superior, todo esto con la finalidad de tomar las mejores decisiones en procura de optimizar la producción. Se observa también que no cumple con el valor objetivo que en la empresa han propuesto de 980 gr, debido a que la media da un valor de 982 gr aproximadamente esto puede llegar a generar perdidas para la empresa porque están envasando más producto en algunas bolsas, enviando más de lo que está especificado.

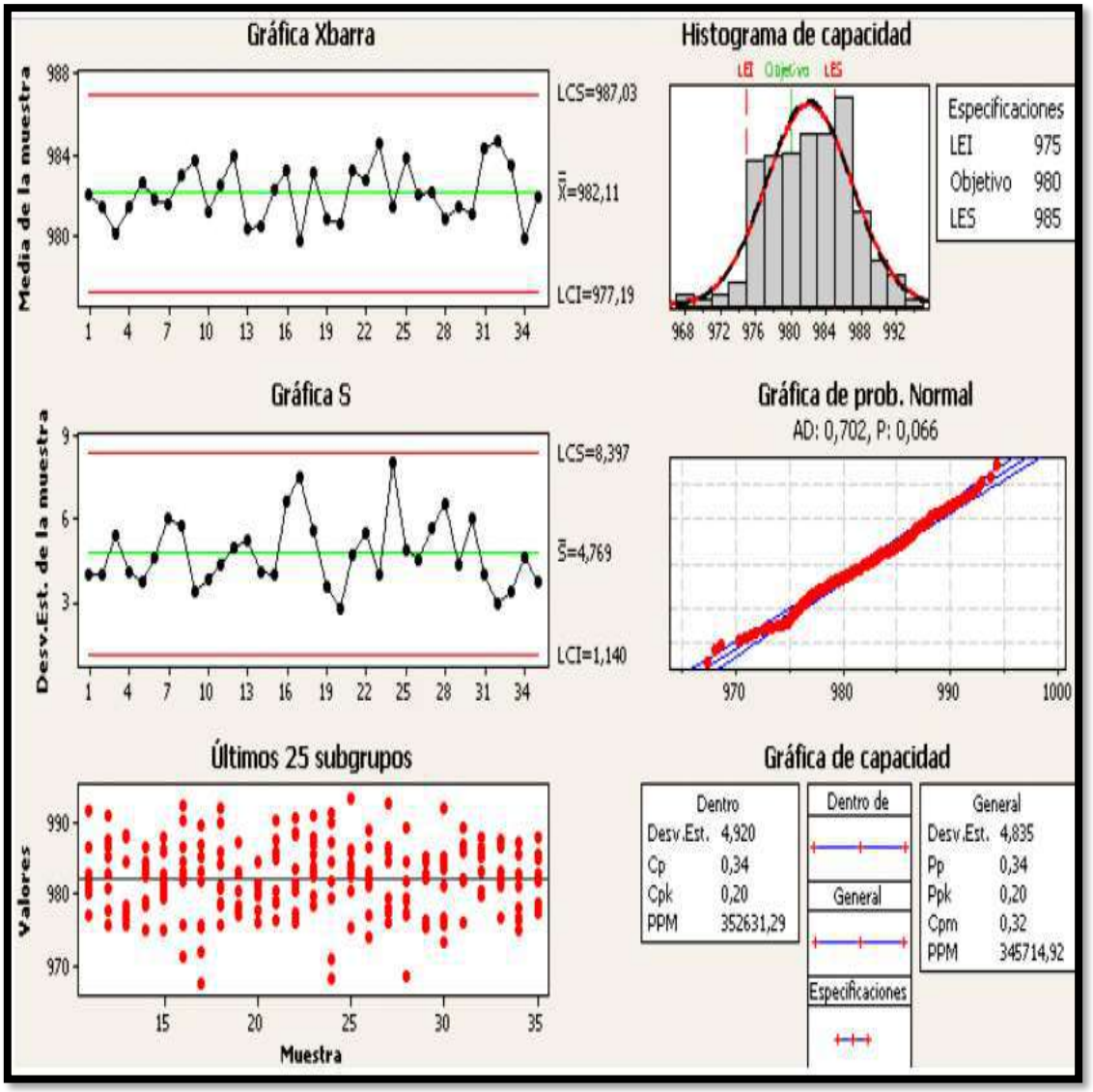


Figura 11. Gráfica de control X-S y Capacidad del proceso Six Pack (Complementario) de la variable de pedo de Leche embolsada.

Elaborado por: (Ferrel, 2016).

La Aplicación del control estadístico de procesos se obtuvo como promedio de los pesos de leche Embolsada un valor de 982,11 gr con una desviación estándar 4,76 y un coeficiente de variabilidad de 0,49, lo que muestra que sí existe variabilidad y es homogénea. El valor de Cp = 0.34, muestra que el proceso No es adecuado para el trabajo y requiere de algunas modificaciones como la compra de una máquina embolsadora. Asimismo, el valor de Cpk = 0.20 indica que la media está dentro de los límites de especificación propuestos por la planta piloto de leche (Peso = 980gr ± 5gr). Al encontrarse que la variabilidad del proceso es debido a causas aleatorias, se recomendó eliminarla haciendo cambios básicos en el proceso, con la adquisición de una Máquina Embolsadora nueva. (Ferrel, 2016)

Debido a esto tenemos que las cartas control proporcionan información sobre la capacidad del proceso y determinar si es capaz o no. La carta de control proporciona información del valor de parámetros importantes del proceso y de su estabilidad con el tiempo con el fin de intentar prevenir y a la vez controlarlo y mantener una estabilidad. Esto permite hacer una estimación de la capacidad del proceso y reducir su variabilidad.

De esta manera su puede evidenciar que tan útil son las cartas de control para poder controlar nuestro proceso y si existen fallas en alguna parte del mismo poder actuar a tiempo y corregirlo, por lo que es muy importante la implementación de esta herramienta en la parte más crítica del proceso y así conseguir una estabilidad contribuyendo a la mejora continua de la calidad en el proceso de fabricación, esto impacta de gran manera a las empresas lácteas ya que estamos ayudando a que no desperdicien su producto o se entregue más de lo que se especifica, con lo cual a la larga llega a generar perdidas de dinero.

2.9.1.3 Carta de control de Mediciones Individuales y Rangos Móviles

Gráfica de mediciones individuales

La carta de individuales es un diagrama para variables de tipo continuo, pero en lugar de aplicarse a procesos semi masivos o masivos como es el caso de la carta X–R, se emplea en procesos lentos, en los cuales para obtener una medición o una muestra de la producción se requieren periodos relativamente largos. (Gutierrez & Vara, 2009)

De acuerdo con (Gutierrez & Vara, 2009) tenemos algunos ejemplos en los cuales se puede emplear este tipo de gráficas de control para poder tener un proceso específico controlado y estable; ejemplos de este tipo de procesos son:

- Procesos químicos que trabajan por lotes.
- Industria de bebidas alcohólicas, en las que deben pasar desde una hasta más de 100 horas para obtener resultados de los procesos de fermentación y destilación.
- Procesos en los que las mediciones cercanas sólo difieren por el error de medición. Por ejemplo, temperaturas en procesos, humedad relativa en el medio ambiente, etcétera.
- Algunas variables administrativas cuyas mediciones se obtienen cada día, cada semana o más. Por ejemplo, mediciones de productividad, de desperdicio, de consumo de agua, electricidad, combustibles, etcétera.

Una carta de valores individuales es una gráfica que se pude usar para inspeccionar los valores individuales de cada muestra y valorar las distribuciones de muestras, con agrupación opcional según variables categóricas. Una gráfica de valores individuales también permite descubrir errores obvios al ingresar los datos. La gráfica de valores individuales le ayuda a darse cuenta de los valores atípicos y forma de la distribución, pero es única, ya que gráfica cada valor por separado. Esto es especialmente útil cuando se tiene relativamente pocas observaciones. Existen muchos procesos o situaciones donde no tiene sentido práctico agrupar medidas para formar nuestras muestras o subgrupos y poder instrumentar la carta X-R por lo que la mejor alternativa es aplicar la carta I-MR.

Gráfica de rangos móviles

La carta de rangos móviles se ha empleado como complemento a la carta de individuales, donde se gráfica el rango móvil de orden 2 para detectar cambios en la dispersión del proceso. Sin embargo, estudios recientes demostraron que la carta de individuales es suficientemente robusta para detectar cambios tanto en la media como en la dispersión del proceso, ya que cuando una medición individual se dispara esto afecta directamente los dos rangos móviles en los que participa. Por ello, hay una tendencia a utilizar sólo la carta de individuales. (Gutierrez & Vara, 2009)

La gráfica es utilizada para monitorear y detectar cambios en la desviación estándar entre las múltiples ubicaciones de un tipo idéntico de características. Por lo que cuando se recolectan datos de forma individuales, usted no puede calcular la desviación estándar de cada uno de los subgrupos. Los rangos móviles son una manera alterna de calcular la variación en procesos, mediante el cálculo de rangos de dos o más observaciones consecutivas. (Moreno, 2017)

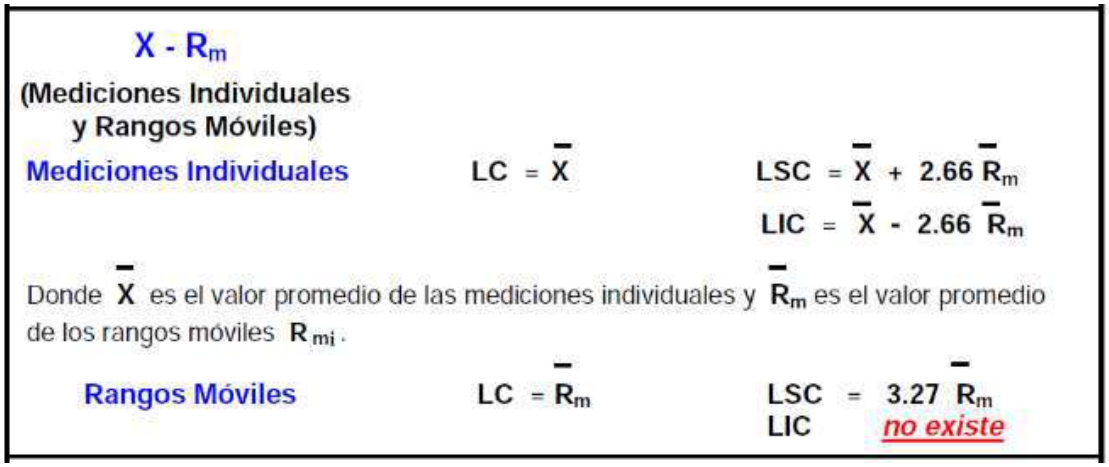


Figura 12. Fórmulas que se utilizan para la carta de control I-RM.

Elaborado por (Cunningham, 2007).

Aplicación de la carta

El presente trabajo está orientado, principalmente, a la aplicación de herramientas estadísticas, así como propuestas de mejora, a fin de evaluar y poder mejorar la capacidad del proceso de producción de leche concentrada homogenizada. Esto mediante los índices de capacidad potencial (Cp) y capacidad real (Cpk), con respecto a las variables solidos totales (%S.T.) y grasa (%G), estando estas dos variables relacionadas directamente con la calidad del producto final (leche concentrada homogenizada), permitiendo de esta manera implantar y garantizar los objetivos planteados bajo la filosofía de prevención, para de esta manera evitar reprocesos, desperdicios y producto final defectuoso. (Peña, 2015)

En las siguientes figuras **13** y **14** se muestran las cartas de control de mediciones individuales y rangos móviles en los que se puede apreciar que no están bajo control estadístico de procesos por lo que es obvio que existen causas asignables que están afectando al proceso; tal y como se puede ver el proceso no es estable ni capaz debido a que existe mucha variabilidad y puntos que están fuera de los límites de control, por lo que se deberá establecer las posibles causas potenciales que están afectando al producto.

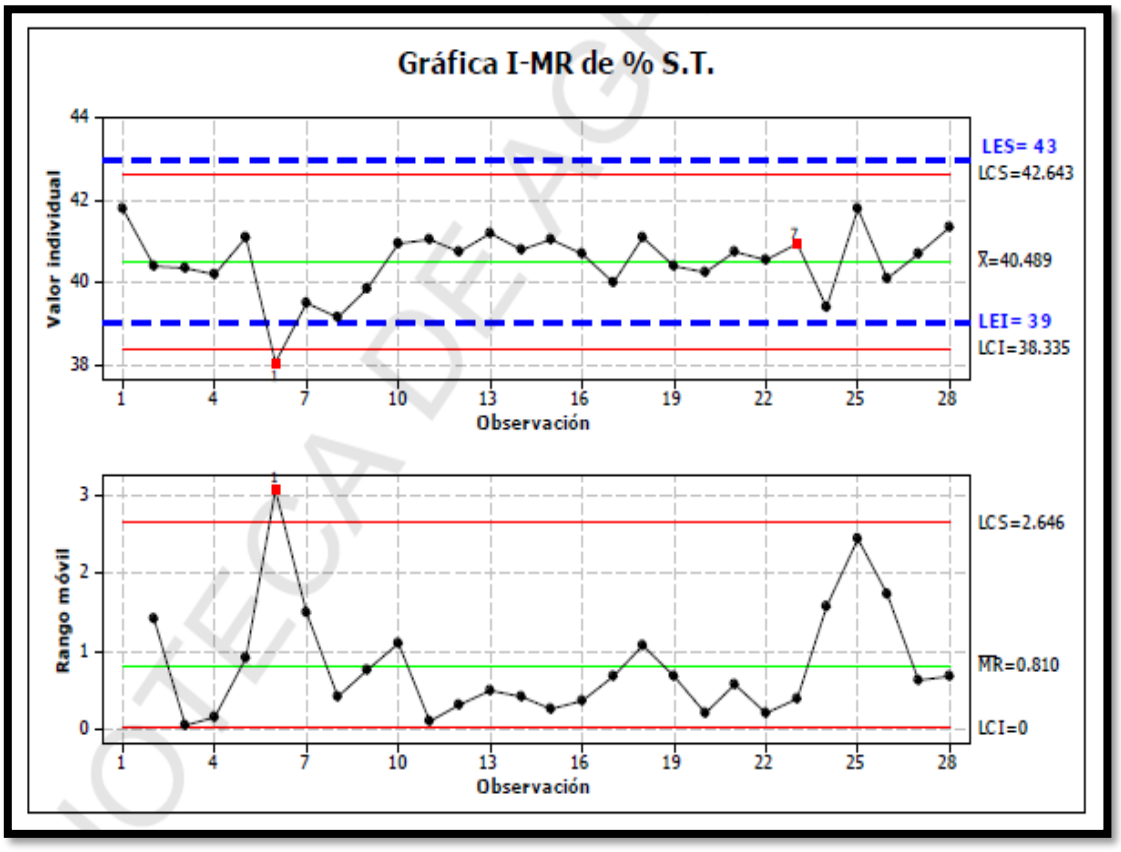


Figura 13. Gráfica de control I-RM para Solidos totales de la leche.

Elaborado por (Peña, 2015)

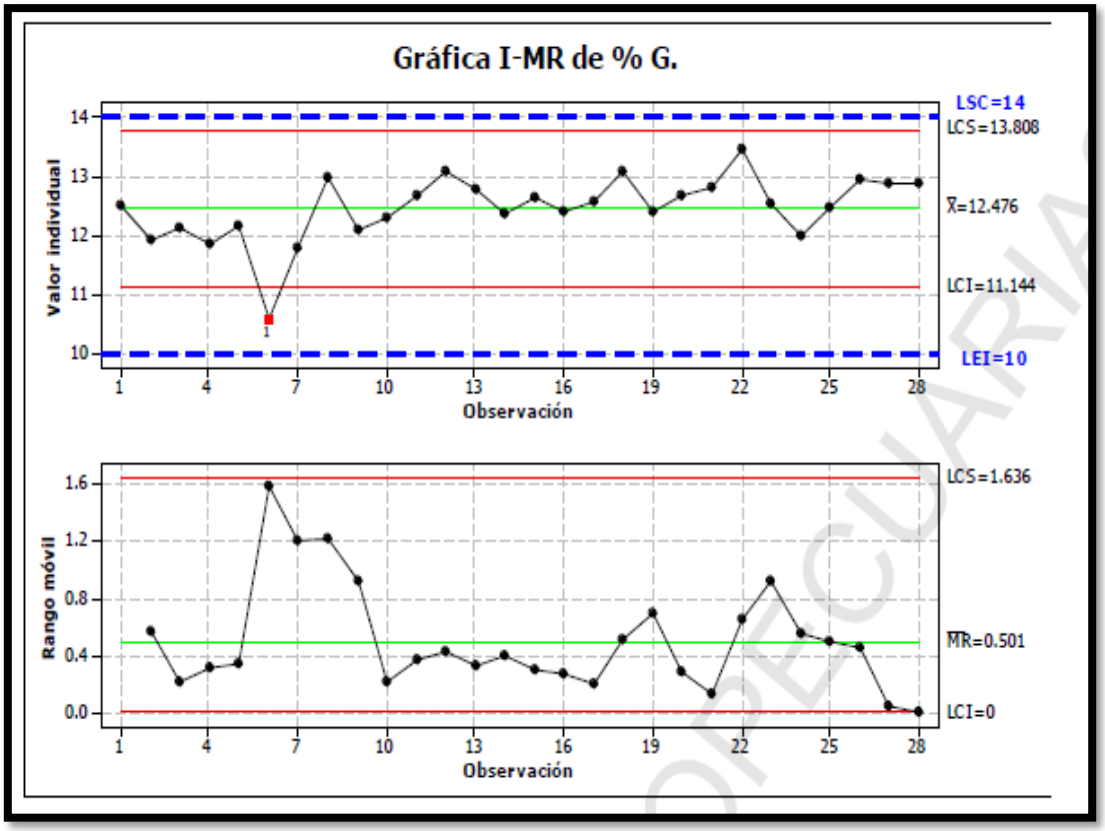


Figura 14. Gráfica de control I-RM para el contenido de Grasa de la leche.

Elaborado por (Peña, 2015)

Se ve que existen datos que están fuera de control estadístico de procesos por lo que se requiere investigar inmediatamente las causas que están generando esta variabilidad, tanto para los sólidos totales como el porcentaje de Grasa (muestra 6 para ambos casos en la carta de individuales) y así conseguir que el proceso vuelva a estar bajo control.

El criterio para la determinación de una causa potencial es la debilidad o carencia de un aspecto que no asegura que el proceso sea capaz y estable, es decir, de carácter preventivo; por ejemplo: en el factor material, la variabilidad en la calidad de leche ocasiona la inestabilidad del proceso debido a factores como % sólidos totales, estabilidad de la leche, % grasa, acidez entre otros factores. (Peña, 2015)

La propuesta de mejora se centra en dos puntos importantes que son; (a) Establecer procedimientos de operación del evaporador, a fin de unificar criterios en los parámetros (temperatura, flujo, tiempo de retención entre otros) para la obtención de leche concentrada según las especificaciones requeridas y (b) Capacitar al personal involucrado en control estadístico e implementar gráficas de control del proceso, así como medir los índices de capacidad por cada lote de producción, a fin de detectar desviaciones en el proceso y poder prevenir producto defectuoso. (Peña, 2015)

Con esto podemos darnos cuenta de que se puede ver en las cartas de control de que el proceso al no estar bajo control estadístico se debe tomar acciones inmediatas para lograr controlarlo y que exista una estabilidad al tomar acciones como ellos mismo se lo plantean y (Peña, 2015) manifiesta que: "Detectada la causa o causas raíz, se procedió a desarrollar el plan de mejora bajo el enfoque del ciclo de Deming o de la mejora continua (PHVA)" (p.34); la cual es una acción factible debido a que presentaran un plan de mejoras para lograr tener una mejora en su producto final.

Gracias a esto tenemos que las cartas de control previenen el ajuste innecesario del proceso. Una carta de control puede distinguir el ruido de fondo de la variación anormal; ningún otro recurso incluyendo el operador, es tan efectivo para hacer esta distinción. Si los operadores del proceso ajustan el proceso con base en pruebas periódicas que no guarden relación con un programa de cartas de control, con frecuencia tendrá una reacción exagerada al ruido de fondo y realizarán ajustes innecesarios. (Cortés, 2013)

2.9.2 Cartas de Control por Atributos

Las cartas de control para atributos son usadas cuando en un proceso los artículos pueden clasificarse como bueno/malo, conforme/no conforme, defectuoso/no defectuoso, etc.; o cuando los defectos pueden contarse, por ejemplo: número de golpes, número de rayas, etc. O en situaciones donde las características de calidad son variables continuas tratadas como atributos, por ejemplo, el diámetro de un objeto del que interesa si pasa o no pasa por un dispositivo sin importar el valor de medición. (Ramirez, 2011)

El autor (Ramirez, 2011) presenta algunas limitaciones de las cartas de control siguientes:

- Se requiere de muestras de tamaño grande para no afectar la eficiencia de la carta.
- Son mayormente aplicables en procesos cuya tasa de productos defectuosos es considerablemente alta.
- Un problema de calidad se detecta hasta que los defectos se presentan. No así en cartas de control para variables, en las que puede evitarse que los defectos se registren gracias a que pueden observarse tendencias en su comportamiento.
- La toma de decisión para clasificar un artículo como bueno o malo se basa en el criterio del personal de inspección, por lo que es necesario el uso de ayudas visuales y capacitación para hacer lo más homogénea y precisa posible la toma de decisiones. (p.35)

2.9.2.1 Carta de control Np

Es posible basar un gráfico de control en el número de defectuosos de la muestra, en lugar de la fracción de defectuosos. A este tipo de gráficos se les llama un gráfico de control np. La teoría en que se basa la construcción de este tipo de gráficos de control es similar a la de los gráficos p. La carta np es una herramienta estadística usada para evaluar el número de artículos defectuosos o el número de artículos no conformes producidos por un proceso. Tenga en cuenta que siempre que una carta np se pueda utilizar también se podrá utilizar una carta p. (Hernández M. , 2009)

Para la utilización de la carta Np se utiliza cuando se desea graficar precisamente las unidades disconformes, y no el porcentaje que éstas representan, siendo constante el tamaño de la muestra. El tamaño de muestras (número de unidades inspeccionadas) debe ser constante y no debe existir variación alguna o podría alterar el proceso de control. Se usa en procesos de montajes complicado y la calidad del producto se mide en términos de la ocurrencia de disconformes. Como solo se requiere un conteo, los cálculos son más sencillos porque controlan las causas atribuibles. Las fórmulas que se utilizan son las siguientes:

$$\bar{p} = \frac{\sum d}{\sum n} = \frac{Total\ de\ defectuosos}{Total\ de\ inspeccionados}$$

$$\boldsymbol{LSC} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}(1-\bar{p})}$$

$$\boldsymbol{LC} = \overline{np}$$

$$\boldsymbol{LIC} = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}(1-\bar{p})}$$

2.9.2.2 Carta de control P

Los diagramas de control por atributos constituyen la herramienta esencial utilizada para controlar características de calidad cualitativas, esto es, características no cuantificables numéricamente. Ejemplos de tales características no medibles son la fracción o porcentaje de unidades defectuosas en la producción (p), el número de unidades defectuosas en la producción (Np). (Loking for quality, 2016)

Este tipo de gráficos se las puede aplicar en situaciones en las que el proceso es una operación de acoplamiento complicada, y la calidad del producto se mide en términos de la ocurrencia de disconformidades, del funcionamiento exitoso o fallido del producto, estos logran siempre la ventaja de que pueden hacer posible analizar varias características

de calidad al mismo tiempo y clasificar los productos como disconformes si no satisfacen las descripciones.

Una Gráfica de Proporciones (o Gráfica p) analiza la proporción de artículos que no cumplen con las especificaciones en un lote producido. Se considera que un artículo es defectuoso cuando éste no cumple las especificaciones. Los datos de atributos por tanto sólo asumen 2 valores: **"bueno" o "malo"** ("aceptable" o "defectuoso"). Para construir una **Gráfica p** se requieren tomar muestras suficientemente "grandes" para que contengan varios artículos defectuosos. Principalmente se busca garantizar que la muestra sea representativa de la población. Es conveniente definir claramente el procedimiento de obtención de las muestras de modo que se puedan identificar posibles causas asignables que expliquen, por ejemplo, una proporción mayor de defectuosos. (Anonimo, 2020)

Esta carta p mide la proporción de unidades defectuosas de una muestra que se inspecciona, Por ejemplo, si tenemos una muestra de 100 productos y 10 de ellos tienen al menos un defecto, hay una fracción defectuosa de 0,1, valor con el cual se trabajaría para la construcción de las cartas de control. Controla la producción en curso y sus proporciones defectuosas; además se utiliza cuando en un muestreo no puede mantenerse constante el tamaño de muestra, esto quiere decir que el tamaño de la muestra (n) varía.

Esta gráfica controla si la fracción p de defectuosas del proceso permanece constante. En una sola carta se puede controlar una, varias o todas las características de calidad del producto por lo que se sugiere que el tamaño de muestra sea al menos de 30 y que el número de subgrupos sea al menos 25 para que exista un mejor control. Las ecuaciones que se utilizan para esta carta son las siguientes:

$$\hat{p} = \frac{\sum d}{\sum n} = \frac{Total\ de\ defectuosos}{Total\ de\ inspeccionados}$$

$$\boldsymbol{n} = \frac{Total\ de\ inspeccionados}{Total\ de\ subgrupos}$$

$$\boldsymbol{LSC} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}\,(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\boldsymbol{LC} = \bar{p}$$

$$\boldsymbol{LIC} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}\,(1-\bar{p})}{n}}$$

Aplicación de la carta

El presente ejemplo se trata sobre la producción de yogurt elaborada en una empresa láctea, en donde el proceso se lo aplica principalmente en la línea final para garantizar la calidad del producto final obtenido.

B	C	D	E	F
Muestra	Producción	Producto Defectuoso	Número de Defectos	Fracción Defectuosa (p)
1	96	8	12	0.083
2	99	12	14	0.121
3	99	17	21	0.172
4	100	16	21	0.160
5	100	9	15	0.090
6	100	15	18	0.150
7	100	18	22	0.180
8	100	14	20	0.140
9	100	15	19	0.150
10	99	14	20	0.141
11	100	17	19	0.170
12	100	15	17	0.150
13	100	15	20	0.150
14	94	8	9	0.085
15	94	10	13	0.106
16	99	22	32	0.222
17	100	15	21	0.150
18	97	12	19	0.124
19	87	9	12	0.103
20	100	12	12	0.120
21	100	13	18	0.130
22	98	18	24	0.184
23	97	14	19	0.144
24	97	13	19	0.134
	2356	331	436	3.360571953
	Producción Total	Total de Producto Defectuoso	Total de Defectos	Suma de Fracción Defectuosa

Tabla 2. Valores para construir la carta de control p.

Elaborado por: (Hernández M. , 2009).

En la siguiente tabla 2 tenemos los datos de 24 muestras de producto producido por turno. En la columna producción tenemos el total de producto fabricado por turno. La columna Producto Defectuoso nos indica el número de artículos defectuosos por turno; la columna Número de Defectos nos indica el número de defectos encontrados en la producción de cada turno, nótese que por cada turno el número de defectos es mayor o igual que el número de defectuosos, ya que un artículo defectuoso puede tener uno o más defectos. Finalmente tenemos la columna de Fracción Defectuosa, la fracción defectuosa de un turno se calcula dividiendo el número de productos defectuosos por la producción de ese turno, es decir, los valores de la columna D divididos por los valores de la columna C. (Hernández M. , 2009)

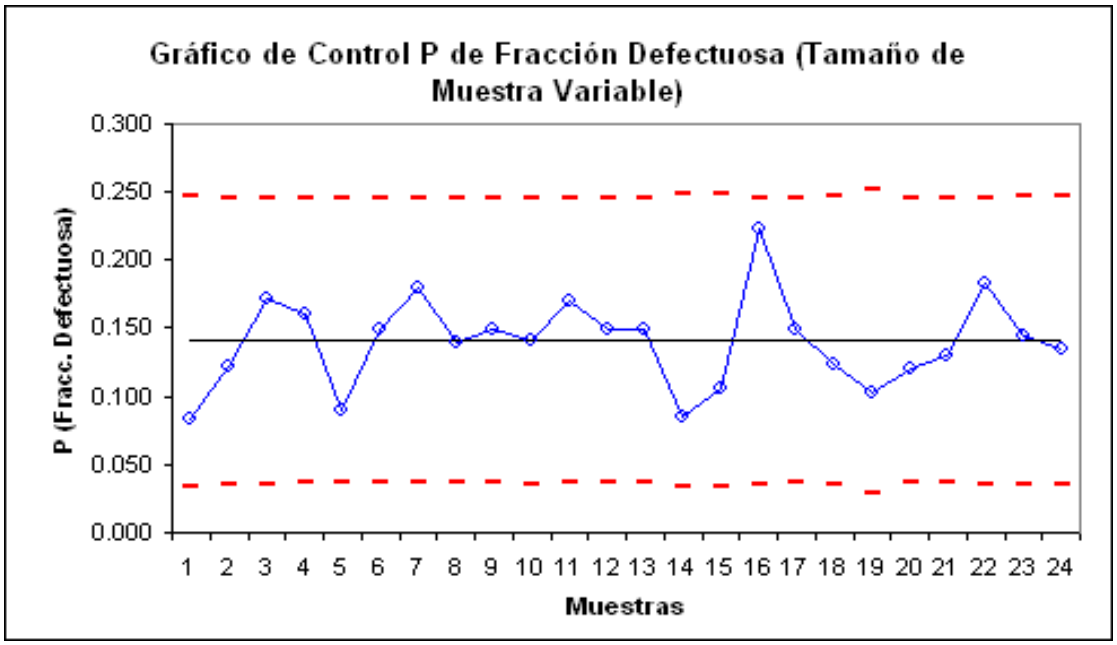


Figura 15. Gráfica de control p de fracción Defectuosa.

Elaborado por: (Hernández M. , 2009).

En la figura 15 se muestra la carta de control **p** en la cual se puede ver que está bajo control estadístico de proceso debido a que ninguna muestra se encuentra fuera de los límites, sin embargo, se debe analizar los factores que inciden que la muestra 16 está cercana al límite superior, con la finalidad de evitarse inestabilidades que afecte al proceso. Esta carta nos permite ver si el producto es bueno o malo de cada muestra tomada en donde se evalúan cada uno de sus productos por turnos y se apuntan sus defectuosos para luego compararlos con los demás y analizar sus resultados.

Con los ejemplos expuestos se puede resaltar lo importante que son las cartas de control dentro de una empresa láctea lo cual puede ayudar de gran manera a la empresa a mejorar su productividad y rendimiento.

El control estadístico de procesos es una metodología simple que resulta en grandes beneficios para el seguimiento de los procesos con baja tasa de defectos y que actualmente, a través de una corrección en los gráficos p basándose en la fórmula de corrección cuantil Cornish-Fisher usan la gráfica p para monitorear procesos de muy alta calidad. (Joekesa & Pimentel, 2013)

SPC facilita la supervisión del rendimiento "en tiempo real" y permite la detección temprana y la intervención en el funcionamiento de los procesos. Hace fácil la interpretación de los gráficos para los operadores y ha demostrado ser útil en la detección y diferenciación de variación sistémica versus individual. (Smith, y otros, 2013)

2.9.2.3 Carta de control C

A veces, el interés no reside en el número de artículos defectuosos sino en el número de defectos en un artículo o unidad de medida o, en general, el número de sucesos o atributos observados por unidad de medida. Por ejemplo, en una película fotográfica interesa controlar el número de defectos por centímetro cuadrado. En un cable de fibra óptica interesa el número de defectos por metro o kilómetro, o el número de averías detectadas por kilómetro una vez enterrado. En una centralita interesará controlar el número de llamadas por hora o minuto. En un puesto de atención a clientes, interesa el número de clientes que llegan por unidad de tiempo. La diferencia respecto al caso de control del número de artículos con cierto atributo es el soporte en el que se observan los sucesos. Mientras que antes el soporte es discreto: muestra de n elementos, ahora el soporte es continuo: tiempo, longitud, superficie. (Sanchez, 2015)

La carta c es una herramienta estadística usada para analizar la variabilidad del número de defectos por subgrupo. Las cartas c responden a la pregunta "¿Tiene una causa especial la variación causada en la tendencia central de este proceso para producir un número anormalmente grande o pequeño de ocurrencias durante el período de tiempo observado?". (Ojeda, 2015) Los límites de control para las cartas c, se los calcula de la siguiente manera:

$$\bar{c} = \frac{\sum c}{g} = \frac{Total\ de\ defectos}{Total\ de\ subgrupos}$$

$$\boldsymbol{LSC} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\boldsymbol{LC} = \bar{c}$$

$$\boldsymbol{LIC} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Esta carta es muy útil utilizar cuando:

- Los Defectos se pueden encontrar por simple inspección pese a debidas causas muy diversas.
- Las Disconformidades se manifiestan de forma continua.
- Cuando se vigila el número de defectos en una muestra de n unidades de inspección y el tamaño de muestra es constante.
- Cuando lo que se quiere controlar son los números de defectos que puedan tener los productos más NO que si están bueno o malos.

2.9.2.4 Carta de control U

La gráfica U mide la cantidad de defectos (discrepancias) por unidad de inspección en subgrupos cuyos tamaños pueden ser variables. Es similar a la gráfica C, con la diferencia de que la cantidad de defectos se expresa sobre una base unitaria. Las gráficas C y U son adecuadas para las mismas situaciones, pero deberán utilizarse, la gráfica U si (a) la muestra incluye más de una unidad o si (b) el tamaño de muestra varía entre subgrupos. (Florez, Florez, & Cogollo, 2019)

El gráfico U se utiliza cuando no es posible tener siempre la misma unidad de medida para contar el número de defectos (o no-conformidades, o clientes, etc.). Entonces, se controla el número medio de defectos por unidad de medida. Por ejemplo: Los elementos a analizar pueden contener un número variable de unidades: por ejemplo, dos rollos de película fotográfica no tendrán exactamente la misma longitud, diferentes láminas de vidrio tendrán distinta superficie Es difícil tomar mediciones a intervalos iguales de tiempo: el inspector puede estar dedicado a varias tareas, por lo que es necesario un esquema de muestreo más flexible. (Sanchez, 2015)

La Carta U es una herramienta estadística usada para evaluar la variación el número promedio de defectos por artículo o unidad. Esta se utiliza cuando no es posible tener siempre la misma unidad de medida para contar el número de defectos (o no conformidades, etc.). Los gráficos U proporcionan pruebas relacionadas con el nivel de calidad, su variabilidad y la presencia o ausencia de causas atribuibles de variación, esta información es muy eficaz para el control de promedio de defectos por unidad.

Las fórmulas que se utilizan son las siguientes:

$$\bar{\boldsymbol{u}} = \frac{\sum \boldsymbol{d}}{\boldsymbol{n}} = \frac{Total\ de\ defectos}{Total\ de\ subgrupos}$$

$$\boldsymbol{LSC} = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$\boldsymbol{LC} = \bar{u}$$

$$\boldsymbol{LIC} = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

El propósito de esta carta es ver el número promedio de defectos por artículo o unidad; por lo cual se usa igual que la carta C, pero aquí se prefiere analizar el número promedio de defectos por artículo o unidad, en lugar del número de defectos por subgrupo; en donde el tamaño de subgrupo n puede ser constante o variable, pero siempre está conformado por varias unidades de referencia o artículos.

Aplicación de la carta

Para el siguiente ejemplo se ha tomado las diferentes muestras que se han observado en donde tenemos los defectos de 24 muestras sucesivas de artículos producidos en 24 turnos sucesivos en el envasado Tetrapak de leche entera en una empresa del sector lácteo.

En esta aplicación de la carta U se identificará el promedio de defectos que tiene el proceso de envasado para lo cual se analiza en 24 turnos diferentes siendo un tamaño de muestra suficiente para lograr detectar si existe o no alguna variabilidad o inestabilidad en el control, por lo que fue conveniente la aplicación de la carta U que se centra en este proceso de acuerdo con los parámetros tomados.

Producción	Producto Defectuoso	Total de Defectos	Promedio de Defectos (U)
96	8	12	0.125
99	12	14	0.141
99	17	21	0.212
100	16	21	0.210
100	9	15	0.150
100	15	18	0.180
100	18	22	0.220
100	14	20	0.200
100	15	19	0.190
99	14	20	0.202
100	17	19	0.190
100	15	17	0.170
100	15	20	0.200
94	8	9	0.096
94	10	13	0.138
99	22	30	0.303
100	15	21	0.210
97	12	19	0.196
87	9	12	0.138
100	12	12	0.120
100	13	18	0.180
98	18	24	0.245
97	14	19	0.196
97	13	19	0.196
2356	331	434	4.408086271

Tabla 3. Valores para construir la carta de control U.

Elaborado por: (Hernández M. , 2009)

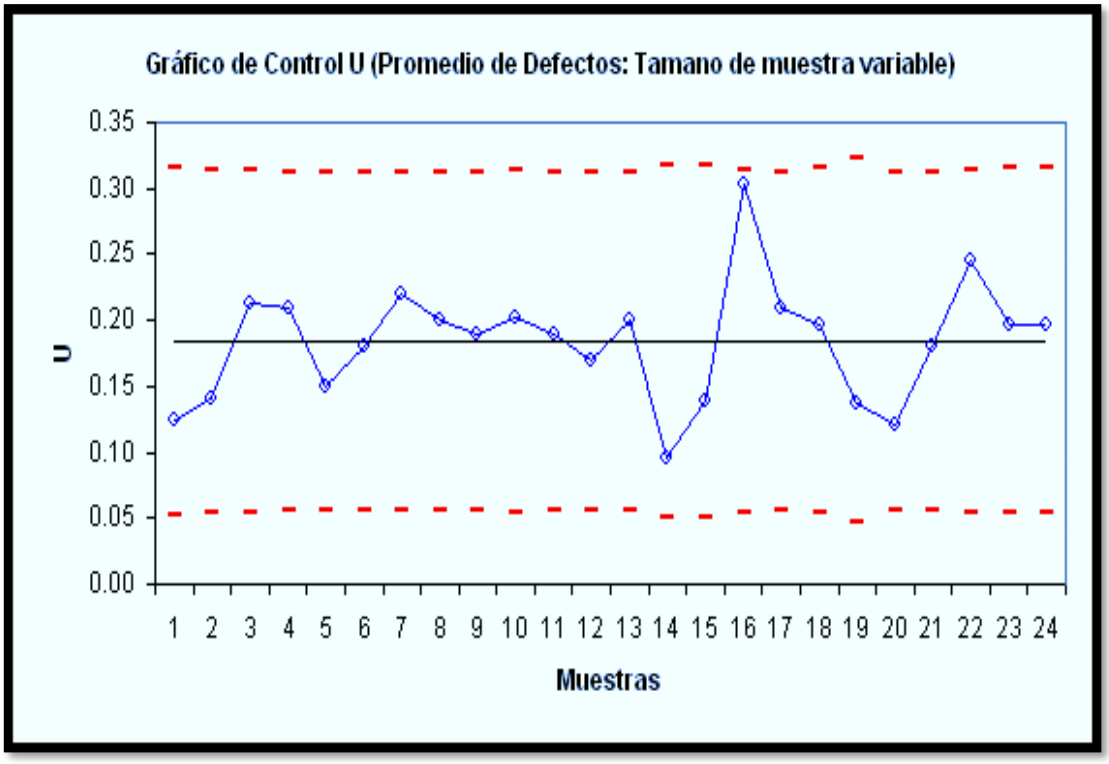


Figura 16. Carta de control U del proceso de envasado de yogurt de la empresa.

Elaborado por: (Hernández M. , 2009)

En la figura 16 se muestra la aplicación de la carta de control U, la cual mide los promedios de defectos que se obtuvieron al analizar cada una de las muestras de leche envasada en los consecuentes turnos, se puede observar que el proceso en sí se encuentra bajo control estadístico de procesos lo cual es bueno para la empresa debido a que en la línea de envasado presenta un proceso estable y poco variado excepto por el promedio la muestra 16.

El Control Estadístico de Procesos se centra en el control de la variabilidad debido a una causa asignable. Por tanto, se logra la estandarización en los procesos y reducción de costos (Govindarajan, y otros, 2010), gracias a ello tenemos una ayuda en la empresa y logramos entender la importancia que tiene esta herramienta metodológica que se puede implementar para lograr tener una mejora continua luego de implementarla.

La implementación del control estadístico de procesos (SPC) ayuda a las industrias manufactureras en la toma de mejores decisiones para el sistema de medición y los 10 procesos de fabricación de una forma integrada y eficiente para lograr la calidad de la producción deseada. (Villeta, Rubio, Valencia, & Sebastián, 2012)

2.10 Interpretación de las Cartas de control

Una señal de que se ha detectado 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 las cartas siguen un comportamiento no aleatorio (por ejemplo, una tendencia a aumentar, un movimiento cíclico, etcétera). En otras palabras, la carta indica que es un proceso estable (bajo control estadístico) cuando sus puntos caen dentro de los límites de control y fluctúan o varían aleatoriamente (con una apariencia errática, sin un orden) a lo ancho de la carta, con mayor frecuencia caen cerca de la línea central. Para facilitar la identificación de patrones no aleatorios lo primero que se hace es dividir la carta de control en seis zonas o bandas iguales (figura 17), cada una con amplitud similar a la desviación estándar del estadístico. (Gutierrez & De la Vara, 2004)

En la figura 17 se puede apreciar los elementos y la estructura básica de cómo es una carta de control en la cual estarán plasmadas sus muestras según la gráfica a utilizarse para poder evidenciar si existe alguna variabilidad en el proceso y poder determinar en donde y como se podrá atacar el proceso y corregirlo a tiempo, debido a que cada carta está basada en el criterio metodológico Six Sigma porque existen 3 desviaciones hacia arriba y 3 desviaciones hacia abajo.

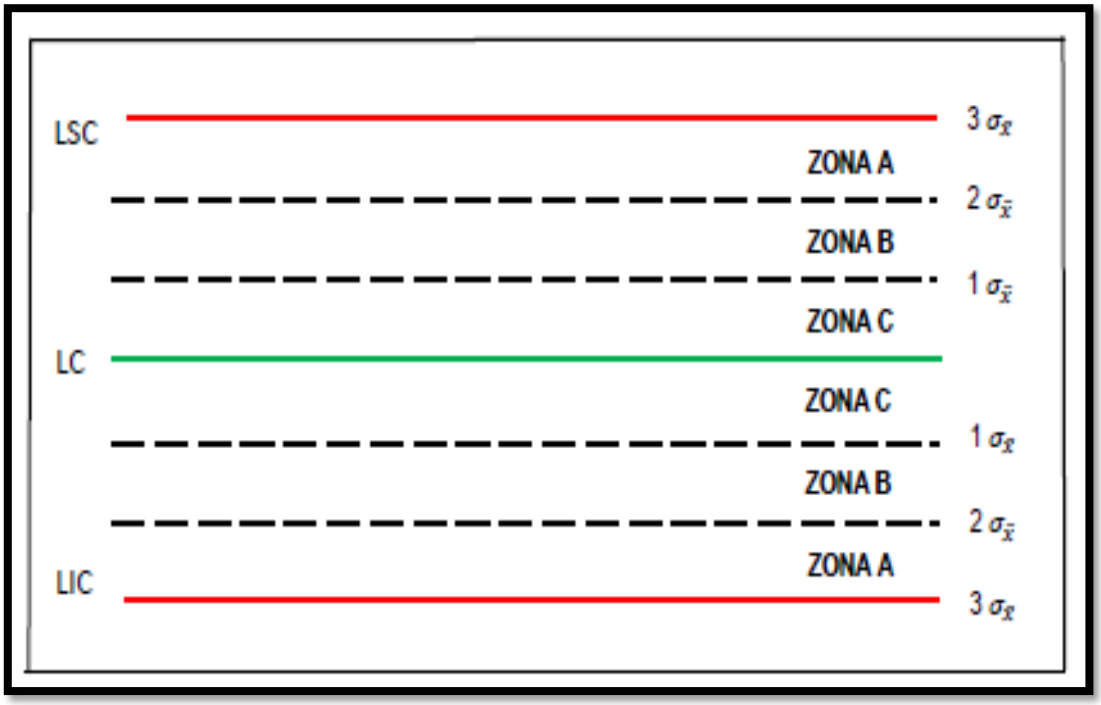


Figura 17. Gráfica de los límites de control delimitado por sus zonas.

Elaborado por: (Montgomery, 2004)

Esto ayudará a identificar cuándo un proceso es inestable y el tipo de causas que ocasionan la correspondiente inestabilidad. Un proceso con pobre estandarización es el resultado de un proceso inestable, donde probablemente haya cambios continuos o intermitentes o pueda generar mucha variación atribuible a materiales, mediciones, formas de trabajo, operación de maquinaria y desajustes, distintas habilidades y destrezas de la fuerza laboral, etcétera. (Pineda, 2016)

Los patrones por controlar dentro de las cartas de control son los siguientes los cuales deben tomarse en cuenta para si es que llegaran a aparecer dentro de un proceso por lo que tenemos lo siguiente:

2.10.1 Patrón 1. Desplazamientos o cambios en el nivel del proceso.

De acuerdo con (Gutierrez & De la Vara, 2004) tenemos el primer patrón de las cartas de control el cual nos dice que: Este patrón ocurre cuando uno o más puntos se salen de los límites de control o cuando hay una tendencia larga y clara a que los puntos consecutivos caigan de un solo lado de la línea central. Estos cambios especiales pueden ser por:

- La introducción de nuevos trabajadores, máquinas, materiales o métodos.
- Cambios en los métodos de inspección.
- Una mayor o menor atención de los trabajadores.
- Que el proceso ha mejorado (o empeorado).

Cuando este patrón ocurre en la carta X, un cambio de nivel significa que el centrado del proceso tuvo cambios. En la carta R y S un cambio de nivel significa que la variabilidad aumentó o disminuyó, aunque por falta de simetría de la distribución de R y S, este patrón del lado inferior de estas cartas se debe ver con más reservas y esperar a acumular más puntos por abajo de la línea central para declarar que hay un cambio significativo (disminución de la variabilidad).

Los criterios usuales para ver si este patrón se ha presentado son:

- Un punto fuera de los límites de control.
- Hay una tendencia clara y larga a que los puntos consecutivos caigan de un solo lado de la línea central. Algunas pruebas concretas para este patrón son las siguientes que se puedan presentar dentro de una carta de control:

a) Ocho o más puntos consecutivos de un solo lado de la línea central.

b) Al menos 10 de 11 puntos consecutivos caen de un mismo lado de la línea central.
c) Por lo menos 12 de 14 puntos consecutivos ocurren por un mismo lado de la línea central. (p,53).

En la figura 18 podemos apreciar cual es la tendencia del proceso en sus datos al obtener un desplazamiento del nivel de este tipo estaríamos encontrando un patrón anormal el cual sería una causa para tomarse en cuenta dentro del proceso y descubrir cuál sería su causa.

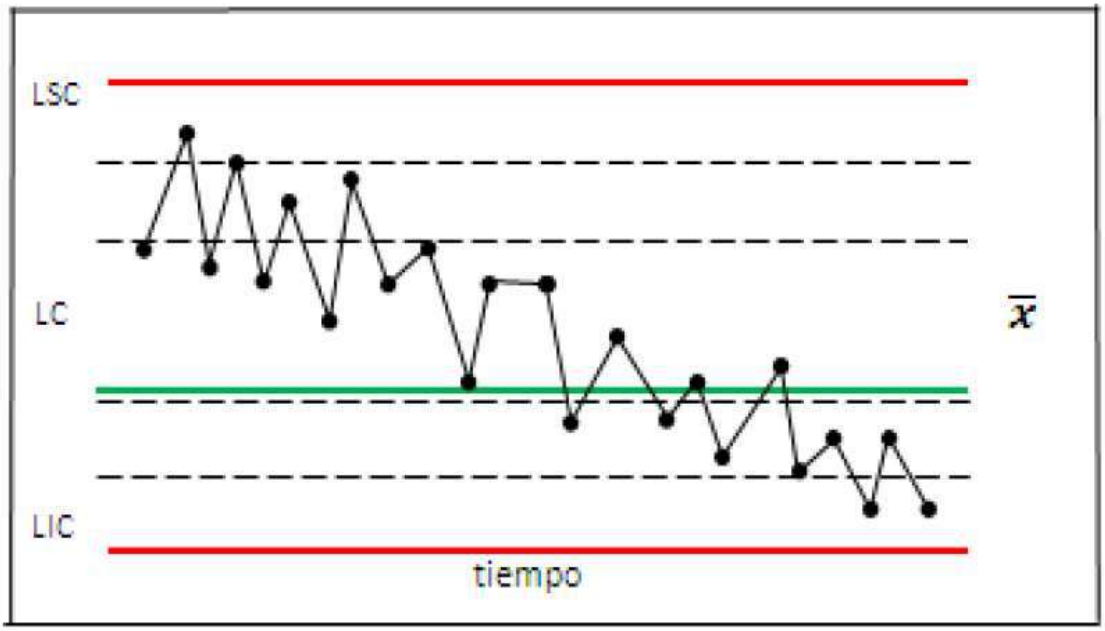


Figura 18. Desplazamiento en el nivel de proceso.
Elaborado por: (Gutierrez & De la Vara, 2004)

2.10.2 Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso

El autor (Pineda, 2016) nos dice que: Este patrón consiste en una tendencia a incrementarse (o disminuirse) de los valores de los puntos en la carta. Una tendencia ascendente o descendente bien definida y larga se debe a alguna de las siguientes causas especiales: Desgaste o desajuste gradual del equipo de producción.

- Desgaste de los dispositivos de equipos.
- Acumulación de desperdicios por falta de limpieza.
- Calentamiento de máquinas.
- Cambios graduales en las condiciones temperatura y humedad relativa. (p. 59)

Estas causas se reflejan prácticamente en todas las cartas excepto en la R y S. Las tendencias de estas cartas son raras, pero cuando se dan, pueden deberse a la mejora o decrecimiento de la habilidad de un operario; fatiga del operario (la tendencia se repetirá en cada turno), y al cambio gradual en la homogeneidad de la materia prima. Para determinar si hay una tendencia en el proceso se tienen los siguientes criterios: Seis o más puntos consecutivos ascendentes (o descendentes). Un movimiento demasiado largo de puntos hacia arriba (o abajo) de la carta de control, aunque no todos los puntos en ascenso (o descenso). En ocasiones pueden presentarse aparentes tendencias ocasionadas por variaciones naturales y del muestreo del proceso, por eso debe ser larga la tendencia para considerarla algo especial. (Gutierrez & De la Vara, 2004)

En la figura 19 se explica el patrón de tendencia que toman las muestras de los datos del proceso que se recolectan para poder elaborar las cartas de control en el cual se puede evidenciar una tendencia ya sea hacia arriba o debajo de por lo menos 6 puntos, lo cual ya es un indicio de que puede estar surgiendo algún error o problema dentro del proceso y que se deberá tomar una decisión para investigarlo y poder corregirlo a tiempo, porque en el futuro puede llegar a ocasionar problemas dentro del proceso.

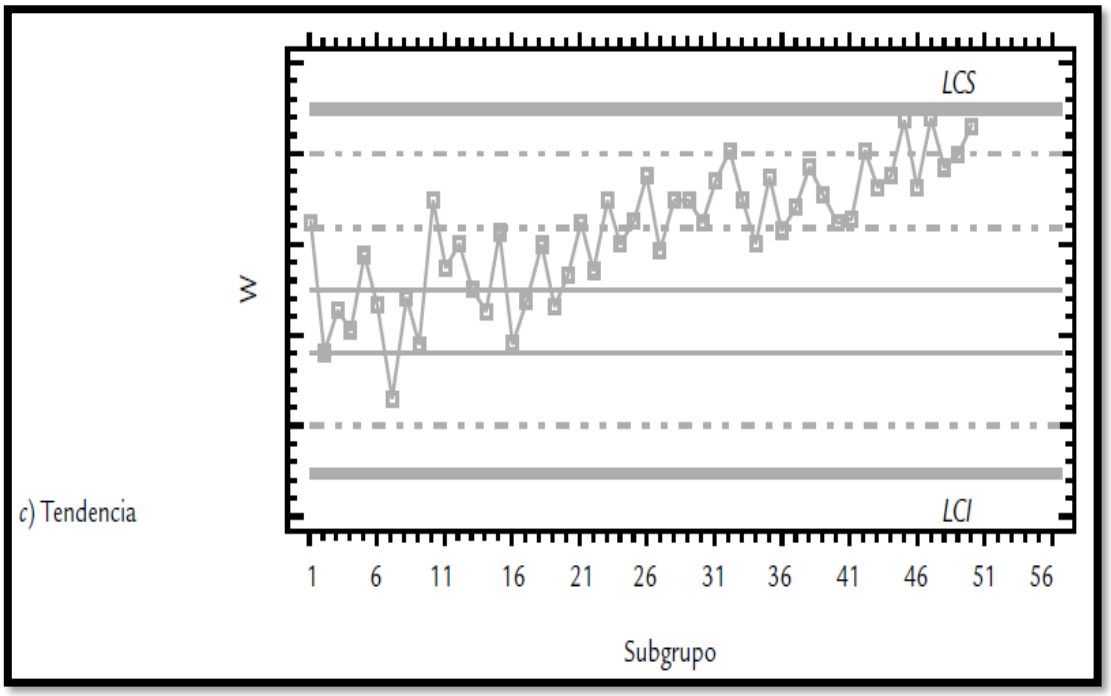


Figura 19. Tendencias en el nivel del proceso.

Elaborado por: (Gutierrez & Vara, 2009)

2.10.3 Patrón 3. Ciclos recurrentes (periodicidad).

El autor (Gutierrez & Vara, 2009) nos dice lo siguiente: Otro movimiento no aleatorio que pueden presentar los puntos en las cartas es un comportamiento cíclico de los puntos. Por ejemplo, se da un flujo de puntos consecutivos que tienden a crecer y luego se presenta un flujo similar, pero de manera descendente y esto se repite en ciclos (véase figura 20). Cuando un comportamiento cíclico se presenta en la carta X, entonces las posibles causas son:

- Cambios periódicos en el ambiente.
- Diferencias en los dispositivos de medición o de prueba que se utilizan en cierto orden.
- Rotación regular de máquinas u operarios.
- Efecto sistemático producido por dos máquinas, operarios o materiales que se usan alternadamente.

Si el comportamiento cíclico se presenta en la carta R o S, entonces algunas de las posibles causas son el mantenimiento preventivo programado o la fatiga de trabajadores o secretarias. Las cartas p, np, c y u son afectadas por las mismas causas que las cartas de medias y rangos. (p.199)

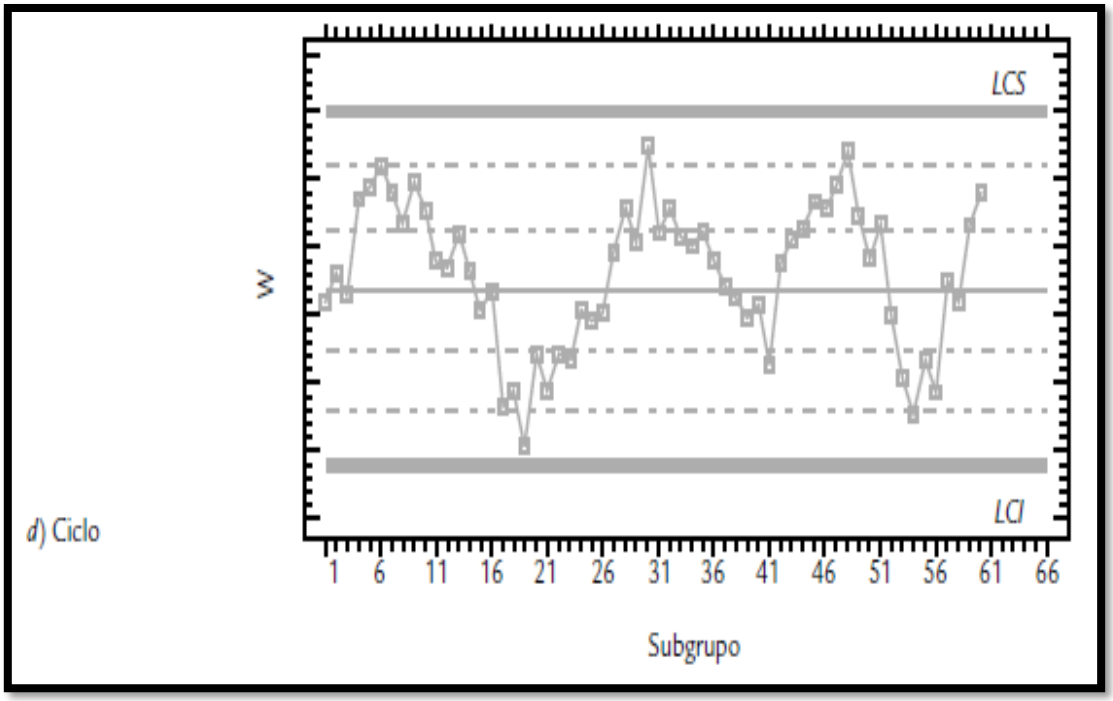


Figura 20. Gráfica con ciclos recurrentes o de periodicidad.

Elaborado por: (Gutierrez & Vara, 2009)

2.10.4 Patrón 4. Mucha variabilidad.

Una señal de que en el proceso hay una causa especial de mucha variación, se manifiesta mediante la alta proporción de puntos cerca de los límites de control, a ambos lados de la línea central, y pocos o ningún punto en la parte central de la carta. En estos casos se dice que hay mucha variabilidad. Algunas causas que pueden afectar a la carta de esta manera son: Sobre control o ajustes innecesarios en el proceso. Diferencias sistemáticas en la calidad del material o en los métodos de prueba. Control de dos o más procesos en la misma carta con diferentes promedios. (Cruz, 2013)

Mientras que las cartas se pueden ver afectadas por la mezcla de materiales de calidades bastante diferentes, diversos trabajadores utilizando la misma carta (uno más hábil que el otro), y datos de procesos operando bajo distintas condiciones graficados en la misma carta. El criterio para detectar alta proporción de puntos cerca o fuera de los límites es el siguiente: Ocho puntos consecutivos a ambos lados de la línea central con ninguno en la zona C. (Gutierrez & De la Vara, 2004)

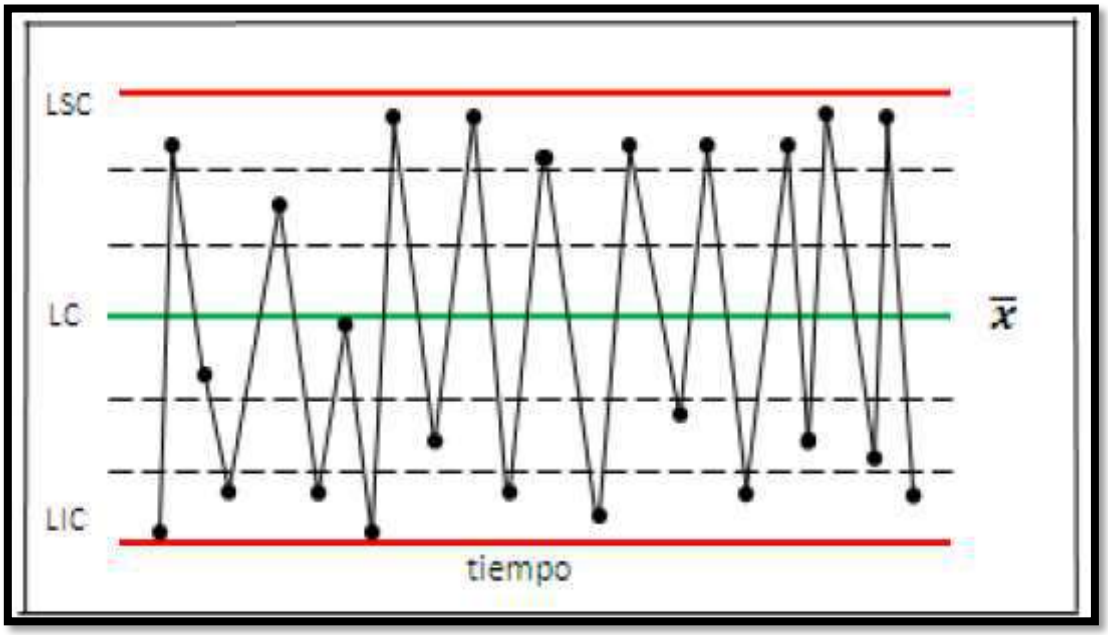


Figura 21. Gráfica con mucha variabilidad en el proceso.

Elaborado por: (Gutierrez & De la Vara, 2004)

En la figura 21 se puede ver que cuando las muestras de un proceso presentan este patrón en particular se tiene que existen muchos picos tanto arriba como abajo del límite central por lo que es un proceso que es muy inestable y que no ayuda a la empresa y hay que tomar decisiones rápidas para poder controlarlo y disminuir esa variación y tratar de controlar el proceso.

2.10.5 Patrón 5. Falta de variabilidad (estatificación).

El autor (Peña, 2015) manifiesta que: Una señal de que hay algo especial en el proceso es que prácticamente todos los puntos se concentren en la parte central de la carta, es decir, que los puntos reflejen poca variabilidad o estatificación. Algunas de las causas que pueden afectar a todas las cartas de control de esta manera son:

- Error en el cálculo de los límites de control superior e inferior.
- Error en el tratamiento de los datos provenientes de universos con medias diferentes, que al combinarse se compensan unos con otros.
- Mal procedimiento de muestreo.
- Carta de control inapropiada para el estadístico graficado.

Para detectar la poca variabilidad se tiene el siguiente criterio: Quince puntos consecutivos en la zona C, arriba o abajo de la línea central. (p.59)

Tal y como se puede ver en la figura 22, existe una carta de control con una falta de variabilidad la cual puede estar sujeta a los diversos factores descritos anteriormente lo cual también demuestra que no está bien la recolección de las muestras o que el proceso existe una causa de evidencia si se presente este patrón en particular lo cual se deberá verificar y constatar.

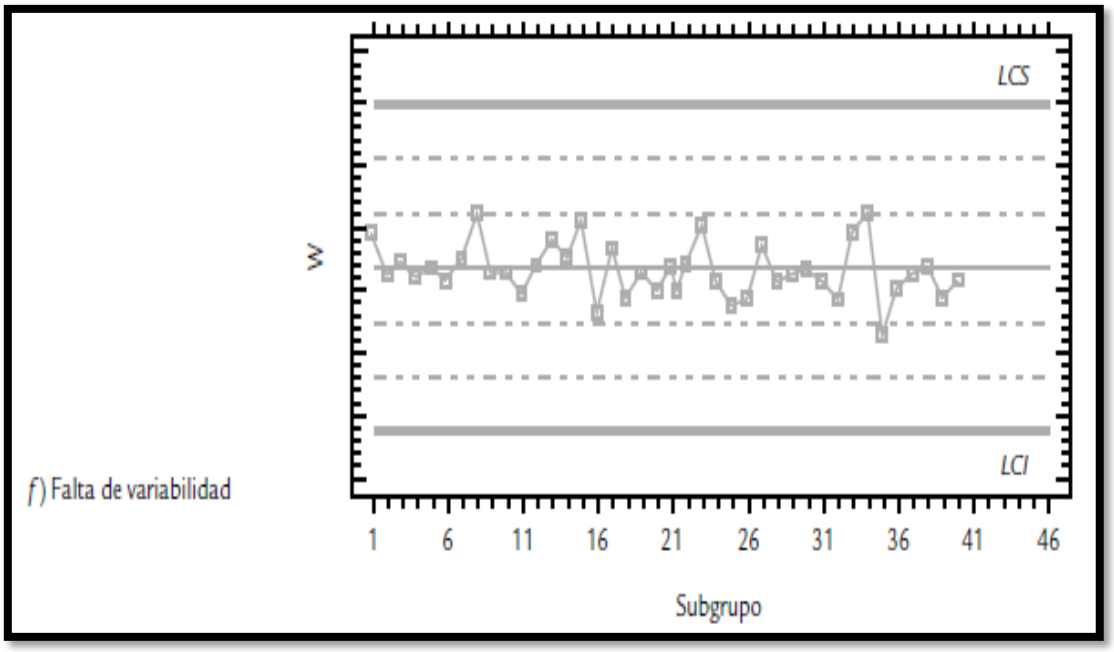


Figura 22. Gráfica de falta de variabilidad dentro del proceso.

Elaborado por: (Gutierrez & Vara, 2009)

En otras fuentes de consulta también tenemos las siguientes reglas que se observan en las cartas de control un resumen abordado por otro autor el cual nos ayuda de la misma manera para tener presentes las siguientes consideraciones presentadas en la siguiente figura 23.

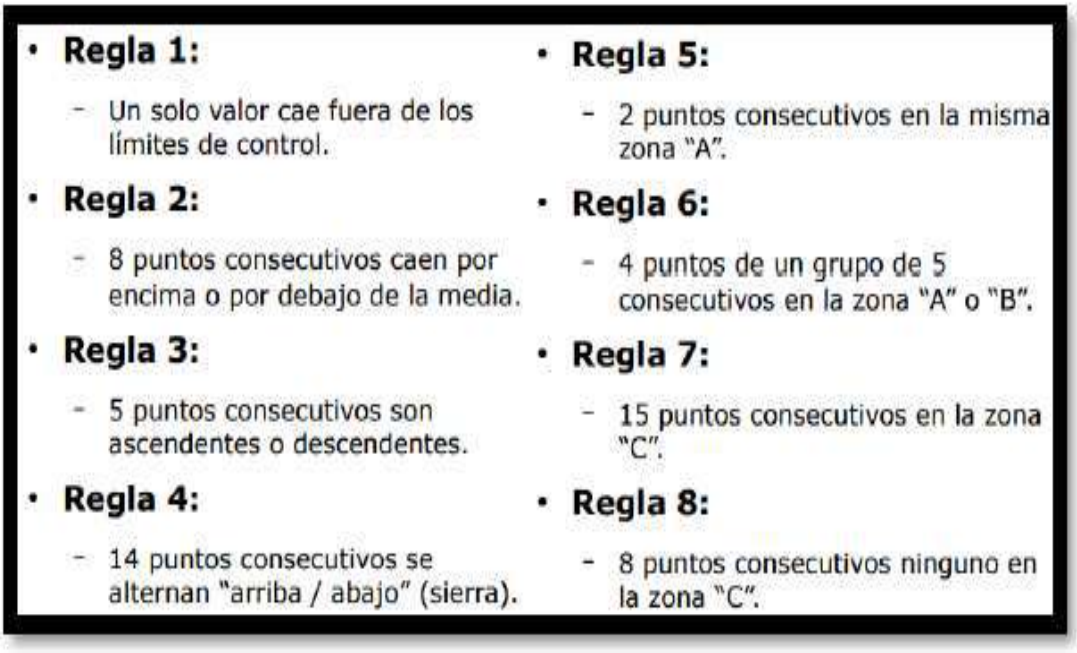


Figura 23. Gráfica resumen de las reglas que se pueden presentar dentro de carta de control estadístico de proceso.

Elaborado por: (Jaramillo, 2018).

Si dentro de las cartas de control existe algunas de estas reglas a consideración tenemos que tomar acciones para tratar de corregir cada una de ellas por lo que las cartas control proporcionan información de diagnóstico. Frecuentemente, el patrón de los puntos de una carta de control incluirá información con valor de diagnóstico para un operador o ingeniero con experiencia. Esta información permite la implementación de un cambio en el proceso que mejore su desempeño.

Una vez recaba la información suficiente en cuanto a lo que es el control estadístico de procesos sabemos y conocemos como es la siguiente metodología que queramos implementar dentro de la línea de producción, en la parte más critica del proceso por lo que esto contribuirá de gran manera al control y estabilidad de ello y así mejorar cada ámbito de la empresa que decida implementarla.

Capítulo 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque cualitativo

De acuerdo con Creswell (2017) este enfoque permite explorar y entender el significado que da o atribuye un individuo o un grupo a un problema humano o social. El proceso de investigación involucra procedimientos y preguntas que van cambiando a medida que se va desarrollando el estudio. La recolección de datos se realiza en el contexto del participante y son analizados de forma inductiva, es decir, que se parte de aspectos particulares para llegar a temas generales. El investigador es quien interpreta el significado de los datos obtenidos. El reporte final suele tener una estructura mucho más flexible. Bajo este enfoque se suelen analizar una mayor cantidad de variables en comparación con el enfoque cuantitativo, y la recolección de información se hace con herramientas como entrevistas y observación. El análisis de datos no es numérico ni estadístico (aunque puede utilizarse cierto nivel de estadística descriptiva) y se enfoca en obtener respuestas subjetivas y experiencias de los participantes del estudio: opiniones, creencias, actitudes, emociones, etc.

Por lo que este enfoque será utilizado dentro de toda la investigación para poder obtener una respuesta al problema anteriormente planteado y demostrar la relevancia que tiene el tema previamente analizado y tomado, debido a que no tenemos una hipótesis sino una formulación del problema es más ideal el tomar este enfoque para dar nuestras respuestas a los diferentes objetivos planteados y conseguir solucionar el problema que se planteó.

3.2 Diseño de Investigación:

En el presente trabajo se realizará una investigación teórica con un enfoque documental, la misma que se ajusta a la selección y recopilación de información por medio de la lectura crítica de documentos y materiales bibliográficos existentes en un documento, con el fin de tener antecedentes para profundizar en las teorías y aportaciones ya emitidas sobre el control estadístico de procesos en la industria láctea en el cual se podrá entender la importancia que tiene dentro de una empresa y su incidencia en los procesos de elaboración de productos.

3.2.1 Investigación sistemática

El método utilizado es la investigación sistemática, la misma se centrará en la búsqueda de información empírica que permitirá ajustar los criterios de elegibilidad de los términos de calidad y control de procesos. Se efectuarán estudios de investigación en función a

implicaciones de la calidad del producto en el control estadístico de procesos en una industria alimentaria (láctea), los resultados obtenidos serán redactados y permitirán conocer el avance y mejoras en la implementación de nuevos conceptos de calidad y métodos para el control de los procesos en una industria láctea a través de la metodología del control estadístico de procesos. (Torres O. , 2020)

3.3 Métodos de Investigación:

- Buscar información pertinente sobre la metodología del control estadístico de procesos, para esto se desarrollará una revisión bibliográfica de artículos científicos respecto al control estadístico de procesos en la industria láctea, información recopilada de las diferentes bibliotecas electrónicas y bases de datos científicas como: Pubmed, Scielo, Dialnet, Science Direct, Wiley y Google Scholar.
- Revisar todos los documentos posibles que permitan la recopilación de información necesaria para dar a conocer la importancia de este tema y su gran relevancia que convendría el implementarla en función de la industria láctea.
- Ordenar y distribuir de manera sistemática todos los temas que involucran a la industria láctea y el control estadístico de procesos, para explicar cómo es su metodología, ventajas, sus gráficas, aplicaciones y la importancia que tiene la misma en este sector.

3.3.1 Método bibliográfico

El método empleado se basa en la revisión de fuentes bibliográficas de artículos científicos, las cuales contribuyen al desarrollo del proyecto según artículos y libros que tratan de calidad del producto y diseño de procesos dentro de una industria láctea.

3.3.2 Metodología de Jerarquización

El concepto de jerarquía entiende la existencia de niveles de superioridad de unos sobre otros. Una de las propiedades manifiesta que se construye una estructura de niveles o multiniveles de un sistema. Para generar modelo jerárquico, se debe tomar en cuenta un campo de percepción en el cual podamos entrar en un sistema u organización como en el caso de las pirámides. Basando el concepto de superioridad establecida por las diferencias o características, podemos clasificar sean respuestas, métodos, teorías o diseños. En el caso de los atributos se puede utilizar diferentes Figuras para representar la jerarquía como se muestra en la Figura 24. (Villa, 2020)

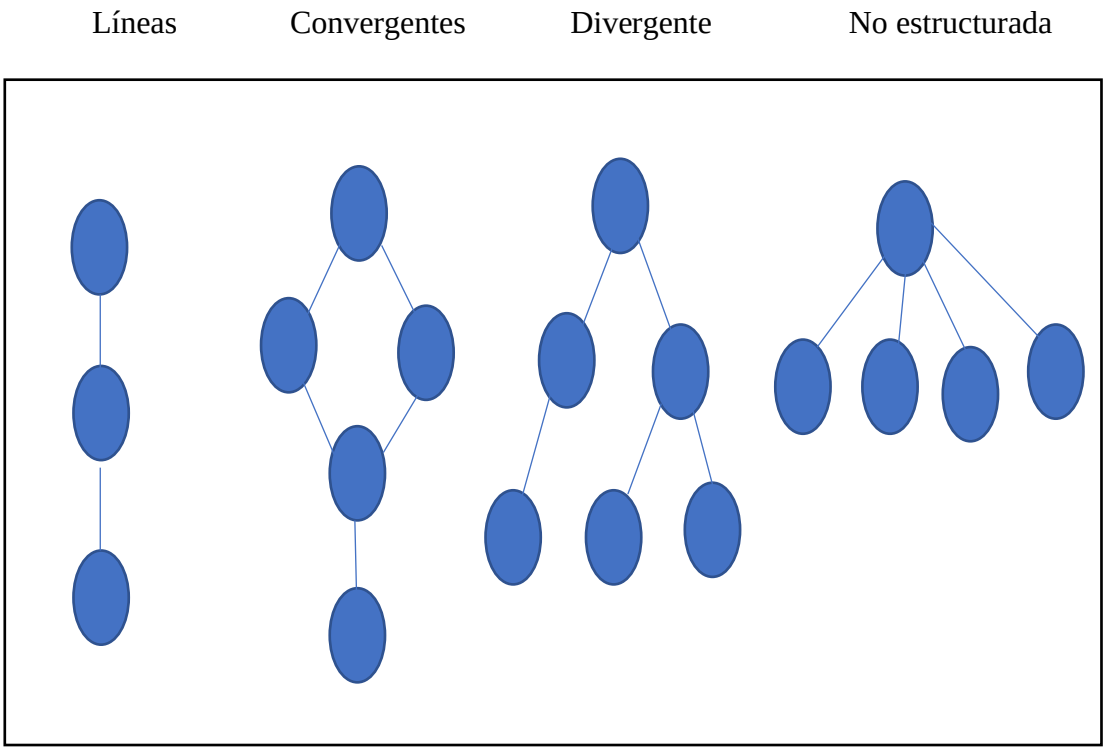


Figura 24. Jerarquías prototípicas de atributos.

Elaborado por: (Perlo, Costa, Lopez, & De la Riestra, 2000)

Capítulo 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Enfocados a la industria

El Control Estadístico de Procesos es una herramienta objetiva que ayuda en la toma de decisiones y facilita el proceso de constante mejora en una empresa, lo cual es una prioridad si una empresa desea triunfar en su negocio. Por lo tanto, y con el fin de buscar formas más eficientes de producir bienes y/o servicios, aparece la necesidad de controlar los procesos al interior de la empresa para que estos puedan alcanzar básicamente 3 objetivos: Mayor calidad, Menor costo unitario, Mayor capacidad efectiva.

En función de esta herramienta, la información más valiosa acerca del desempeño de un proceso proviene, de la comprensión del proceso en sí mismo, más no del estudio de las salidas del proceso, sin querer decir que estas últimas no nos permitan obtener información acerca del actual desempeño. En razón a esto, para medir la variabilidad interna del proceso, debemos enfocar nuestros esfuerzos en características del proceso tales como temperaturas, tiempos de ciclo, tasas de alimentación, ausentismo, rotación, o número de interrupciones.

La implementación de esta herramienta dentro de una empresa y en especial en sectores que manejan líneas de producción (industria láctea), **incidirá positivamente en el control de sus procesos**, por lo que a continuación se detallará con ejemplos de lo que se hicieron 3 empresas diferentes que desean implementar el control estadístico de procesos ,en busca de mejorar en gran parte ya sea su proceso, su calidad, sus ingresos, etc., pero se lograra un bien común para cada una de ellas con los objetivos claros de lo que hace esta metodología en sus procesos de producción.

Ejemplo 1

El presente análisis se basa en el proceso de identificación y propuesta de eliminación de causas en la variabilidad detectada en NIDO 1+, proponer acciones correctivas y en la evaluación de las mismas para observar si son adecuadas para la resolución de la problemática; con el objeto de seguir cumpliendo con las normas y especificaciones nutrimentales que demanda el cliente y a nivel empresa, mantener la minimización de costos de producción y con ello generar mayores beneficios económicos para la empresa. (Bocardo, 2019)

Ejemplo 2

En la presente investigación se busca establecer una alternativa de mejora para la línea de embolsado de la Planta Piloto de Leche UNALM, con la finalidad de mejorar la calidad y determinar el grado de cumplimiento de las especificaciones de calidad, a través del cálculo de la capacidad del proceso, ya que este aspecto remarca siempre la diferencia entre empresas que buscan la mejora continua y la satisfacción de sus clientes. Al encontrarse reclamos en el producto de leche embolsado por productos defectuosos en peso de más del 34 por ciento de cada lote producido. En razón a lo señalado, el objetivo principal del presente trabajo de titulación fue: Aplicar un control Estadístico de procesos en la Planta Piloto de Leche (UNALM) con el propósito de monitorizar y controlar el proceso en la línea de embolsado de leche. (Ferrel, 2016)

Ejemplo 3

Este Proyecto Integrador presenta propuestas de mejora que se derivan del análisis de los procesos productivos en la Empresa La Lácteo S.A. con el fin de obtener un aumento de productividad. El estudio cuenta con un mapeo de los procesos de elaboración de todos los productos que se encuentran en régimen de producción, considerando desde la

operación de recepción de materia prima hasta el embalaje y despacho del producto terminado. El análisis también contempla los parámetros de control y, actividades vinculadas con la aplicación de herramientas del control estadístico de procesos en los productos que representan el mayor porcentaje del volumen de producción mensual. (Moreyra, 2015)

De acuerdo con los ejemplos señalados podemos ver que cada una de estas empresas lácteas decidieron realizar cambios o mejoras en sus procesos, por lo que al implementar el control estadístico de procesos lo lograran, y cada uno coincide en lo importante que esta herramienta resulta para la mejora continua de sus productos, para los consumidores y de la empresa misma con lo cual hay un beneficio mutuo en potencia.

El control estadístico (CEP) de procesos actualmente: La aplicación del SPC no solo se aplica en la industria de transformación. Actualmente se usa como herramienta en procesos de investigación en áreas médicas, alimentos, nanotecnología y para ello tres ejemplos. (Mendoza & Nuño, 2015)

Investigación y control de pacientes en el área médica: El control estadístico de proceso (SPC) es aplicado para monitorear la estabilidad del proceso de colocación de pacientes en tratamientos de radioterapia. Una vez medidos los errores de colocación, si estos indicaban una pérdida de estabilidad se identifica la causa principal y se procede a eliminarla para prevenir dichos errores. (Govindarajan, y otros, 2010)

Industria alimenticia: Un gran número de datos microbiológicos se obtiene normalmente a diario de las industrias de procesamiento de alimentos con fines de seguimiento (por ejemplo, pasa / no pasa). Mediante la integración de herramientas tales como los gráficos de control y análisis de la capacidad de proceso. La aplicación de este tipo de herramientas es útil para el seguimiento o la optimización de la calidad microbiológica de los productos ya que se pueden producir advertencias por adelantado (es decir, fuera de las situaciones de control) que permite la implementación de las acciones correctivas y de prevención de fallos antes de una salida de estado de control se convierte en una situación fuera de especificación. Por lo tanto, la calidad microbiológica de los productos se puede mejorar y, esencialmente, un proceso de mayor capacidad se puede conseguir a largo plazo. (Mataragas, Drosinos, Tsola, & Zoiopoulos, 2012)

Industria de la construcción. Es usado para la detección de daño en estructuras en salientes. Se basa en los datos obtenidos a partir de las vibraciones libres de la primera

modalidad de la estructura, medida en un sólo un punto. El concepto de la longitud de la señal se introduce aquí como una función para el control estadístico de procesos. Un modelo estadístico consistente con la teoría del valor extremo se ajustó a los datos operacionales y se utiliza para establecer los límites de control. Una estrategia basada en el control de corridas se adopta para aumentar la sensibilidad de la detección. (Zapico, García, González, & Worden, 2011)

Con esto se puede ver que el control estadístico de procesos no solo se lo puede implementar a la industria láctea sino también a diferentes empresas que elaboran sus productos partiendo desde sus materias primas que se tomen hasta obtener un producto final con tal valor agregado que brinde a los consumidores un producto ideal para cada uno de ellos con usos o beneficios específicamente detallados. Esto nos hace ver que tan importante puede llegar a ser este tema para cualquier empresa que se decida en implementarlo no solo por las ventajas y beneficios que brinda sino por el crecimiento que esto genera a la mejora continua de la empresa y así ser una industria altamente competitiva y de gran posición en el mercado.

4.1.2 Resumen de las cartas de control

Luego de la recopilación de todas las cartas de control analizadas y descritas se hará una recopilación de todas para saber cuáles son sus características fundamentales y las diferencias que existen entre ellas, para que al momento de querer utilizar alguna de ellas, se podría saber cuál sería la mejor para controlar nuestro proceso y mantenerlo de manera estable y eficiente, alguna de ellas se podrán implementar dentro un proceso (Anexo 2).

Cada autor contempla de diferentes maneras la utilización de las cartas sus ventajas y beneficios, pero todos llegan a la misma conclusión; es de vital importancia su implementación dentro de la empresa para poder controlar y mantener estable un proceso en el tiempo y así lograr con la contribución de la mejora continua de la empresa debido a que pertenece a una metodología de vital importancia que es el Six Sigma con la cual ya es una metodología grande e importante y marcada y no solo una parte importante de ella, debido a que un plan marcado con este tema puede llegar a contribuir de mejor manera a la ayuda de las empresas que cuenten con este sistema de calidad que una industria decida implementar, a continuación, se presenta dicho resumen de cada carta de control que se investigó con cada una de las características importantes que posee cada una de ellas y el cómo poder diferenciarlas.

Cartas de control para variables	
Tipo de Carta de Control	Definición
Carta de control X-R	Diagramas para variables que se aplican a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtiene un subgrupo de productos, se miden y se calcula la media y el rango R para registrarlos en la carta correspondiente.
Carta de control X-S	Diagrama para variables que se aplican a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar pequeños cambios. Por lo general, el tamaño de los subgrupos es n > 10.
Carta de control x (individual) y rangos móviles	Es un diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos y/o donde hay un espacio largo de tiempo entre una medición y la siguiente.
Cartas de control para atributos	
Tipo de Carta de Control	Definición
Carta de control p	Muestra las variaciones en la fracción de artículos defectuosos por muestra o subgrupo; es ampliamente utilizada para evaluar el desempeño de procesos.
Carta de control np	Diagrama que analiza el número de defectuosos por subgrupo; se aplica cuando el tamaño de subgrupo es constante.
Carta de control c	Su objetivo es analizar la variabilidad del número de defectos por subgrupo o unidad con un tamaño de subgrupo constante.
Carta de control U	Analiza la variación del número promedio de defectos por artículo o unidad de referencia. Se usa cuando el tamaño del subgrupo no es constante.

Tabla 4. Diferentes cartas de control con su característica principal.

Elaborado por: (Gutierrez & Vara, 2009)

4.1.3 Jerarquía de las cartas

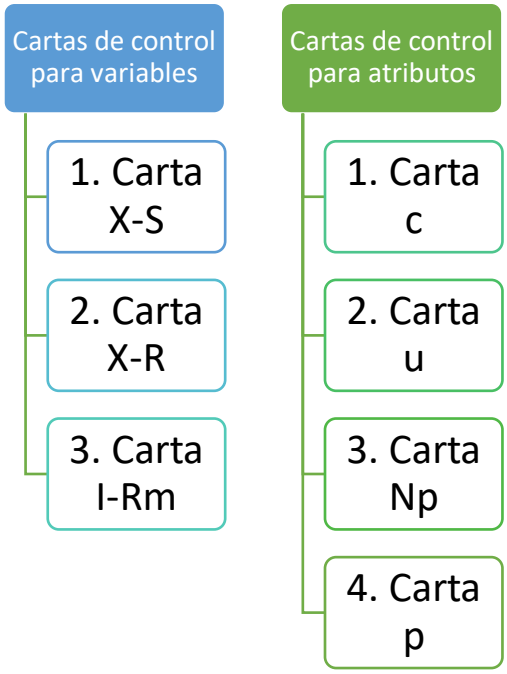


Figura 25. Jerarquías de las cartas de control.

Elaborado por: Elaboración propia

Luego de culminar la presente investigación, se realiza la jerarquización de las 7 cartas de control que existen en el control estadístico de procesos por lo que en la figura 25 detallamos cual es la más importante de acuerdo con la información analizada y la que más se utiliza de acuerdo con sus características, beneficios y aplicaciones primordiales y necesarias que se deseen aplicar al proceso que se requiera controlar dentro de la empresa.

De esta manera tenemos que la carta más importante y la que más se utiliza en concordancia con los autores indagados y en resultado de cada una de sus investigaciones que la Carta de control X-S sería la de más utilidad en el sector lácteo, ya que la misma es más minuciosa debido a que se trabaja con la desviación estándar y es más sensible a los cambios que pueden ocurrir dentro de un proceso de producción.

De las cartas por atributos tenemos que la más importante para utilizar seria la carta C que de manera simultánea se parece a la carta U, pero difieren de sus características que se requiera o necesite, ya sea los defectos por subgrupo o su promedio, lo cual todo dependerá de en donde se aplique esta carta en el proceso o a que proceso se lo aplique para controlarlo, debido a que con estas cartas vemos si algún producto se acepta o se rechaza, ya que las mismas nos permite ver sus defectos finales.

La utilización de esa herramienta permite conocer el comportamiento del proceso y hacer previsiones sobre su desempeño, ese comportamiento es analizado a través de medidas a él asociadas teniendo en cuenta los conceptos de estabilidad y capacidad. Un proceso es considerado estable si el mismo es reproducible. La estabilidad permite prever el desempeño del proceso en ejecuciones futuras y elaboración de planes alcanzables. (Hernández & Silva, 2015)

4.2 Conclusiones

- A través de la bibliografía consultada se verifica que el control estadístico de proceso es una metodología que contribuye a mejorar la calidad en la industria láctea debido a que ayuda al control de sus procesos con el fin de prevenir cualquier variabilidad que afecten a los mismos, inspeccionar sus productos y optimizar costos, y el manejo de la manufactura durante toda la línea de producción, de inicio a fin para lograr y entregar productos de calidad hacia los consumidores.
- De la revisión bibliográfica realizada se concluye la importancia de la implementación de estas cartas dentro de los procesos en una industria láctea, la cual incidiría en el control de producción de leche pasteurizada, quesos, yogurts, mantequillas o en la línea de envasado y calidad del producto final mediante las cartas de control especializadas en ellos.
- El control estadístico de proceso mejora la productividad, al hacer predecible el comportamiento de los procesos, con lo cual hay una mejora de la calidad de los productos al poder reaccionar a tiempo evitando los defectos que se produzcan durante el proceso, así se reducen los desperdicios y existe una mejora continua en las líneas de producción de la empresa por lo que es de vital importancia la implementación de esta metodología.
- Para determinar la incidencia de esta metodología se tiene que el control estadístico es fácil de detectar y ajustar el tipo de deterioro que pasa a uno de otro nivel, el aumento creciente de calidad de los productos, la desviación puede ser identificable y posible de eliminar y se puede tener la adopción de decisiones a corto y largo plazo; lo cual hace que sean unas de las ventajas más importantes que tiene para comprobar la importancia que tiene esta metodología si se la llegara a implementar dentro de cualquier empresa.

- De la información obtenida en cada uno de los trabajos literarios realizados llegamos a la conclusión de que es de vital importancia la implementación de esta metodología, por lo que existen empresas que están optando por incluir esta metodología en la parte más crítica (línea de producción) de su proceso y mejorar así sus productos en busca de la satisfacción del cliente, que es la opinión más importante al momento de incorporar un producto al mercado.
- Se pudo determinar según la investigación realizada, que la carta más importante y la que más se utiliza en concordancia con los autores indagados y en resultado de cada una de sus investigaciones que la Carta de control X-S sería la de más utilidad en el sector lácteo, ya que la misma es más minuciosa debido a que se trabaja con la media y la desviación estándar, aportando más sensibilidad a los cambios (variabilidad) que pueden ocurrir dentro de un proceso de producción.

4.3 Recomendaciones

- El control estadístico de procesos es una parte de un todo, una metodología base para lo que es la implementación de una metodología muy importante conocida como SIX SIGMA, la cual es un tema muy importante que se pueda investigar y desarrollar para analizar cada uno de sus características y beneficios.
- Uno de los temas que se podría investigar como complemento para la investigación y mejora de la calidad en una industria láctea es el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El circulo de Deming de mejora continua.
- Dentro de los temas de acuerdo a las metodologías japonesas que son especialistas en la mejora de la calidad de una empresa se debería tomar en cuenta el siguiente tema para ser investigado, el Método Jidoka: Control y mejora de calidad en procesos, con el cual se mejorará la calidad de los productos en la industria.
- Otro de los temas con el cual se puede mejorar la calidad en una industria láctea es la metodología KANBAN, el cual su finalidad es la disminución de retrasos y la creación de un sistema de producción eficiente.
- Específicamente para la mejora continua de una industria láctea se puede implementar la metodología KAIZEN, con el cual se puede mejorar la calidad de los productos de sus líneas de producción, debido a que su primordial objetivo es brindar al cliente el mayor valor agregado, mediante una mejora continua y sistemática de todos los aspectos en la empresa.

REFERENCIAS

Agudelo Gómez, D. A., & Bedoya Mejía, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 38-42.

Álvarez, L., & Serrano, I. (2009). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA FORCOL LTDA.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Anonimo. (19 de Diciembre de 2020). *Control Estadístico de Procesos: Gráfica de Proporciones (p)*. Obtenido de Gráfica de Control de Proporciones como aplicación del Control Estadístico de Procesos: https://www.gestiondecalidadtotal.com/grafica_de_proporciones.html

Bocardo, A. (2019). *Propuesta de un control estadístico de procesos para disminuir la variabilidad de la fórmula láctea Nido 1+*. Xalapa: Universidad Veracruzana.

Borrego, J. A. (2015). *Control Estadistico de Procesos.* Mexico: CICESE. Obtenido de https://docplayer.es/5576381-Control-estadistico-de-procesos-dr-josue-alvarez-borrego.html

Botero, M., Mendoza, J., & Meza, L. G. (2009). ELABORACIÓN DE CARTAS DE CONTROL X BARRA - S EN EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. *Scientia Et Technica*, *15*(41), 241-245. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/849/84916680043.pdf

Cabo, J. (20 de Diciembre de 2020). *Gestión Sanitaria*. Obtenido de Historia de la calidad: https://www.gestion-sanitaria.com/6-historia-calidad.html

Campos, V. (1992). *Controle da Qualidade Total (estilo japonês).* Belo Horizonte.: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.

Cantú, H. (2011). *Evolución e importancia de la calidad total. En H. Cantú, Desarrollo de una cultura de calidad.* Mexico: McGraw-Hill.

Carro, R., & Gonzalez, D. (2012). *Control Estadistico de Procesos.* Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.

Condori, C., Maque, J., Marchena, J., Martinez, G., & Trujillo, W. (2017). *Control de Procesos-Productos Lacteos La Pradera S.C.R.L.* San Agustin: Universidad Nacional de San Agustin. Obtenido de https://www.academia.edu/33782868/Control_de_Procesos_para_Quesos

Cortés, A. (2013). *Guía para el Control Estadístico del Proceso de acondicionamiento de formas farmacéuticas líquidas mediante cartas de control para datos individuales.* Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Obtenido de https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/qfb/tesis/tesis_cortes_leon.pdf

Cruz, A. A. (2013). *Desarrollo e implementación de una carta control por variables para corridas cortas de producción en los Laboratorios Farmacéuticos Zaragoza.* Mexico: Universidad Autonoma de Mexico.

Cunningham, A. I. (2007). *Introducción al CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS. Estrategias para el mejoramiento de la calidad y la productividad en la industria alimentaria.* Saltillo: ICAIDE.

EcuRed. (28 de Diciembre de 2010). *EcuRed.* Obtenido de Leche: https://www.ecured.cu/Leche

Evans, J., & Linddsay, W. (2008). *Administración y Control de la Calidad: 7ma ed. .* Mexico: Cencage Learning.

Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Control estadìstco de procesos. En: Administración y Control de la Calidad.* (Septima ed.). (S. R. González., Ed.) Mexico: Cengage Learning Editores.

Ferrel, H. (2016). *Aplicación de un Control Estadistico de Procesos en la linea de embolsado de leche pasteurizada.* Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Fischer, A. (1985). The computer - a tool for statistical process control. *Programming of statistical quality control applications.*, 1-7.

Florez, N., Florez, A., & Cogollo, J. (2019). *Notas de control estadistico de la calidad.* La Habana: Editorial Universitaria.

Govindarajan, R., Llueguera, E., Melero, A., Molero, J., Soler, N., & Rueda, C. (2010). El control estadístico de proceso puede ayudar a prevenir los errores de tratamiento sin los costes en radioterapia. *Revista de Calidad Asistencial.*, *25*(5), 281–290.

Güllü, A., & Motorcu, A. (2006). Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability. *Materials and Design*, 364-372.

Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2004). *Control estadistico de calidad y seis sigma 6σ.* Mexico: McGraw-Hill.

Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma.* Mexico: Mc Graw Hill.

Gutierrez, H., & Vara, R. D. (2009). *Control estadistico de calidad y Seis sigma.* Mexico : Mc Graw Hill.

Haridy, S., Wua, Z., & Castagliola, P. (2011). Univariate and multivariate approaches for evaluating the capability of dynamic-behavior processes (case study). *Statistical Methodology*, *8*(1), 185-203.

Hernández, C., & Silva, F. D. (2015). *Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad.* Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.

Hernández, M. (12 de Diciembre de 2009). *Optimización y Estadística (SOE SC)*. Obtenido de Ejemplo: Gráfico de control u, promedio de defectos por unidad (tamaño de muestra variable): https://optyestadistica.wordpress.com/2009/05/19/ejemplo-grafico-de-control-u-promedio-de-defectos-por-unidad-tamano-de-muestra-variable/

Hernández, M. (22 de Dicimbre de 2009). *Optimización y Estadística (SOE SC)*. Obtenido de Gráfico de Control np (número de defectuosos en la muestra) (Tamaño de muestra variable o constante.: https://optyestadistica.wordpress.com/2009/05/31/graficos-de-control-np-numero-de-defectuosos-en-la-muestra/#:~:text=Es%20posible%20basar%20un%20gráfico,la%20de%20los%20gráficos%20p.

Jaramillo, C. (2018). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA IMPTEK - CHOVA DEL ECUADOR PLANTA EL INGA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE ESPESORES Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (SPC).* Sangolqui: ESPE. Universidad de las Fuerzas Armadas.

Joekesa, S., & Pimentel, E. (2013). An improved attribute control chart for monitoring nonconforming proportion in high quality processes. *Control Engineering Practice*, *21*(4), 407-412.

Kumar, D. (2009). *Controlar. En: Six Sigmas Las mejores practicas.* Bogota: Editores.

Loking for quality. (4 de Octubre de 2016). *CONTROL POR ATRIBUTOS.* Obtenido de GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.: http://graficadecontrolatributo.blogspot.com/2016/10/graficas-de-control-por-atributos-los.html

MAG. (12 de Noviembre de 2020). *Ministerio de Agricultura y Ganaderia.* Obtenido de "Ecuador se Nutre de Leche" y el sector lácteo se fortalece con apoyo del Gobierno Nacional: https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-nutre-de-leche-y-el-sector-lacteo-se-fortalece-con-apoyo-del-gobierno-nacional/

Mataragas, M., Drosinos, E., Tsola, E., & Zoiopoulos, P. (2012). Integrating statistical process control to monitor and improve carcasses quality in a poultry slaughterhouse implementing a HACCP system. *Food Control*, *28*(1), 205-211.

Mendoza, V., & Nuño, P. (2015). El control estadístico de procesos (SPC): aplicaciones y beneficios en la industria. *Revista Mexicana de Calidad*, 1-13.

Merchan, D., Maldonado, E., Palacios, I., & Delia., H. (2017). Análisis del desarrollo de la agroindustria en el Ecuador. *Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial*, *3*(10), 19-24. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Estrategias_del_Desarrollo_Empresarial/vol3num10/Revista_de_Estrategias_del_Desarrollo_Empresarial_V3_N10_3.pdf

Montgomery, D. (2004). *Control estadístico de la calidad.* (Tercera ed.). Mexico: Limusa Wiley.

Montgomery, D. (2004). *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade.* Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

Moreno, C. (8 de Junio de 2017). *Uso de Herramientas estadisticas con minitab.* Obtenido de Estadística Aplicada al Control de Calidad & Seis Sigma.: https://es.slideshare.net/cesarmoreno92/uso-de-herramientas-estadisticas-con-minitab

Moreyra, R. (2015). *Plan de Mejora de Productividad en la Industria Láctea, Sustentado en el Uso de las Herramientas del Control Estadístico de Procesos C.E.P.* Cordoba: Universidad Nacional de Cordoba.

Ojeda, V. (2015). *MEJORA DE UNA LINEA DE PRODUCCIÓN FLEXOGRAFICA MEDIANTE ANALISIS ESTADISTICO.* Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/98133/D-CD71870.pdf

Ortega, G. (2017). *APLICACIÓN DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL DE MEDIAS Y RANGOS EN EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL QUESO FRESCO.* Machala: Universidad Tecnica de Machala.

Ortiz, Y., & González, I. (2018). Control estadístico de procesos en organizaciones del sector servicios. *Respuestas*, *23*(1), 42-49. doi:https://doi.org/10.22463/0122820X.1500

Patiño, J., & Serna, V. (2019). *CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PARÁMETROS DE RECEPCIÓN DE LECHE CRUDA EN UNA EMPRESA LECHERA EN MANIZALES.* Bogota: Fundación Universitaria Los Libertadores.

Peña, M. O. (2015). *Aplicacion del control estadistico en el proceso de evaporacion de leche y propuesta de plan de mejora en una empresa dedicada a la concentracion de leche fresca.* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Perlo, C., Costa, L., Lopez, M., & De la Riestra, M. (2000). Aprendizaje organizacional y poder; jerarquía, heterarquía, holoarquias y redes. *Rosario Santa Fé. Argentina*, 5-10.

Pineda, J. C. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO PARA LA CALIDAD EN LA EMPRESA "SOFOS MULTISPORT" EN LA LÍNEA DE*

CONFECCIÓN DE CALENTADORES PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DEL PROCESO Y PRODUCTIVIDAD. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Ramirez, E. (2011). *Control Estadístico de Procesos por Atributos: Caso ZF Sachs.* Saltillo: CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES. S. A. de C. V.

Real, L. (2013). Industria láctea con mejores condiciones de producción. *Empresarial*, *1*(226), 36-39. Obtenido de https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/226_004.pdf

Ruiz, A., & Rojas, F. (2006). *Control estadistico de proceso.* Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

Ruiz, A., & Rojas, F. (2009). *Herramientas de la calidad.* Madrid: Universidad Pontificia Comillas. Obtenido de https://web.cortland.edu/matresearch/HerraCalidad.pdf

Rungtusanatham, M. (2001). Beyond improved quality: the motivational effects of statistical process control. *Journal of Operations Management*, *19*(1), 653-673.

Samohyl, R. W. (2009). *Controle Estatístico de Qualidade.* Brasil: Campus Elsiever.

Sanchez, I. (2015). *Control de procesos por atributos.* Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/leganes/ing_telecomunicacion/metodos_mejora_calidad/MEMC/doc_generica/Temario/CapCAtributos/CapCAtributos.pdf

Sevillano, M. (10 de Abril de 2015). *ISOTools. Blog Calidad y Excelencia*. Obtenido de El control estadístico de procesos. Conceptos básicos.: https://www.isotools.org/2015/04/10/el-control-estadistico-de-procesos-conceptos-basicos/

Smith, I. R., Garlick, B., Gardner, M. A., Brighouse, R. D., Foster, K. A., & Rivers, J. T. (2013). Use of Graphical Statistical Process Control Tools to Monitor and Improve Outcomes in Cardiac Surgery. *Heart, Lung and Circulation*, *22*(1), 92-99.

Socconini, L. (2016). *Lean Six Sigma Yellow Belt.* Roma: Alfaomega.

Torres, K., Ruiz, T., Solís, L., & Martínez, F. (2012). Calidad y su evolución: una revisión. *Química y Farmacia de la Universidad del Atlántico*, 100-106.

Torres, M., & Vásquez, C. (2010). La Calidad: Evolución de su significado y aplicación en servicios. *Ciencias y Tecnología*, 25-30.

Torres, O. (2020). Aspectos pedagojicos del conectivismo y su relacion con redes sociales y ecologías del aprendizaje. *Revista Brasileira.*, 4-15.

Ugur, N., & Caltug, H. (1995). *Statistical quality control.* EE.UU: KOSGEB Education Centre.

Villa, S. (2020). *Implicaciones De La Calidad Del Producto En El Diseño De Procesos Para La Industria Alimentaria'.* Puyo: Universidad Estatal Amazonica.

Villeta, M., Rubio, E., Valencia, J., & Sebastián, M. (2012). Integrating the continuous improvement of measurement systems into the statistical quality control of manufacturing processes. *A novel link. CIRP Annals - Manufacturing Technology*, *61*(1), 507-510.

Zamorán, D. (2012). *Proyecto de Cooperación de Seguimiento para el Mejoramiento Tecnológico de la Producción Láctea en las Micros y Pequeñas Empresas de los Departamentos de Boaco, Chontales y Matagalpa.* Nicaragua: Instituto Nicaraguense de PyMES.

Zapico, J., García, M., González, M., & Worden, K. (2011). Experimental validation of a new statistical process control feature for damage detection. *Mechanical Systems and Signal Processing*, *25*(1), 2513-2525.

Zurita, M. (2018). *Aplicación del Control Estadístico de procesos y diseño de experimentos para identificar condiciones óptimas de operación del proceso productivo de tableros contrachapados en la empresa ARBORIENTE S.A. de la ciudad del Puyo.* Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

Apéndices y/o Anexos

Anexo 1

Glosario

CEP - SPC: Control estadístico del proceso.

Cp: Índice de Capacidad Potencial del Proceso.

Cpk: Índice que toma en cuenta la variabilidad del proceso y su ubicación con relación a los límites.

LSC, **USL:** límite superior de especificación

LIC, **LSL:** límite inferior de especificación

LC: Limite central

TLC: Teorema central del limite

Letras griegas

μ: valores de la media de los datos del proceso

σ: varianza de los datos del proceso

Anexo 2

Diagrama de proceso de un producto lácteo. Elaboración de leche Pasteurizada.



Fuente: (Ferrel, 2016) (p.39)