



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A a través de la metodología Six Sigma para mejorar la calidad del producto en peso.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Alzamora Flores Mayra Jharina

La Torre Barboza Diana Mishelle

Asesor:

Ing. Jimy Oblitas Cruz

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Mayra Jharina Alzamora Flores y Diana Mishelle La Torre Barboza**, denominada:

“Propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A a través de la metodología Six Sigma para mejorar la calidad del producto en peso.”

Ing. Jimy Oblitas Cruz
ASESOR

Ing. Fernando Ortega Mestanza
PRESIDENTE

Ing. Ana Rosa Mendoza Azareño
SECRETARIO

Ing. Karla Sisniegas Noriega
VOCAL

DEDICATORIA

A mis estimados padres Iris y Marco por su apoyo incondicional y confianza que me han brindado durante todo este tiempo, animándome a no darme por vencida e impulsarme a ser mejor cada día.

A mis hermanos Ivana y Saúl por su paciencia en todo este tiempo, por motivarme a ser mejor persona cada día a los cuáles deseo transmitirles valores y conocimientos que les ayude a ser mejores personas cada día.

Mayra Alzamora Flores

Dedico esta tesis a mis padres José y Sonia, por su apoyo, por alentarme día a día, por todo lo que hacen por mí a diario.

A mi hermano Brian porque fue mi fuerza en momentos difíciles, quien siempre me apoyó en todo momento.

A mi abuela Olga porque siempre me alentó a seguir adelante, mostrándome lo orgullosa que se sentía de mí.

Finalmente a mi hermana Gabriela quien es mi mayor motivo para seguir adelante, esperando dejarle un buen ejemplo para que un futuro sea ella una profesional de gran éxito.

Diana La Torre Barboza

AGRADECIMIENTO

En este presente trabajo agradecemos a nuestros padres, hermanos, abuelos por brindarnos su apoyo tanto moral como económico, para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un futuro mejor y ser un orgullo para ellos y de toda nuestra familia.

A la universidad Privada del norte, carrera Ingeniería Industrial, porque nos están formando para futuras Ingenieras Industriales.

De igual manera a nuestros queridos formadores Ing. Elmer Aguilar, Ing. Fernando Ortega, Ing. Cristian Quezada y Lic. Julio Cárdenas y de manera especial a nuestro asesor Ing. Jimmy Oblitas puesto que fue nuestra guía para hacer presente trabajo.

RESUMEN

Los balones de gas en la empresa Caxamarca Gas S.A., presentan una variabilidad en su peso al momento de ser llenados, debido a que su maquinaria no es la más adecuada para este tipo de procesos.

Por ende la propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A. utilizando la metodología Six Sigma mejorará la calidad del producto en peso.

Las técnicas que se utilizaron fueron diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, gráficas de control, encuesta e instrumentos como: papel, lapiceros, Ms Office Excel, Ms Office Word, Ms office Visio, cámara fotográfica y programa statgraphics.

Se logró medir el impacto de la propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP de la empresa mediante la metodología Six Sigma, elevando el nivel sigma de 1.5 a 2.2 y además se logró demostrar cuanto se puede ahorrar económicamente.

Se recomienda que a partir de esta propuesta para que otros proyectos aplicando esta metodología lleguen a niveles más altos de calidad.

ABSTRACT

The gas tanks in the company "Caxamarca Gas S.A", present a variability in their weight when they are filled, because its machinery is not the most suitable for this type of process.

Therefore the improvement proposal in the packaging line of LPG (Liquid Propane Gas) in the company "Caxamarca Gas S.A", using the methodology Six Sigma will improve the product quality in weight.

The techniques used were Pareto chart, cause and effect diagram, control chart, survey and instruments such as paper, pens, Ms Office Excel, Ms Office Word, Ms Office Visio, camera and Statgraphics.

It was possible to measure the impact of the improvement proposal in the packaging line of LPG in the company using the methodology Six Sigma, raising the Sigma level from 1.5 to 2.2 and moreover it was possible to show how much can be saved economically.

It is recommended that from this proposal other projects can apply this methodology and reach higher levels of quality.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Formulación del problema.	4
1.3. Justificación	5
1.4. Limitaciones.....	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Concepto Modelo de Calidad.....	13
2.2.2. Concepto de Seis Sigma	14
2.2.3. Objetivo de la Metodología Seis Sigma	15
2.2.4. Estadística en la Metodología	15
2.2.5. La visión de algunas empresas que se deciden por Seis Sigma.....	17
2.2.6. Seis Sigma como instrumento para mejorar la Calidad.....	17
2.2.7. Métricas del Six Sigma	18
2.2.8. Proceso DMAIC	19
2.2.9. Fase de Definición (Define)	20
2.2.10. Fase de Medición (Measure).....	21
2.2.11. Fase de Análisis (Analyze).....	22
2.2.12. Fase de Mejoramiento (Improve)	23
2.2.13. Fase de Control (Control).....	24
2.2.14. ¿Qué hace diferente a Seis Sigma de la Calidad Tradicional?	25
2.2.15. Gas Licuado de Petróleo (GLP)	26
2.2.16. Propiedades del GLP	27
2.2.17. Diagrama de Pareto	29
2.2.18. Diagrama de Ishikawa.....	30
2.2.19. Eficiencia	30
2.3. Hipótesis.....	30
Formulación de la hipótesis	30
CAPITULO 3.....	31
METODOLOGIA.....	31
3.1. Operacionalización de variables	32
3.2. Diseño de investigación	34
3.3. Unidad de estudio.....	34

3.4.	Población.....	34
3.5.	Muestra	34
3.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	35
3.6.1.	De recolección de información.....	35
3.6.2.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	38
CAPITULO 4.....		39
RESULTADOS.		39
4.1.	Diagnóstico situacional de la empresa.....	40
4.1.1.	Aspectos generales	40
4.1.2.	Descripción de la actividad/Giro del Negocio	40
4.1.3.	Misión	40
4.1.4.	Visión	41
4.1.5.	Organigrama.....	41
4.1.6.	Personal	43
4.1.7.	Infraestructura, Máquinas, Equipos y Herramientas.....	44
4.1.8.	Proveedores y Clientes.....	46
4.1.9.	Competencia	47
4.1.10.	Offering	47
4.2.	Diagrama de proceso de la producción de cilindro de GLP de 10 Kg.....	49
4.3.	Resultados del diagnóstico.	50
4.4.	Diseño y desarrollo de la propuesta de mejora.	53
4.5.	Resultados de la implementación de la propuesta de mejora.	70
4.6.	Medición de los Indicadores después de la implementación.....	72
4.7.	Resultados del análisis económico	79
CAPITULO 5.....		96
DISCUSIONES.		96
Conclusiones		99
Recomendaciones		100
Referencias Bibliográficas		101
Referencias de tesis		104
ANEXOS.....		105
	Anexo 1: Distribución Normal.....	106
	Anexo 2: Campana de Gauss	106
	Anexo 3: Muestra de 104 balones de gas en el primer turno de labor en la empresa Caxamarca Gas S.A. (datos obtenidos por permiso de la empresa)	107
	Anexo 4: Gráfica primer turno	110
	Axo 5: Reporte de Sub Grupos primer turno	111

Anexo 6: Prueba de rachas primer turno.....	112
Anexo 7: Muestra de 104 balones de gas en el segundo turno de labor en la empresa Caxamarca Gas (datos obtenidos por permiso de la empresa).....	113
Anexo 8: Gráfica segundo turno.....	116
Anexo 9: Reporte de Sub Grupos segundo turno.....	117
Anexo 10: Prueba de rachas segundo turno	118
Anexo 11: Muestra de 20 balones de gas en la primera línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas.,(datos obtenidos por permiso de la empresa)	119
Anexo 12: Gráfica primera línea de envasado	120
Anexo 13: Reporte de Sub Grupos primera línea de envasado.....	121
Anexo 14: Prueba de rachas primera línea de envasado	121
Anexo 15: Muestra de 20 balones de gas en la segunda línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa)	122
Anexo 16: Gráfica segunda línea de envasado	123
Anexo 17: Reporte de Sub Grupos segunda línea de envasado	124
Anexo 18: Prueba de rachas segunda línea de envasado	124
Anexo 19: Muestra de 20 balones de gas en la tercera línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa)	125
Anexo 20: Gráfica tercera línea de envasado	126
Anexo 21: Reporte de Sub Grupos tercera línea de envasado.....	127
Anexo 22: Prueba de rachas tercera línea de envasado	127
Anexo 23: Muestra de 20 balones de gas en la cuarta línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa).....	128
Anexo 24: Gráfica cuarta línea de envasado.....	129
Anexo 25: Reporte de Sub Grupos cuarta línea de envasado.....	130
Anexo 26: Prueba de rachas cuarta línea de envasado	130
Anexo 27: Muestra de 20 balones de gas en la quinta línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa).....	131
Anexo 28: Gráfica quinta línea de envasado.....	132
Anexo 29: Reporte de Sub Grupos quinta línea de envasado.....	133
Anexo 30: Prueba de rachas quinta línea de envasado	133
Anexo 31: Muestra de 20 balones de gas en la sexta línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa).....	134
Anexo 32: Gráfica sexta línea de envasado	135
Anexo 33: Reporte de Sub Grupos sexta línea de envasado	136
Anexo 34: Prueba de rachas sexta línea de envasado.....	136
Anexo 35: Estimaciones de los valores Sigma del proceso.....	137
Anexo 37: Resultados Encuesta	140
Anexo 38: Análisis FODA de la empresa Caxamarca Gas S.A	143

Anexo 39: Cálculo de Índice de Capacidad (Cp) en las líneas de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A.	144
Anexo 40: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 1	145
Anexo 41: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 2	146
Anexo 42: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 3	147
Anexo 43: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 4	148
Anexo 44: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 5	149
Anexo 45: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 6	150
Anexo 46: Nueva encuesta aplicada para medir el rendimiento del balón luego de implementar la propuesta de mejora.	151
Anexo 47: Resultados de la Nueva Encuesta	152
Anexo 48: Resultados después de la implementación de mejora.....	154
Anexo 49: Gráfico de caja y bigotes.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Niveles de desempeño de Sigma.....	22
Tabla N°02: Diferencia Calidad Tradicional con Seis Sigma	25
Tabla N°03: Propiedades aproximadas del GLP (unidades métricas).	28
Tabla N°04: Operacionalización de variable independiente.	32
Tabla N°05: Operacionalización de variable dependiente.	33
Tabla N°06: Métodos de recolección de datos.	38
Tabla N°07: Personal que labora en la empresa Caxamarca Gas S.A.....	43
Tabla N°08: Máquinas, Equipos y Herramientas.....	45
Tabla N°09: Proveedores de la empresa.	46
Tabla N°10: Clientes de la Empresa.	47
Tabla N°11: Resultados Diagnóstico actual de la Empresa.	50
Tabla N°12: Cuadro del proyecto (Project Charter).....	54
Tabla N°13: SIPOC del proceso d envasado de GLP	55
Tabla N°14: Priorización de variables.	57
Tabla N° 15: Variabilidad del Peso.....	58
Tabla N°16: Ejemplo de cronograma de Mantenimiento Preventivo y Calibración.	
Tabla N°17: Tabla de Conversión de Capacidad de Proceso en Sigmas.....	77
Tabla N°18: Inversión de activos intangibles.....	79
Tabla N°19: Otros Gastos.....	80
Tabla N°20: Gastos de Personal.....	80
Tabla N°21: Costos proyectados.	81
Tabla N°22: Análisis de los indicadores.....	84
Tabla N°23: Ingresos proyectados.....	85
Tabla N°24, Flujo de caja.....	86
Tabla N°25: Indicadores económicos.....	88
Tabla N°26: Ingresos de los indicadores escenario pesimista.....	89
Tabla N°27: Ingresos proyectados escenario pesimista.....	90
Tabla N°28: Flujo de ingresos neto proyectado escenario pesimista.	90
Tabla N°29: Indicadores económicos escenario pesimista.	91
Tabla N°30: Ingresos de los indicadores escenario optimista.	92
Tabla N°31: Ingresos proyectados escenario optimista.....	93
Tabla N°32: Flujo de caja neto proyectado escenario optimista.	94
Tabla N°33: Indicadores económicos en escenario optimista.	95

INDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Proceso Seis Sigma Centrado (Membrado, 2007)	16
Figura N°02: Proceso Seis Sigma Descentrado (Membrado, 2007).....	17
Figura N°03: Modelo de Mejora DMAIC	20
Figura N°04: Etapas de la fase de definición	251
Figura N°05: Tanque de almacenamiento GLP	26
Figura N°06: Organigrama Caxamarca Gas S.A.....	42
Figura N°07: Plano Caxamarca Gas S.A	44
Figura N°08: Productos de la Empresa.....	48
Figura N°09: Productos de la Empresa.....	48
Figura N°10: Diagrama de procesos de Caxamarca Gas S.A.....	50
Figura N°11: Índices de Capacidad muestra inicial	52
Figura N°12: Cantidad de Kg primer turno.	59
Figura N°13: Cantidad de Kg segundo turno.....	60
Figura N°14: Cantidad de Kg en la primera línea de envasado.....	61
Figura N°15: Cantidad de Kg en la segunda línea de envasado.	61
Figura N°16: Cantidad de Kg en la tercera línea de envasado.....	62
Figura N°17: Cantidad de Kg en la cuarta línea de envasado.....	62
Figura N°18: Cantidad de Kg en la quinta línea de envasado.	63
Figura N°19: Cantidad de Kg en la sexta línea de envasado.	63
Figura N°20: Diagrama de Pareto por Factores de Defectos en cada balón.	64
Figura N°21: Diagrama de Ishikawa sobre variabilidad en peso	65
Figura N°22: Diagrama de Ishikawa sobre balones en mala condición.	66
Figura N°23: Control de verificación de peso	69
Figura N°24: Gráfico pesos iniciales sin puntos fuera de límites.	72
Figura N°25: Gráfico pesos luego de la mejora.....	74
Figura N°26: Índices de capacidad después de la mejora.....	75
Figura N°27: Valores de Cp	76
Figura N°28: Ingresos netos.	87
Figura N°29: Ingresos netos en escenario pesimista.	91
Figura N°30: Ingresos netos en escenario optimista.	94

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

El gas se ha convertido en una importante fuente de energía en el mundo. En el transcurso de los últimos 30 años, se ha producido un movimiento hacia una mayor liberalización de los mercados del gas y una fuerte desregulación de los precios de este producto. Esta tendencia tuvo como consecuencia la apertura del mercado a una mayor competencia y la aparición de una industria de gas mucho más dinámica e innovadora. Además, gracias a numerosos avances tecnológicos se facilitó el descubrimiento, la extracción, refinación y el transporte de gas hasta los consumidores. Los productores más importantes en esta zona fueron Argentina, Brasil, México y Venezuela. Asimismo, se estima que el mayor crecimiento en la producción de gas LP provendrá de Venezuela, Brasil, Perú y Bolivia. El GLP se utiliza fraccionado en garrafas y cilindros para usos domésticos (principalmente calefacción y cocina), a los que se suman las ventas industriales a granel. (Gaspar, s.f.)

El GLP consumido domiciliariamente es provisto principalmente en: cilindros de 5; 10 y 15 kg., de capacidad y para consumo industrial se utiliza cilindros de 45 kg. Distribución al granel para el sector industrial, comercial, automotor y agroindustrial, por auto tanque o gasoducto. Según Cesar Gutiérrez Peña Presidente del Directorio de la Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en América Latina y el Caribe ARPEL año 2008, "El GLP en el Perú se ha convertido en uno de los combustibles líquidos más importantes en el Perú, superado solo por el Diésel. Para el 2013, ya representaba el 22% de las ventas de combustibles líquidos en el mercado interno.

Lima Metropolitana es geográficamente el mercado más importante en la comercialización del GLP, por lo que el potencial para el desarrollo de la demanda de este combustible en otros mercados es muy grande, especialmente en la zona centro y sur del país, las cuales se encuentran cerca del principal productor de este combustible. Así mismo, en la selva hay un gran potencial para impulsar el consumo del GLP, ya que cuentan con productores en la zona que pueden abastecer este producto en condiciones más favorables respecto a los otros combustibles, como es el caso de Aguaytía en Pucallpa.

Por el lado de la oferta, nuestro país ha sido importador de GLP. En el 2001, el 46% de la demanda era cubierta con importaciones provenientes en su mayoría de Venezuela, siendo los principales importadores: Zeta Gas y Repsol.

Por otro lado, la producción nacional estuvo encabezada por Petroperú (Talara) con 58%, seguido de Repsol (La Pampilla) con 21%, Maple 16% y EEP SA con un 5%.

La empresa CAXAMARCA GAS S.A se encuentra ubicada en la provincia y departamento de Cajamarca, está constituida por el Presidente del Directorio Ejecutivo Marco La Torre Sánchez, Fue fundada el 16 de Noviembre de 1992 fecha en la cual se iniciaron los trabajos de construcción; siendo su primera salida al mercado el 13 de Setiembre de 1993.

Su actividad se desarrolla en el envasado de GLP, sus balones están fabricados con todas las normas técnicas Peruanas (NTP350.011- DS.001-94-EM), cuentan con una cobertura de seguro contra accidentes, pasa por pruebas hidrostáticas, todos están equipados con válvulas nuevas, mantenimiento técnico, sus presentaciones son, balón petete de 15kg, balón amarillo 10kg, balón amarillo 45kg, balón celeste 10kg, balón celeste 45kg. Cuenta con distintas bases en Cajamarca en la Av. Guillermo Urrelo 677, Jr. Los Sauces 340, también se encuentran en provincias como, Cajabamba, Chota, Huamachuco, San Marcos y Bambamarca.

Cuentan con una amplia planta de envasado de GLP, las principales empresas de Cajamarca son sus clientes potenciales, contando con un posicionamiento de mercado en un 66%. Sus principales competidores son, Sol gas, Llama GAS y las empresas informales.

El área de Producción, está dividida en sub áreas, logística y plataforma, cada sub área es responsable de cumplir con la entrega de material que se necesite para la producción y abastecer a todas las distribuidoras con los balones de gas solicitados dentro del tiempo planificado.

Entre los planes de la empresa se encuentra la automatización total en todos sus procesos de producción, permitiéndose así mejorar la calidad en sus productos.

En plataforma presenta puntos débiles en su proceso el cual empieza con el llegado de los balones vacíos, por cada balón vacío el operario revisa la cantidad de capas de pintura que este tiene, si tiene alguna fisura, si la válvula necesita un cambio, o si este está muy deteriorado. Después de esta inspección los balones que son rechazados son separados de los demás para que luego sean llevados por una tercera empresa a su mantenimiento. El balón que paso la inspección es llevado al área de lavado. Seguidamente pasa por el área de pintura un problema recurrente en esta área es la obstrucción de la manguera de pintura trayendo como consecuencia una parada forzosa en producción. Luego a cada balón previamente

pintado se le coloca el nombre de la empresa, este no suele verse bien ya que el molde del nombre de la empresa se encuentra deteriorado.

Todos estos balones pasan por la tara, en donde es pesado uno por uno y este peso se coloca con una tiza a cada balón para cuando este llegue al llenado el operario sepa cuánto de gas debe colocar. Como últimos pasos en la producción a cada balón se le coloca un O-ring por seguridad, y a su vez un precinto para evitar futuras fugas de gas.

A pesar de ser una empresa ya posicionada en Cajamarca, no cuenta con la maquinaria adecuada para el envasado de GLP, ya que en plataforma el peso tiene que ser de 10 kilos por balón con una variedad de (+) (-) 100g según normas de Osinergmin, por lo que no cumplen las normativas, puesto que las balanzas de llenado son de operación manual, y este no suele ser exacto; por lo que es notorio la variabilidad en el peso del balón.

Para la mejora de estos problemas aplicaremos el SIX SIGMA enfocándonos principalmente en la variabilidad de peso en el llenado de cada balón, se medirá el balón antes de ser llenado, luego de ser pintado, y el proceso final, para encontrar así la variabilidad, esperando que con este estudio se dé una mejora en la calidad de cada balón.

1.2. Formulación del problema.

¿Cómo mejorar la calidad del producto en peso, en la línea de envasado de GLP de la empresa Caxamarca Gas S.A a través de la metodología Six Sigma?

1.3. Justificación

A través de este trabajo y la aplicación de la metodología Seis Sigma el cual es un tema del curso control estadístico de la calidad que se enseña en la carrera de Ingeniería Industrial, se utilizará la herramienta DMAIC para poder encontrar y mejorar los puntos débiles para fabricar productos con mejor calidad en peso y así de esta manera tener a sus clientes satisfechos, incrementando su venta.

El DMAIC es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora, es por ello que utilizamos esta herramienta ya que nos ayuda a llegar a nuestro objetivo con 5 pasos, siendo la primera fase Definir donde se entiende los procesos importantes afectados, la segunda fase Medir donde se mide el desempeño actual del proceso y se busca mejorarlo, la fase Analizar se analiza la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora, en la fase Mejorar se diseñan soluciones que ataquen el problema raíz y por último en la fase Controlar se implementa controles que aseguren que el proceso se mantendrá en su nuevo rumbo.

Además se podrá contribuir a la empresa para la mejora de calidad en cada balón, sirviendo esta investigación como una fuente adicional de información para los estudiantes.

1.4. Limitaciones

En el desarrollo de la presente investigación se presentaron las siguientes limitaciones.

- Demora en la recolección de la información.
- Falta de información local de antecedentes de investigación relacionados con el tema.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Medir el impacto de la propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A. mediante la metodología Six Sigma para mejorar la calidad del producto en peso.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la calidad del producto en peso en el área de producción.
- Plantear una propuesta de mejora en función a la metodología Six Sigma.
- Aplicar la metodología para lograr la mejora del producto.
- Determinar el beneficio económico del proyecto.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes

2.1.1. Según (Acuña, 2010) en la tesis titulada **Aplicación de la metodología DMAIC para la Mejora de Procesos y Reducción de Pérdidas en las Etapas de Fabricación de Chocolate**, identificó las pérdidas que habían en la planta de chocolates que representa el 43% de la fábrica lo que equivalía a \$1 835 por lo que aplicando la metodología se disminuyó las pérdidas de 207,6 a 137.3 kg por día promedio. Además de disminuir los tiempos por paradas no programadas en la línea de producción. Luego de la implementación de las mejoras identificadas con la metodología DMAIC se aumentó el nivel sigma de 1.83 a 3.87.

Conclusiones: Se identificaron las causas potenciales de pérdidas en cada área de fabricación de chocolates. Se recopilaron los antecedentes del proceso y se identificaron las áreas con oportunidad de mejora en fabricación de chocolates. Se registró un sigma inicial de 1,83, este aumentó a 3,87 luego de implementar las mejoras potenciales identificadas con el uso de la metodología DMAIC, probando la hipótesis en relación a los objetivos propuestos.

Recomendación: Se recomienda utilizar la metodología DMAIC para otros proyectos de mejora en la fábrica de chocolates como reducción de tiempo cambios de formato, paros no programados y reducción de tiempos de aseo, entre otros. Además para desarrollar proyectos mediante la metodología DMAIC dentro de una fábrica es fundamental el apoyo gerencial.

Relación: Esta tesis se relaciona con el estudio a realizar ya que se busca mejorar la calidad del producto que se fabrica, logrando que este se encuentre dentro de los límites estadísticos, para evitar pérdidas y sobre todo brindar un mejor producto a su clientela, brindando productos no defectuosos.

2.1.2. Según (Pineda & Zurita, 2010) en la tesis titulada, **Propuesta de Mejoramiento del proceso de Verificación Telefónica en un Call Center Aplicando la Metodología DMAIC**, logró encontrar el problema que afectaba a la empresa que era el proceso de verificación telefónica ya que una de sus principales causas es que existe una subutilización de recursos, también pudo incrementar la eficiencia en la atención y concluyó que el número máximo de agentes deberían ser siete, considerando una re gestión del 117%, obteniendo un ahorro de \$ 771,41 mensuales por el sueldo de los agentes.

Conclusiones: Después de realizar un estudio de tiempos, se concluye que los tiempos asignados por el Call Center para la gestión de un NUT no es el correcto debido a que no existió un estudio previo que avale dicho tiempo. Finalmente se logró a la conclusión de que no debe existir una división para la gestión de los productos de Verificación Telefónica. La forma óptima de trabajar es asignar una sola base para que todos los agentes la gestionen, sin importar el producto.

Recomendación: Realizar un análisis del sistema con el que el Call Center cuenta actualmente para poder implementar opciones que permitan que el trabajo se realice a la hora establecida por el agente para realizar las llamadas. De esta manera, se tendrá un control en el tiempo del agente.

Relación: La siguiente tesis se relaciona con la nuestra, puesto que utiliza las diferentes etapas del DMAIC, las cuales sirven para aumentar y mejorar el proceso y que esto conlleve a un aumento de su posición actual en el mercado.

2.1.3. La tesis titulada, **Seis Sigma, Filosofía de Gestión de la Calidad: Estudio Teórico y su posible Aplicación en el Perú**, de (Ruiz, 2005), brindó un breve enfoque sobre el concepto y la evolución de la calidad a través de la historia de la humanidad; como también el conocer y comprender la filosofía de gestión Seis Sigma a través

de estudios en empresas peruanas, así se demostró que la aplicación de la herramientas Seis Sigma en las Organizaciones del siglo XXI, les ayudará a enfrentar las dificultades del cambio rápido, de la competencia intensa y de las demandas crecientes de los clientes; y los resultados traerá una rápida recuperación de la inversión, cambio en la cultura, posición en el mercado, personal y estratégico.

Conclusiones: Se determina que en el Perú sí es posible mejorar procesos clave dentro de las organizaciones y eliminar defectos sistemáticos, desapareciendo las variaciones que inciden negativamente en los procesos o servicios. Es decir, hay empresas aptas para la aplicación de la filosofía de gestión Seis Sigma.

Recomendación: Explotar este tema en todos los rincones del Perú puesto que no todas las entidades tienen conocimiento de esta herramienta y si la tienen no la conocen a fondo y desconocen los beneficios que esta les traería.

Relación: Esta tesis es de vital relación con la nuestra ya que se enfoca en lo beneficioso que es la metodología Seis Sigma (DMAIC) y opta por un gran futuro de este tema en nuestro país especialmente con las empresas, que es lo que queremos hacer en la entidad que estamos realizando nuestro proyecto, justamente porque se obtienen resultados a corto plazo los cuales serán significativos para la empresa.

2.1.4. Mejora del Proceso de Galvanizado en una Empresa Manufacturera de Alambres de Acero Aplicando la Metodología Lean Six Sigma, de (Barahona & Navarro, 2013), este trabajo logró reducir el consumo de zinc de un total de 112 500 kg de zinc mensual, considerando un promedio de la capa 3Zn en 312.7 g/m² y una velocidad de 66 m/min. Con la mejora se redujo la capa a 274.7 g/m² a una velocidad de 76 m/min. Obteniendo un ahorro de 6704.55 \$/mes. Este trabajo nos ayudará a definir las variables de

nuestro trabajo como también la aplicación de diagrama de proceso, cronograma de trabajo y gráficos de control.

Conclusiones: Es indispensable que los directivos, jefes y trabajadores colaboren con la nueva metodología a implementar para que se alcancen los objetivos deseados en el plazo establecido y con el presupuesto planificado. Finalmente, el proyecto de Lean Six Sigma con una duración de un año, tiene una inversión de 43,166 dólares y genera un ahorro anual de 80,454.6 dólares. Se concluye que el proyecto es rentable dado que presenta un valor actual neto de 17,799.40 dólares y una tasa interna de retorno de 66%.

Recomendación: Elaborar y actualizar los procedimientos de trabajo. Además, elaborar un plan para la formación de instructores. Es decir, operarios seleccionados y capacitados para que sean los encargados de enseñar las buenas prácticas y procedimientos de trabajo al personal nuevo. Realizar un seguimiento al programa de mantenimiento, sobre todo en los rodillos tensionadores que permiten disminuir la vibración del alambre. Se recomienda realizar auditorías internas de 5S (trimestral) con la participación de los gerentes de la organización. Además, de una auditoría y capacitación anual por una consultora externa. Esto permitirá el involucramiento y concientización de toda la organización en el orden y la limpieza.

Relación: La siguiente tesis se relaciona con el estudio a realizar debido a que de igual manera, esta busca mejorar un proceso en una organización con el de brindar un mejor producto al público consumidor, por que utilizaron diagramas de Ishikawa, gráficos de control, diagramas de procesos, etc.

- 2.1.5.** La tesis titulada, **Propuesta de Mejora en el Proceso de Lavado de autos en la empresa Ecocarwash E.I.R.L.**, de (Zavala, 2011), señalo que el problema en la empresa "ECOCARWASH EIRL" se da en el proceso de lavado, el cual se realiza sin contar con los

métodos, de trabajo estandarizados, sin ergonomía y seguridad. Además, el inadecuado uso del agua y maquinaria genera costos, por lo que los clientes se retiran debido al desorden al momento de atenderlos, generando insatisfacción por el servicio brindado, lo cual perjudica la imagen de la empresa. Debido a esto, este estudio propone una mejora en el proceso de lavado a través de la metodología Seis Sigma para incrementar la eficiencia del proceso, contribuyendo al medio ambiente, lo que va a beneficiar económicamente a la empresa brindando satisfacción del cliente actual con un buen servicio. Para esta aplicación se utilizó la metodología del ciclo DMAMC a través de herramientas estadísticas.

Conclusiones: Con la aplicación de DMAMC se pudo identificar a los factores los cuales eran críticos de calidad para los clientes tales como la experiencia del operario y el conocimiento que este tenía sobre el trabajo, también a través del diagrama de operaciones del procesos las actividades productivas e improductivas, como también el tiempo en cada proceso. Se puede demostrar una reducción de los costos de operación evidenciando que se obtiene una mejora de 2 856 soles por semestre al estandarizar los tiempos de los procesos. Mediante la correcta aplicación de la metodología Seis Sigma se pretende mejorar en la atención a los clientes, así como mejorar su distribución y ubicación de vehículos.

Recomendación: Controlar los resultados obtenidos para encontrar oportunidades de mejora y darle el seguimiento adecuado a dicho de proyecto. Mantener buena comunicación con todos los colaboradores de la empresa y motivarlos para que den buenos frutos.

Relación: Esta tesis se relaciona con el estudio a realizar, ya que esta también pretende mejorar su nivel sigma. Primero identifiqué donde se encontraban sus puntos críticos y débiles a través de herramientas estadísticas de la metodología DMAMC, y así poder

darle solución a cada problema e incrementando la economía de la empresa.

- 2.1.6.** El trabajo de aplicación titulado, **Aplicación de la Metodología Six Sigma en el Proceso de Pedidos de Repuestos y Componentes del Área de Servicios de la Empresa Cummins Perú S.A.C. Sucursal Cajamarca para Elevar el Índice de satisfacción de los Clientes**, de (Chávez & Colchado, 2014), el presente trabajo desarrollo una propuesta de mejora en el proceso de pedidos de repuestos y componentes con la finalidad de elevar el índice de satisfacción al cliente y como resultado elevaron el nivel Six Sigma de 3.0 a 3.91 un total de 22.78%.

Conclusiones: Esta propuesta está basada en cambiar el concepto tradicional de la organización ya que el área de servicio trabajaría para repuestos, mejorando los tiempos de atención, programación de mantenimiento al cliente y ejecución del servicio esto impactará positivamente en el cliente, cambiando su percepción del servicio, logrando ser una empresa a la medida del cliente, por lo cual se logra elevar el índice de satisfacción al cliente (ISC) de 62.55% a 85%.

Recomendación: Invertir en el proyecto por cuanto existe una buena rentabilidad. El proyecto podría ser motor impulsador para el sector micro empresarial en la ciudad de Cajamarca, por lo que se recomienda implementarlo.

Relación: Esta tesis realiza un diagnóstico a la empresa al igual que nosotras para evaluar los déficit que hay para posteriormente aplicar la metodología y dar posible soluciones a estos, además analiza la rentabilidad económica de la propuesta y logra un VAN aceptable lo cual también realizaremos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concepto Modelo de Calidad

Según (Gutiérrez M. , 2004) señaló que "Un producto o servicio tiene calidad en la medida que satisface las expectativas del cliente. O, de otra manera, la

calidad es el grado de adecuación de un producto al uso que desea darle el consumidor”

Es de mucha importancia que la empresa tome en cuenta esta definición, para que así se tome consciencia de la calidad de los productos que la empresa fabrica actualmente, y de este modo mejorar en caso fuera necesario.

Con esto, el cliente quedará satisfecho, trayendo como consecuencia grandes resultados dentro de la empresa, como el aumento en la demanda el cual a su vez trae ingresos económicos a la empresa. Con el aumento de la demanda, el producto exigirá mejorar su calidad, de esta forma la empresa contará con un alto nivel de competitividad respecto a otras empresas.

2.2.2. Concepto de Seis Sigma

Seis Sigma se está convirtiendo rápidamente en la estrategia para lograr mejoras significativas en Calidad, parcelación del mercado, márgenes de ganancias y reducción de costos. Esta metodología presenta la importancia de reducir la variación, los defectos y los errores en todos los procesos a través de una organización para así lograr aumentar la cuota de mercado, minimizar los costos e incrementar los márgenes de ganancia. Se pone énfasis a la explicación de una estrategia sobresaliente y de los elementos para implementar (Definir el proceso, Medirlo, Analizar sus datos, Mejorarlo y Controlarlo) para la reducción de la variabilidad y el logro de Seis Sigma. (Fraile, Barrio, & Monzón, 2003)

En el libro de (Gutiérrez H. , 2009) señaló que Seis Sigma es una estrategia que consiste en la mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una empresa y reducir su variación. Sus tres áreas prioritarias de acción son: la satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

Con la aplicación del Seis Sigma es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de producción, a través de herramientas estadísticas.

Seis Sigma, tiene como meta, lograr procesos con una calidad Seis Sigma, lo que significa, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades con un rendimiento del 99.9997%. Para lograr esto, se utilizará un programa de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se desarrollarán proyectos Seis Sigma a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras, así como eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones.

(Eckes, 2004) El Six Sigma empezó al final de la década de los 80 y a principios de la década de los de los 90 en Motorola con Mikel Harry. Él y sus diversos colegas estudiaron las variaciones de los diversos procesos dentro de Motorola, concentrándose en aquellos que producción mayor variación. No solo mejoraron la efectividad y la eficiencia sino que comprometieron al director ejecutivo. Este transmitió su experiencia a Bossidy, director de Allied Signal. Finalmente Bossidy al centro de entrenamientos de ejecutivos de General Electric. Sin embargo, a pesar del éxito que tuvieron Motorola y Allied Signal en la implementación del Six Sigma, fue General Electric la que empleó este sistema de una manera más impresionante ya que en menos de dos años después de la aplicación inicial del Six Sigma, se habían obtenido ahorros en costos por 320 millones de dólares.

2.2.3. Objetivo de la Metodología Seis Sigma

(Commerce, 2009) Indicó que la metodología Seis Sigma, tiene como objetivo principal, la implementación de una estrategia basada en medidas estadísticas, la que se centra en la mejora del proceso y reducción de la variación a través de la aplicación de proyectos de mejora Seis Sigma.

2.2.4. Estadística en la Metodología

(Membrado, 2007), ha concluido que la expresión del nivel sigma se utiliza para representar la desviación estándar de un conjunto de mediciones. Si se representa gráficamente la curva normal de distribución de los resultados de procesos, junto con los límites inferior y superior de especificaciones (tolerancias o límites admisibles), el área que queda dentro de esos límites

indica el porcentaje de resultados correctos, mientras que el área que esta fuera de esos límites indica el porcentaje de resultados defectuosos.

Esto se refiere que, el nivel sigma de un proceso es la distancia entre el valor medio del proceso y los límites inferior y superior de especificación. Lo que implica, que cuanto mayor sea el nivel sigma de un proceso, el porcentaje de resultados defectuosos será menor.

Tradicionalmente se ha considerado suficiente que un proceso tenga una desviación estándar de ± 3 sigma. Si el proceso tiene un nivel Seis Sigma y está centrado, habrá 0.002 defectos por cada millón de valores resultantes del proceso.

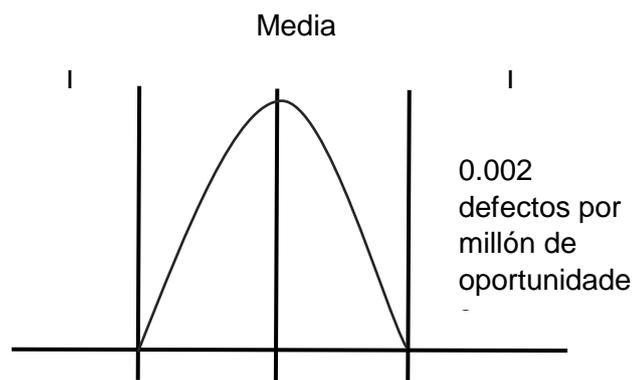


Figura N°01: Proceso Seis Sigma Centrado (Membrado, 2007)

Elaboración Propia

Cabe recalcar que la mayor parte de procesos están descentrados, lo que se refiere, que la media de los resultados del proceso no coincide con el centro de las especificaciones. Si se asume un proceso de nivel Seis Sigma descentrado 1.5 sigma, su nivel de defectos será de 3.4 por cada millón de resultados.

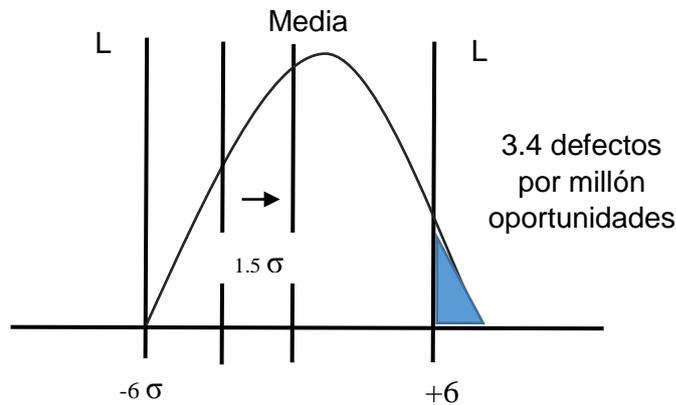


Figura N°02: Proceso Seis Sigma Descentrado (Membrado, 2007)

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. La visión de algunas empresas que se deciden por Seis Sigma

(Fraile, Barrio, & Monzón, 2003) Nuestra visión es convertirnos en fabricantes de nivel internacional, haciendo productos de nivel internacional. Este tipo de fabricante tiene la mejor oportunidad para desarrollar su negocio y sobrevivir, debido a su mayor rentabilidad. Tiene un nivel Seis Sigma en todos sus procesos y produce servicios y productos de igual calidad.

(Fraile, Barrio, & Monzón, 2003) Esta visión puede y debe cuantificarse. Técnicamente, calidad Seis Sigma equivale a un nivel de calidad con menos de 0,000003 defectos por oportunidad (3 defectos por millón de oportunidades). Desafortunadamente, no hay una regla inmediata, sencilla y fácil para alcanzar tal nivel de calidad. Seis Sigma es una metodología que ayudará a alcanzar tal objetivo.

2.2.6. Seis Sigma como instrumento para mejorar la Calidad

Numerosas empresas utilizan la metodología Seis Sigma como metodología obligatoria en sus plantas. Un directivo cita tres razones:

- I. Seis Sigma se hace imperativo cuando hay que evaluar y mejorar la capacidad de los procesos.

- II. Seis Sigma es un medio para reducir la complejidad de diseños de productos y procesos al tiempo que se aumenta la fiabilidad.
- III. Seis Sigma es una puesta en escena para combatir lo que muchas veces se achaca a la "mala suerte"; esta puesta en escena es válida no sólo en el taller sino en cualquier lugar de la organización.

2.2.7. Métricas del Six Sigma

a) Variación (σ)

La variación es un atributo de Six Sigma que mide el grado en el cual, cualquier proceso del negocio se desvía de su meta. La desviación estándar (σ) es una medición de la variación.

Según Lefcovich (2009), Sigma (σ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos.

b) DPMO

Son las siglas de defectos por millón de oportunidades y se calcula dividiendo el número total de defectos encontrados entre el número total de oportunidades de defectos por un millón.

$$DPMO = \frac{\# \text{ total de defectos encontrados}}{\# \text{ total de oportunidades de defectos}} \times 1000000$$

Para conocer a qué nivel de sigma equivalen los DPMO, se utilizará la tabla de conversión del Anexo 35.

c) Capacidad del proceso

La capacidad del proceso es una comparación entre la variabilidad natural y la variabilidad especificada.

$$C_p = \frac{\text{variabilidad especificada}}{\text{variabilidad natural}} = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

La definición de capacidad de un proceso puede expresarse como:

$C_p \geq 1 \rightarrow$ Proceso Capaz

$C_p < 1 \rightarrow$ Proceso No Capaz

Sin embargo, el índice C_p no es adecuado para aquellos casos en los que el proceso no este centrado en el nominal de la especificación. Para estos casos se utiliza el índice C_{pk} . Que se define como el cociente entre la amplitud permitida y la amplitud natural, teniendo en cuenta la media del proceso respecto al punto medio de ambas límites de especificación.

$$C_{pk} = \text{menor} \left[\frac{LES - u}{3\sigma}, \frac{LEI - u}{3\sigma} \right]$$

En éste caso la capacidad de un proceso se expresa de la siguiente manera:

$C_{pk} \geq 1 \rightarrow$ Proceso Capaz

$C_{pk} < 1 \rightarrow$ Proceso No Capaz

2.2.8. Proceso DMAIC

Se ha desarrollado una herramienta para resolver los problemas con la metodología Seis Sigma llamado DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) siendo un vocablo formado por las iniciales de las palabras en inglés de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Siendo esta una herramienta que en cada uno de sus pasos se enfoca a la

disminución de la probabilidad de los errores de un proceso. Es importante recalcar que las fases del modelo DMAIC en realidad no se presentan en secuencia lineal.

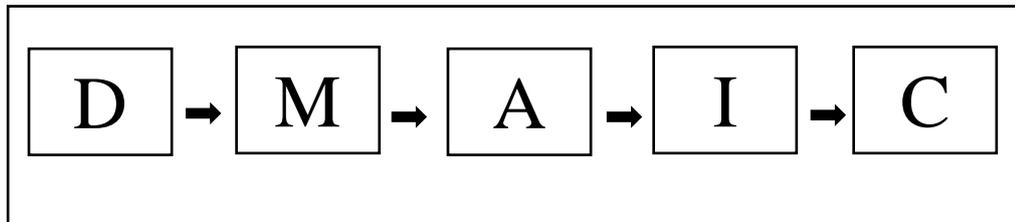


Figura N°03: Modelo de Mejora DMAIC

Fuente: Elaboración Propia

2.2.9. Fase de Definición (Define)

Definir es la primera fase del modelo del modelo DMAIC. El propósito de la Fase de Definición es refinar aún más la comprensión del problema por el equipo del Proyecto 6 Sigma enfocado al consumidor. En esta fase, el equipo del proyecto definirá lo que se necesita para tener un proyecto 6 Sigma exitoso, esto incluye:

- Identificación de los clientes.
- Identificación de las necesidades de los clientes. También llamadas CTQ'S (Critical to Quality por sus siglas en inglés).
- Metas del proyecto.
- Alcance del proyecto.

La fase de definición comienza con el desarrollo de una declaración del Problema de Alto Nivel. El equipo del proyecto utilizará la fase de definición para organizarse, determinar funciones y responsabilidades, establecer objetivos y metas intermedias y repasar los pasos de proceso. La conclusión de la fase de definición es la terminación de la Asignación de Proyecto.

Las etapas de la fase de definición se muestran en el siguiente diagrama de flujo:

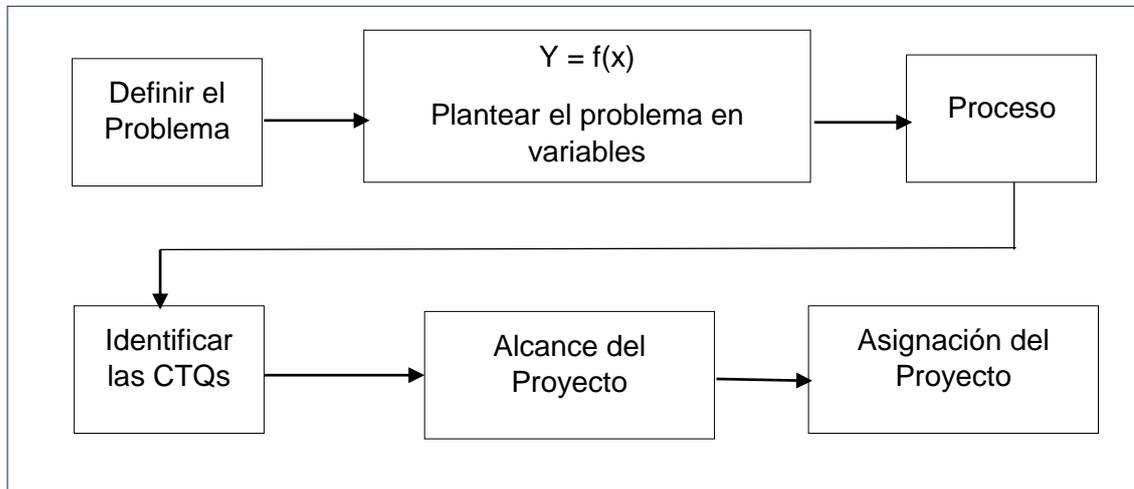


Figura N°04: Etapas de la fase de definición

Fuente: Elaboración Propia

Es sumamente importante definir el problema desde un inicio, posteriormente plantear el problema a resolver en forma detallada y concreta. Es conveniente representar el proceso de manera gráfica para así poder comprender cómo es actualmente y posteriormente replantearlo en forma más eficiente. El equipo del proyecto debe ser capaz de identificar las CTQs y cuáles de ellas son más importantes para el cliente, ya sea de un producto o servicio. Las CTQs deben de ser medibles para determinar el nivel de desempeño. El alcance del proyecto limita el rango de variables o factores que se van a medir y analizar. Lo más importante es que el problema quede dentro del área de control del equipo. La asignación del proyecto se refiere a los documentos y registros que se deben de llevar a cabo sobre el proyecto.

2.2.10. Fase de Medición (Measure)

El propósito de la fase de medición es establece los procedimientos de medición y relacionar las mediciones a los requerimientos del cliente estableciendo el desempeño del proceso. Es importante determinar qué se va a medir. En un proceso habrá de determinarse las entradas y salidas a medir de tal forma que dichas mediciones permitan cumplir con los requerimientos

críticos de los clientes. Para el manejo de la medición, se debe establecer los criterios específicos para las mediciones, indicar la metodología que será empleada para obtener el valor de la característica que se desea medir, desarrollar un plan de medición, recopilar datos y por último desplegar y evaluar la información.

Para entender la variación, siempre habrá diferencias entre dos o más elementos obtenidos de un mismo proceso, las variaciones pueden ser reales del proceso o por variación en la medición. Las fuentes de variación proporcionan las oportunidades para mejorar la situación descrita en la Declaración del Problema. La fase de Medición también proporciona una estructura para monitorear el proceso después de que se hayan hecho las mejoras. Determinar el desempeño de Sigma será la consistencia de nuestro proceso para cumplir con las necesidades de nuestro cliente con base al DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades).

Tabla N°01: Niveles de desempeño de Sigma.

Nivel Sigma (S)	Defectos por Millón de Oportunidades (PPMO)
1	690 000
2	308 537
3	66 807
4	6 210
5	233
6	3.4

Fuente: Elaboración Propia

2.2.11. Fase de Análisis (Analyze)

La fase de análisis permite al equipo del proyecto enfocarse en las oportunidades de mejora al observar más de cerca los datos obtenidos en la fase de medición. El objetivo de la fase de Análisis es estratificar y analizar la oportunidad para identificar el problema específico y definir una declaración

del problema que sea fácilmente entendida. Identificando y validando las causas raíz asegurando la eliminación de las causas raíz "reales".

Generar ideas de mejora es una de las actividades primordiales en la fase de análisis, ello permite realizar un ejercicio colectivo en el cual se planteen ideas que aporten a la mejora del proceso (uso de las mejores prácticas, lluvia de ideas, ideas de benchmark, ideas provenientes de otros proyectos, etc.). Es importante evaluar y seleccionar las soluciones de mayor impacto que ofrezcan mayor beneficio al cliente y/o negocio.

En esta etapa, el uso de herramientas gráficas adecuadas es muy útil y se aplican a los datos recolectados durante la fase de Medición. Una vez que se conoce el valor básico de Sigma, el equipo del proyecto seleccionará las herramientas gráficas adecuadas y las aplicará a los datos recolectados durante la Fase de Medición. Algunas de las herramientas estadísticas a utilizar son los diagramas de Pareto, histogramas, diagramas de dispersión entre otras.

La fase de Análisis termina una vez que el equipo de proyecto es capaz de identificar fuentes de variación que pueden ser la base para la acción en la fase de Mejoramiento.

2.2.12. Fase de Mejoramiento (Improve)

El propósito de la Fase de Mejora es permitir al Equipo del Proyecto desarrollar, aplicar y evaluar las Alternativas de Mejora que lograrán el nivel de desempeño deseado según lo definido por las CTQ's.

La Fase de Mejora comienza con actividades de generación de ideas para generar Alternativas de Mejora.

El equipo del Proyecto prueba la solución propuesta utilizando un Piloto y evalúa la mejora.

Una vez que el Equipo del Proyecto selecciona la mejor alternativa, creará un nuevo mapa del proceso para ilustrar el nuevo flujo del proceso, y entonces realizará un AMEF (Análisis de modo de fallas y efectos) y un Análisis de Costos/Beneficios para asegurar que la posible mejora es viable y costeable.

La fase de mejora utiliza herramientas para la generación de ideas, experimentación, creación de pilotos, procesos de validación, mapas de proceso.

La Fase de Mejora concluye cuando el Equipo del Proyecto realiza un segundo análisis de capacidad para el nuevo proceso y demuestra mejoras válidas.

2.2.13. Fase de Control (Control)

La quinta fase es la fase de Control. El propósito de la fase de Control es institucionalizar las mejoras al producto/proceso y monitorear el desempeño continuo a fin de mantener las ganancias logradas en la fase de Mejoramiento.

Muchas de las herramientas utilizadas son Control del Proceso en la Estación, prueba de error y fábrica visual, todas ellas están integradas en la Fase de Control. Dicha fase es un medio para sostener la mejora ya sea eliminando la oportunidad de defectos o monitoreando el desempeño del proceso utilizando un sistema de retroalimentación. El equipo del proyecto desarrollará una estrategia de control basada en las primeras cuatro fase de la metodología; un plan de control que incorpore cambios en el proceso de manera oportuna; y un procedimiento estándar de procedimientos actualizado y un plan de entrenamiento para documentar los cambios y mejoras.

La fase de control concluye con procedimientos y capacitación para asegurar la implementación de los métodos revisados. Una vez que esta fase concluye, el equipo de trabajo devolverá el proceso al equipo de operación del proceso estudiado.

En la actualidad, 6 Sigma es una de las diversas metodologías que existen en el entorno de la Calidad. 6 Sigma no solamente puede ser aplicado a procesos industriales sino también a procesos transaccionales y comerciales.

Sin la estadística no se podría comprender ni aplicar la metodología 6 Sigma. En el ámbito de la Calidad hay un premisa que dice "lo que no se puede medir, no se puede controlar", ello quiere decir que cualquier proceso que no se mide, estará siempre.

2.2.14. ¿Qué hace diferente a Seis Sigma de la Calidad Tradicional?

No es soportada por prácticamente las mismas herramientas y método conocidos por los practicantes de la Calidad Total, TQM, etc.? Las diferencias quizá residen en la forma de aplicar estas herramientas y su integración con los propósitos y objetivos de la organización, como un todo. La integración y participación de todos los niveles y funciones dentro de la organización es factor clave, respaldado por un sólido compromiso por parte de la alta Dirección y una actitud proactiva, organizada y sistemática en busca de la satisfacción tanto de las necesidades y objetivos de los clientes, como de las necesidades y objetivos de la propia organización.

En la siguiente tabla se resumen algunas de las diferencias más notables entre la forma tradicional de enfocar la Calidad en las organizaciones y la forma de enfocarla a través de la estrategia Seis Sigma:

Tabla N°02: Diferencia Calidad Tradicional con Seis Sigma

CALIDAD TRADICIONAL	SEIS SIGMA
Está centralizada. Su estructura es rígida y de enfoque reactivo.	Está descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas. Su enfoque es proactivo.
Generalmente no hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora.	Se hace uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para solución de los problemas.
No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora. Generalmente su uso es localizado y aislado.	Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.
La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos.	La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos: "Sólo creo en Dios; los demás que traigan datos".

Se aplican remedios provisionales o parches. Sólo se corrige en vez de prevenir	Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.
No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.	Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.
Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post mórtem.	Se enfoca hacia el control de las variables claves de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso.

Fuente: Elaboración Propia

2.2.15. Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Según el Glosario, Siglas y Abreviaturas del Sub-Sector Hidrocarburos, aprobado con el Decreto Supremo N° 032-2002-EM el Gas Licuado de Petróleo "GLP" se lo define como "Hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a la temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable. Usualmente está compuesto de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de los mismos. En determinados porcentajes forman una mezcla explosiva. Se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión". (Osinermin, 2016)



Figura N°05: Tanque de almacenamiento GLP

Fuente: Osinermin

Como se aprecia en la figura el GLP puede almacenarse a temperatura ambiente pero a una presión que puede variar entre 60 y 120 psi, dependiendo de la mezcla propano – butano.

2.2.16. Propiedades del GLP

- El GLP es un combustible limpio.
- No es tóxico, pero puede provocar asfixia.
- Puede ocasionar irritaciones en contacto con la piel y con los ojos.
- Es altamente inflamable, su combustión es muy rápida generando altas temperaturas.
- El GLP está compuesto, mayoritariamente, por propano y butano.
- El GLP se licua a bajas presiones entre 60 y 120 psi aproximadamente, dependiendo de la mezcla propano – butano.
- Posee una gran capacidad de expansión, de estado líquido a gaseoso aumenta su volumen 270 veces aproximadamente.
- El GLP en estado gaseoso, es más pesado que el aire, por ello, en caso de fugas tiende a ubicarse o depositarse en lugares bajos. En estado líquido el GLP es más liviano que el agua.
- El GLP es un combustible que en determinados porcentajes con el aire forma una mezcla explosiva, presentando un Límite de Inflamabilidad para el propano entre 2.15 y 9.60% de gas en aire, y para el butano, entre 1.55 y 8.60% de gas en aire.
- El GLP producido de los líquidos de gas natural o de gases de refinería es incoloro e inodoro, por lo que para percibir su presencia en el ambiente se le añade un químico especial “agente odorante” denominado mercaptano. (minería, 2015)

A continuación se presentan las propiedades aproximadas del GLP:

Tabla N°03: Propiedades aproximadas del GLP (unidades métricas).

	Propano	Butano
	Comercial	Comercial
Presión de vapor en kPa (Presión absoluta) a:		
20°C	1.000	220
40°C	1.570	360
45°C	1.760	385
55°C	2.170	580
Peso Específico	0,504	0,582
Punto de ebullición inicial a 1,00 atm. De presión °C	-42	-9
Peso por metro cúbico de líquido a 15,56°C, kg.	504	582
Calor específico del líquido, KJ por Kg, a 15,56°C.	1,464	1,276
Metros cúbicos de vapor por litro de líquido a 15,56°C.	0,271	0,235
Metros cúbicos de vapor por Kg de líquido a 15,56°C.	0,539	0,410
Peso específico del vapor (aire=1) a 15,56°C.	1,50	2,01
Temperatura de ignición en aire, °C.	493-549	482-538
Temperatura máxima de llama en aire, °C.	1,980	2.008
Límites de inflamabilidad en aire, % de vapor en la en la mezcla aire-gas:		

Inferior	2,15	1,55
Superior	9,60	8,60
Calor latente de vaporización en el punto en el punto de ebullición:		
KJ por Kg.	428	388
KJ por Lt.	216	226
Cantidad de calor total luego de la vaporización:		
KJ por metro cúbico	92.430	121.280
KJ por Kg	49.920	49.140
Kg por Lt.	25.140	28.100

Fuente: Código del Gas Licuado de Petróleo. NFPA 58 – Edición 2004.

Elaboración Propia

2.2.17. Diagrama de Pareto

Gráfico de barras que ayuda identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de ciego” y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde éstos tengan mayor impacto.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la

mayor parte del defecto (80%), y el resto de elementos propician muy poco del efecto total. (Gutiérrez H. , 2009)

2.2.18. Diagrama de Ishikawa

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con sus posibles causas. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. El tipo básico de diagrama de Ishikawa es el "método de las 6M", consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. (Gutiérrez H. , 2009)

2.2.19. Eficiencia

Se puede definir la eficiencia como la relación entre los logros conseguidos con un proyecto y los recursos utilizados en el mismo. Se entiende que la eficiencia se da cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo. O al contrario, cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos. (Gutiérrez H. , 2009)

2.3. Hipótesis

Formulación de la hipótesis

La propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A. utilizando la metodología Six Sigma mejorará la calidad del producto en peso.

CAPITULO 3

METODOLOGIA.

3.1. Operacionalización de variables

Tabla N°04: Operacionalización de variable independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Metodología Six Sigma	Es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente; lo que implica un cambio en la forma de operar y tomar decisiones, según (Gutiérrez H. , 2009)	DMAIC (Definir, medir, mejorar y controlar)	Diseño de implementación de mejora

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°05: Operacionalización de variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Calidad del producto	En (Juran, 1995)	Cp	Índice de capacidad.
	Calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así la calidad consiste en la ausencia de deficiencias aquellas características que satisfacen al cliente	Cpk	Índice de capacidad real del proceso.
		Porcentaje Eficiencia	Porcentaje de eficiencia
		Rendimiento Balón de Gas	Duración de cada balón.
		DPMO	Nivel sigma.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Diseño de investigación

- a) Pre experimental
- b) Transversal y descriptivo

3.3. Unidad de estudio

Planta envasadora de GLP Caxamarca Gas S.A., en el periodo de marzo 2015 – septiembre 2016.

3.4. Población

La población la constituye el área de producción de la empresa Caxamarca Gas S.A; balones de 10 kg colores amarillo y celeste (328). Esta se realizó en el año 2015 en los meses de mayo y junio.

3.5. Muestra

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 328}{0.01^2 \times (328 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = 325.23 \cong 325$$

325 balones de 10 kg colores amarillo y celeste.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. De recolección de información.

Las herramientas que se utilizarán en la presente tesis son:

✓ **Diagrama de Pareto:**

Objetivo.

Obtener resultados sobre cuáles son los defectos más relevantes que tiene cada balón.

Procedimiento.

Se analizó cada balón, para saber cuáles son los defectos más relevantes.

Los defectos identificados son capas de pintura, fisuras, válvulas desgastadas y tamaño.

Esta información se la coloco en una tabla de Excel, para luego hacer un diagrama de Pareto.

Instrumentos.

MS Office Excel.

Cámara fotográfica.

✓ **Diagrama de Causa Efecto:**

Objetivo.

Identificar las causas que conllevan a los principales problemas de la empresa.

Procedimiento.

Se observó y analizo cada proceso dentro de planta para ver donde había problemas.

De todos los problemas encontrados, analizamos cuales eran los principales, tales como la variabilidad en el peso de balones y balones en mala condición.

De cada problema se analizó las causas como la mano de obra, la maquinaria entre otros, para de este modo tener más información a detalle de donde se tiene que corregir.

Instrumentos.

Cámara fotográfica.

Papel.

Lapiceros.

MS Office Visio.

✓ **Grafica de control:**

Objetivo.

Supervisar procesos de producción e identificar inestabilidad y circunstancias anormales.

Procedimiento.

Dentro de planta por turno medimos 100 balones, también se midió cada máquina para ver cuál de estas rendía con mejor precisión que otras.

Cada balón fue pesado antes de ser llenado (tara) y después del llenado.

Esta información se la coloco en una tabla de Excel y se restó cada balón lleno con su tara para encontrar cuanto traía de peso neto.

Esto paso al programa Statgraphics, junto con la media y la desviación estándar, para obtener los puntos críticos en la variabilidad de peso.

Instrumentos.

Papel.

Lapiceros.

Filmadora.

Programa Statgraphics.

MS Office Excel.

✓ **Encuesta:**

Objetivo.

Medir el tiempo de duración de un balón de gas y saber cuan satisfechos se encuentran los clientes respecto al producto brindado.

Procedimiento.

Se procedió a elaborar una serie de preguntas para poder obtener los resultados mencionados en el objetivo.

En una de las distribuidoras de gas se entregó a cada cliente una encuesta.

Luego recolectamos todas las encuestas.

Seguidamente pasamos los datos a una hoja de Excel para poder sacar un promedio de la duración de cada balón.

Instrumentos.

Papel

Lapiceros

MS Office Excel

MS Office Word

3.6.2. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para recolectar datos:

Tabla N°06: Métodos de recolección de datos.

Métodos	Fuente	Técnicas
Cuantitativo	Base de datos sobre el peso de balón vacío y lleno.	Análisis estadístico.
	Base de datos de los defectos en cada balón.	Análisis estadístico.

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 4 RESULTADOS.

4.1. Diagnóstico situacional de la empresa

4.1.1. Aspectos generales

- **RUC:** 20166717389
- **Razón Social:** CAXAMARCA GAS S.A.
- **Condición:** Activo
- **Fecha Inicio Actividades:** 27 / Mayo / 1993
- **Dirección legal:** Av. San Martin de Porres Nro. 1837 Br. Mollepampa Baja
(Itersecc. Av. Industrial y Av. San Martin)
- **Departamento:** Cajamarca
- **Provincia/Distrito:** Cajamarca/Cajamarca
- **Teléfono:** 827321 - 825828
- **Gerente General:** Pesantes Alayo Wilson Elmer

4.1.2. Descripción de la actividad/Giro del Negocio

Empresa Cajamarquina dedicada al envasado y comercialización del gas licuado de petróleo (GLP)

4.1.3. Misión

Somos una empresa cajamarquina dedicada al envasado y distribución del gas licuado de petróleo (GLP), dirigido a familias y empresas consumidoras de gas, brindando garantía y calidad en nuestros productos y servicios, atendiendo las necesidades de una población a nivel local y regional. Para ello contamos con tecnologías modernas en envasado y pruebas de control de seguridad, sistema de control logístico integrados a través de redes de computadoras. Contamos

con personal altamente calificado para brindar una atención de calidad a nuestros clientes obteniendo su fidelidad, así como captar nuevos clientes lo cual nos permitirá seguir siendo la empresa líder en la distribución y comercialización de GLP. Tenemos la capacidad de manejar políticas empresariales, unificación de criterios y autonomía en nuestras unidades organizacionales que nos permiten el fortalecimiento de la empresa, a las ves que se preocupa por dar trabajo y capacitación a familias cajamarquinas y de esta manera contribuir en el desarrollo de nuestro departamento.

4.1.4. Visión

Ser reconocida como una empresa líder del mercado y como una de las mejores en estándares de rentabilidad, productividad, ambiente de trabajo, seguridad y responsabilidad social.

4.1.5. Organigrama

 <p>CAXAGAS Máxima Duración</p>	<p>SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</p> <p>MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES</p>	<p>Versión: 02 Fecha: 21-03-16</p>
---	---	--

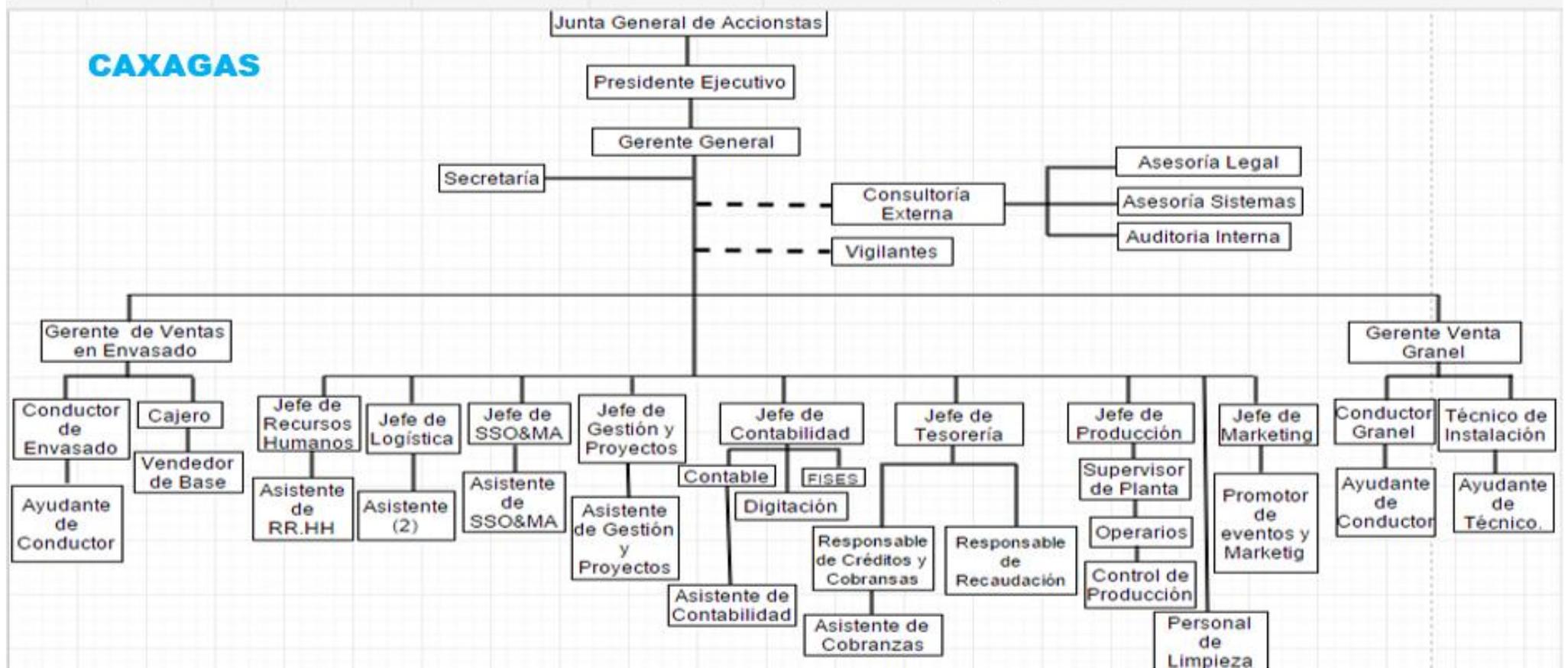


Figura N°06: Organigrama Caxamarca Gas S.A.

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Personal

En la siguiente tabla se indica detalladamente cuantos trabajadores hay en cada área de la empresa Caxamarca Gas S.A.

Tabla N°07: Personal que labora en la empresa Caxamarca Gas S.A

AREA	CANTIDAD	PUESTO
Gerencia	1	Presidente ejecutivo
	1	Presidente ejecutivo adjunto
	1	Gerente general
Contabilidad	1	Jefe de contabilidad
	1	Contador adjunto
	1	Asistente contable
Logística	1	Jefe de logística
	2	Asistente de logística
Producción	1	Jefe de producción
	1	Supervisor de plataforma
	12	Operarios
Ventas	1	Gerente de ventas
	1	Jefe de ventas granel
	1	Jefe de ventas envasado
	1	Jefe de Marketing
Administración y Mantenimiento	2	Personal de limpieza
	2	Seguridad
Recursos humanos	1	Gerente de Adm. Finanzas y RRHH
	1	Jefe de tesorería
	1	Asistente de RRHH

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7. Infraestructura, Máquinas, Equipos y Herramientas

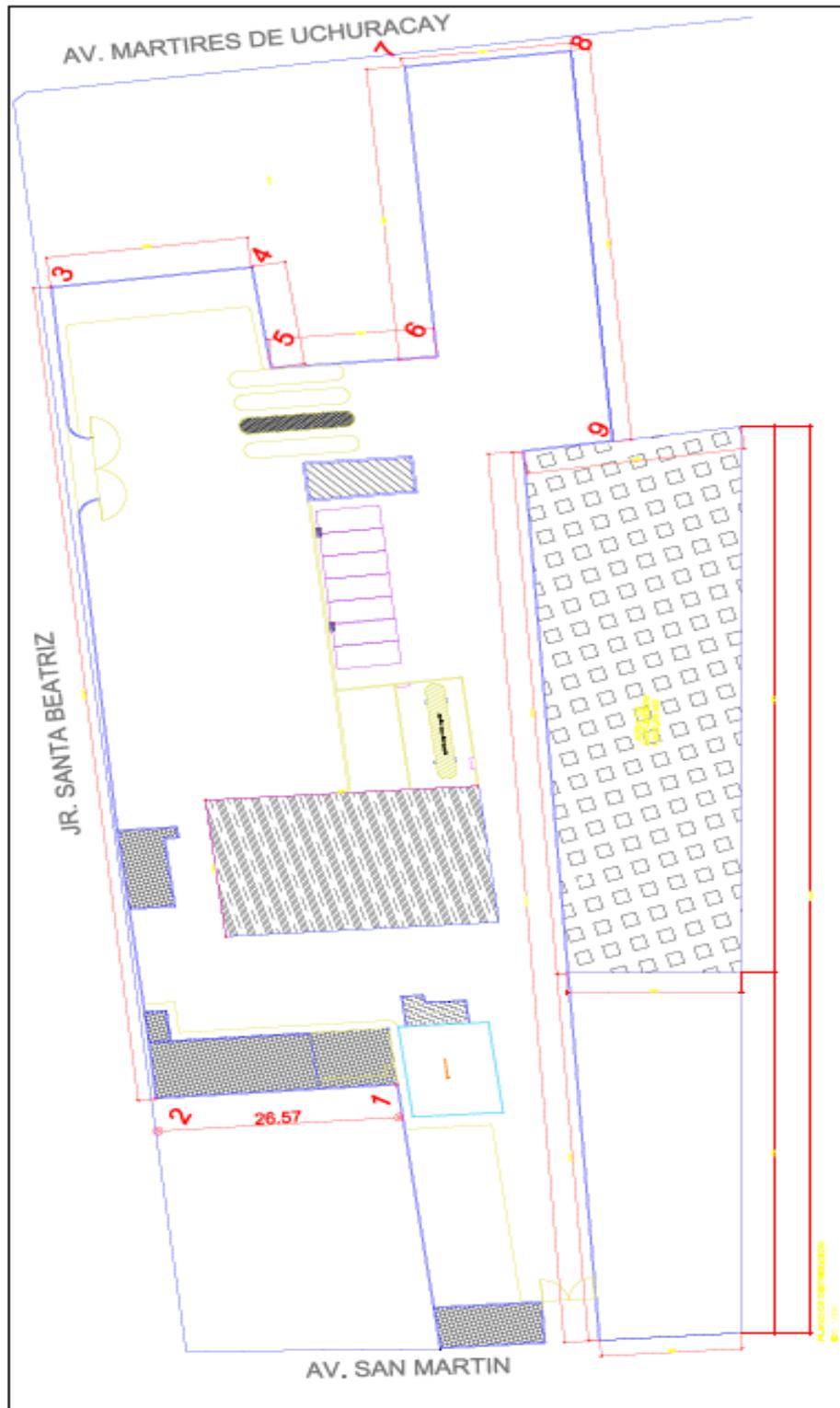


Figura N°07: Plano Caxamarca Gas S.A

Fuente: Caxamarca Gas S.A

En la siguiente tabla se indica la cantidad de máquinas, equipos y herramientas utilizadas en el proceso de envasado de GLP.

Tabla N°08: Máquinas, Equipos y Herramientas.

ITEM	DESCRIPCIÓN	Cantidad
1	Balanzas mecánicas Wega	6
2	Automáticas de GLP llenado Fisher	6
3	Balanza electrónica anti explosión	1
4	Compresor Blackmer Trasiego	1
GLP		
5	Bomba Ckorquer envasado GLP	1
6	Compresor de aire	1
7	Tanques Cisterna de pintado	2
8	Pesa patrón	1
9	"T" probador	1
10	Precintos	
11	Plancha logotipo	1
12	Llenadores normal, premiun y de	6
45		

Fuente: Elaboración Propia

4.1.8. Proveedores y Clientes

En la siguiente tabla se indica los nombres de los proveedores y los insumos que brindan a la empresa.

Tabla N°09: Proveedores de la empresa.

Proveedor	Insumo
PetroPeru	Gas
Chemisa Pinturas	Pinturas
H Y M almacenes generales	Material Almacén
Termoencogibles del Perú	Precintos
Acogas	Artículos para la industria de gas
Kisgal S.A.C	Cilindros para GLP
Gercol Sac	Extintores y el Equipo de protección personal
Servicom Brophy EIRL	Las boletas, facturas y guías de remisión, notas de entrada, notas de salida, check list

Fuente: Elaboración Propia

Se cuenta con más de 100 distribuidores, 3 administradores directos, siendo los principales clientes las amas de casa, ya que para ellas está dirigido el producto, abastece a restaurantes, minas Goldfields en un 100%, Yanacocha en un 40%, Lumina Cooper en un 100%, también se cuenta con puntos de ventas en distintos distritos y ciudades como:

Tabla N°10: Clientes de la Empresa.

Distrito o Ciudad	Cantidad
Cajamarca	20
Chiclayo	3
Cajabamba	2
Chota	1
Huamachuco	1
San Marcos	1
Bambamarca	1
Celendín	1
Baños del Inca	1
Chepén	1

Fuente: Elaboración Propia

4.1.9. Competencia

Sus principales competidores son las empresas: Repsol, Sol Gas, Llama Gas, Pecs Gas, Lima Gas.

4.1.10. Offering

En el siguiente grafico se indica que tipos de presentaciones de envasado de GLP ofrece la empresa, indicando su peso en cada uno de estos.



Figura N°08: Productos de la Empresa.

Fuente: www.Caxagas.com.pe



Figura N°09: Productos de la Empresa.

Fuente: www.Caxagas.com.pe

4.2. Diagrama de proceso de la producción de cilindro de GLP de 10 Kg.

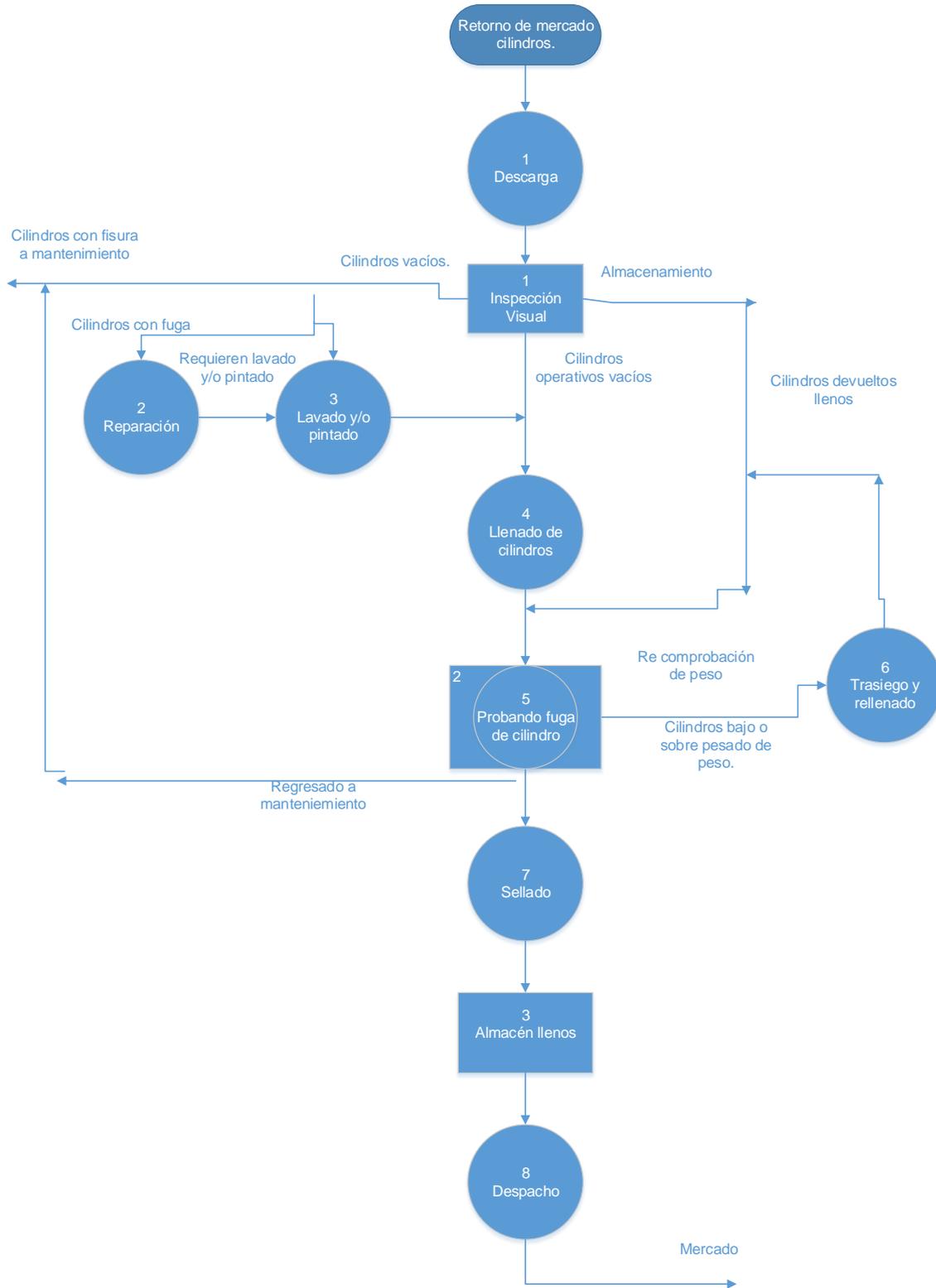


Figura N°10: Diagrama de Procesos de Caxamarca Gas S.A.

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Resultados del diagnóstico.

Tabla N°11: Resultados Diagnóstico actual de la Empresa.

Variables		Unidad	Índice	Indicador
Variable Independiente	Metodología	DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar	Diseño de Implementación de Mejora.
	Seis Sigma			
		Cp	$\frac{10.1 - 9.9}{6(0.1)} = 0.32$	Como el Cp<1 se dice que el proceso no es capaz.
		Cpk	$Mínimo \left[\frac{10 - 9.9}{3(0.1)}, \frac{10.1 - 10}{3(0.1)} \right] = 0.32$	Cpk<1 no cumple con las especificaciones.

Porcentaje Eficiencia	$\frac{676 \text{ balones óptimos}}{1300 \text{ balones totales}} = 0.52$	52% de eficiencia de MP.
--------------------------	---	-----------------------------

Rendimiento de balón de gas.	12 días (anexo N°36)	Aproximadamente un balón de gas dura 12 días en amas de casa.
------------------------------------	----------------------	--

DPMO	$0.3804 \times 1\,000\,000 = 475\,600$	Nivel Sigma (1.56)
------	--	-----------------------

Fuente: Elaboración Propia

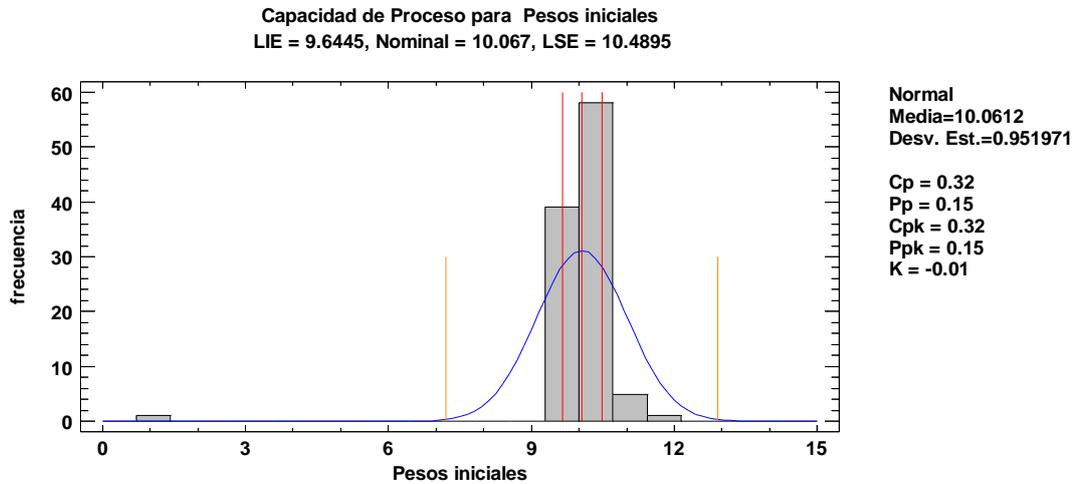


Figura N°11: Índices de Capacidad muestra inicial

Fuente: Statgraphics

En la tabla N° 11 se tomó como datos al Límite Superior con 10.10, Límite Inferior con 9.90, desviación estándar 0.1 y media 10, estos números fueron el pilar de la medición ya que según las normas estos deben ser los parámetros y gracias a estos se pudo medir con mayor precisión la variación del peso en los balones.

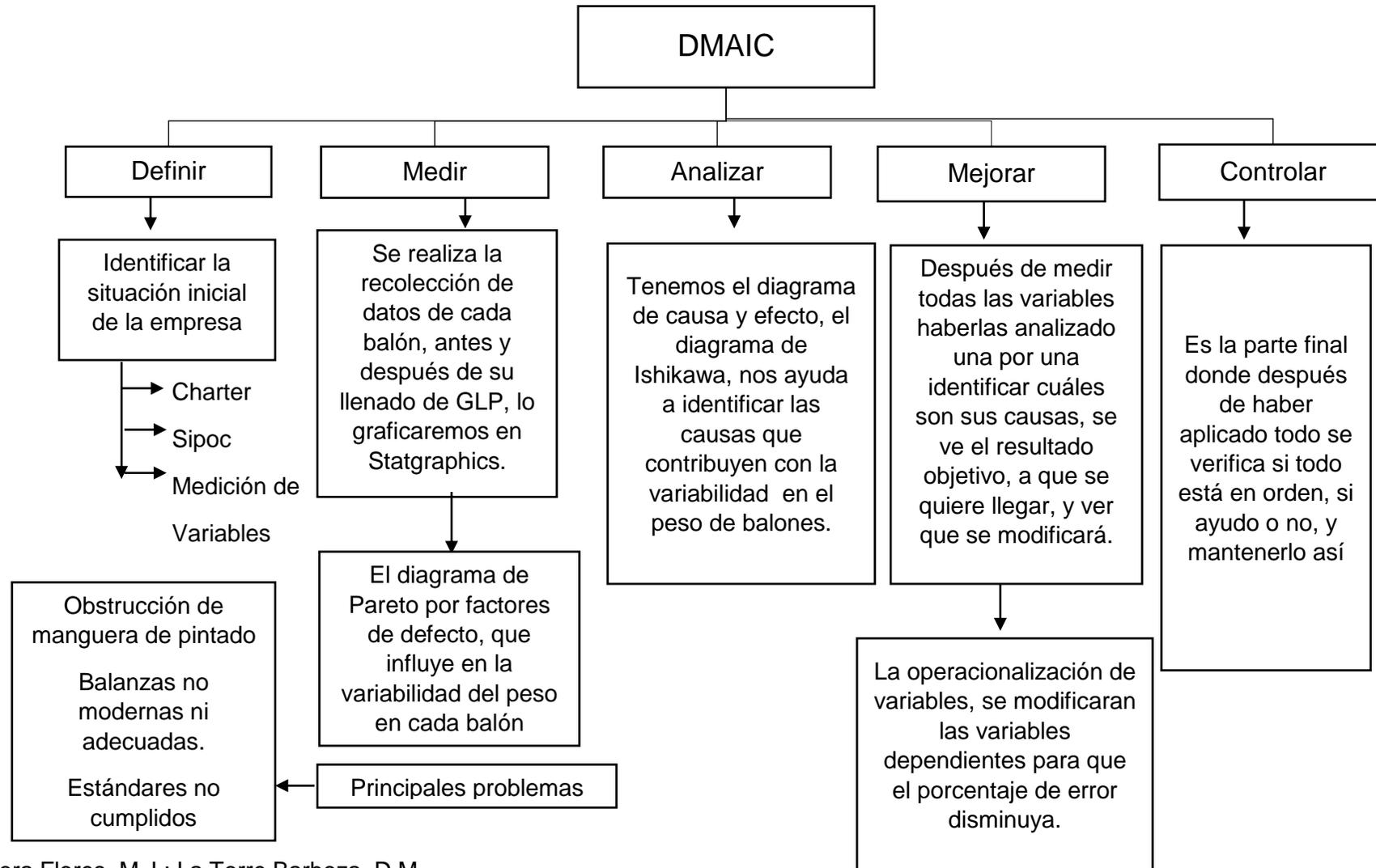
Los datos de porcentaje de eficiencia significan que de 1300 que es la producción (en un turno), 676 balones salen con el peso dentro de los estándares.

Para la medición del rendimiento del balón nos basamos en el consumo de los clientes directos, se aplicó una encuesta la cual se encuentra en el Anexo N° 36; se realizó en la base del Jr. Urrelo ya que es la que más venta genera, esta fue dirigida exclusivamente a las amas de casa que lo consumen en grandes cantidades en cocina.

Finalmente para hallar el nivel sigma se tomó como muestra 328 balones, defectos (fisuras, tamaño, capaz de pintura y válvulas rotas).

4.4. Diseño y desarrollo de la propuesta de mejora.

Para la presente investigación vamos a utilizar la metodología DMAIC de Six Sigma, el cual se desarrollará según:



Fase definir:

Para este ítem nos apoyamos en la herramienta "Project Charter" la cual se detalla en la tabla número 12 que proporciona una delimitación preliminar de las funciones, objetivos, autoridades del proyecto.

Tabla 12: Cuadro del proyecto (Project Charter)

Proyecto	Propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP en la empresa Caxamarca Gas S.A a través de la metodología Six Sigma para mejorar el peso del producto.
Definición	Durante este tiempo, los balones se encontraban con mucha dispersión en su peso, estos no cumplían con las normas, impactando en la calidad del producto y de un cliente insatisfecho llevando como resultado una desconfianza con el producto.
Objetivo	Medir el impacto de la mejora de calidad del producto en peso en la línea de envasado de GLP de la empresa Caxamarca Gas S.A.
Declaración de Metas	Llegar a dar un peso más exacto, que se encuentre dentro de las normativas. La calidad de cada balón mejore en un 40%
Sponsor	M. La Torre (Presidente del directorio ejecutivo)

Equipo	D. La Torre (Líder del proyecto)
Seleccionado	M. Alzamora (Líder del proyecto)
Alcance del Proyecto	El proyecto abarca desde la selección adecuada del balón hasta su disposición final.
Duración del Proyecto	31-marz-2015 al 05 setiembre-2016

Fuente: Elaboración propia

La siguiente herramienta fue el SIPOC detallada en la tabla 13, la cual nos permite analizar el proceso de una manera más detallada, reconociendo al proveedor, entradas y salidas del proceso.

Tabla N°13: SIPOC del proceso d envasado de GLP

S	I	P	O	C
Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
PetroPeru	Gas	El GLP es recepcionado en el tanque estacionario.	GLP listo para envasar.	Operario.
Chemisa Pinturas	Pinturas	La pintura es preparada en planta para luego pasar por la manguera y así el operario pueda pintar cada balón.	Balones pintados.	Operario.
H Y M almacenes generales	Material Almacén	El jefe de logística recibe todo el material que solicita para el desarrollo del trabajo sea en el área administrativa y de producción.	Todo el material necesario en almacén.	Jefe de Logística.

Termoencogibles del Perú	Precintos	Para una mayor seguridad se le coloca un precinto al finalizar el proceso.	Balones asegurados.	Consumidor.
Acogas	Artículos para la industria de gas	Aparte del llenado de GLP, también se realiza instalaciones en locales, para ello se necesitan distintos materiales.	Instalaciones en locales.	Locales.
Kisgal S.A.C	Cilindros para GLP	Son los cilindros que luego de ser inspeccionados pasan a ser llenados con GLP.	Cilindro envasado.	Consumidor.
Gercol SAC	Extintores y el Equipo de protección personal	La jefa de seguridad está encargada de cubrir toda el área con los instrumentos necesarios, aparte de brindar al operario todo el EPP necesario para su labor.	Área segura y EPP necesario.	Operario en plataforma.
Servicom Brophy EIRL	Las boletas, facturas y guías de remisión, notas de entrada, notas de salida, check list	Para tener un mayor control dentro de planta, se realizan facturas y boletas de cada venta y compra, notas de entrada para saber qué productos están saliendo de planta.	Documentación en orden	Área administrativa.

Fuente: Elaboración propia.

En el plan de medición de variables, En la tabla 15, se muestra los niveles y priorización de las variables. En éste orden se realizarán las mediciones, de 1 a 5 de más importante a menos importante.

Tabla N°14: Priorización de variables.

Plan de medición de variables.			
Variables	Unidad	Priorización	Nivel
Independiente	DMAIC	Muy importante	1
	PORCENTAJE	Importante	2
Dependiente	Cp. (Capacidad del proceso)	Importante	2
	Cpi. (Índice de capacidad para la especificación inferior)	Importante	4
	Cpu. (Indicador de Capacidad con especificación Superior)	Importante	4
	Cr. (Índice de capacidad recíproco)	Importante	4
	Cpk. (Índice de capacidad real del proceso)	Importante	2

Fuente: Elaboración propia

Fase Medir:

Diagnóstico inicial

En el área de producción de la empresa Caxamarca Gas S.A. observamos varios puntos críticos como: la mala distribución de planta, la falta de seguridad y la variabilidad de peso en los balones de gas; en este último punto es en el cual nos enfocaremos, por ello se recolectó datos para poder ingresarlos en el software STATGRAPHICS y poder encontrar las variantes que causan este problema.

Tabla N° 15: Variabilidad del Peso.

Balón con peso después de llenado de GLP	Balón con peso de tara	Balón con peso después de llenado de GLP	Balón con peso de tara
19,25	10,10	20,20	10,20
20,95	10,30	22,35	11,75
20,59	10,30	19,95	9,50
19,05	8,85	20,95	10,50
19,95	9,90	20,55	10,50
20,85	10,25	20,00	9,75
19,65	9,80	21,98	11,70
19,50	9,95	20,95	10,7
20,60	10,55	20,25	10,15
19,55	9,8	19,70	9,55
19,75	9,5	20,90	9,15
20,45	10,6	19,85	9,90
20,85	10,2	20,94	10,70
19,75	9,5	21,35	10,20
20,10	9,75	20,25	10,05

20,05	10,10	21,50	10,90
20,75	10,2	20,70	10,15
20,20	10,20	20,95	10,45
20,20	10,20	20,62	9,60
21,05	10,75	20,50	10,10
20,80	19,85	20,35	10,35
19,95	9,70	20,85	10,85
18,95	8,85	20,40	9,35
19,90	9,80	20,75	10,60
22,10	12,20	20,10	9,9
20,25	10,25	21,00	11,05

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 12 mostramos el gráfico de control del primer turno de trabajo en la empresa Caxamarca Gas. S.A.

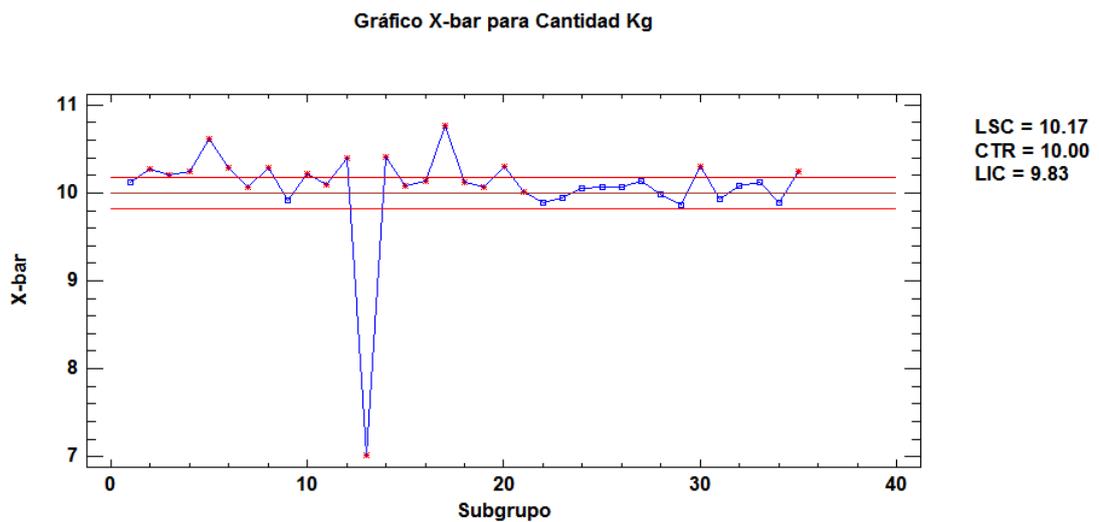


Figura N°12: Cantidad de Kg primer turno.

Fuente: Elaboración Propia

Ahora en la figura 13 vemos la toma de datos obtenidos en la segunda jornada de labor.

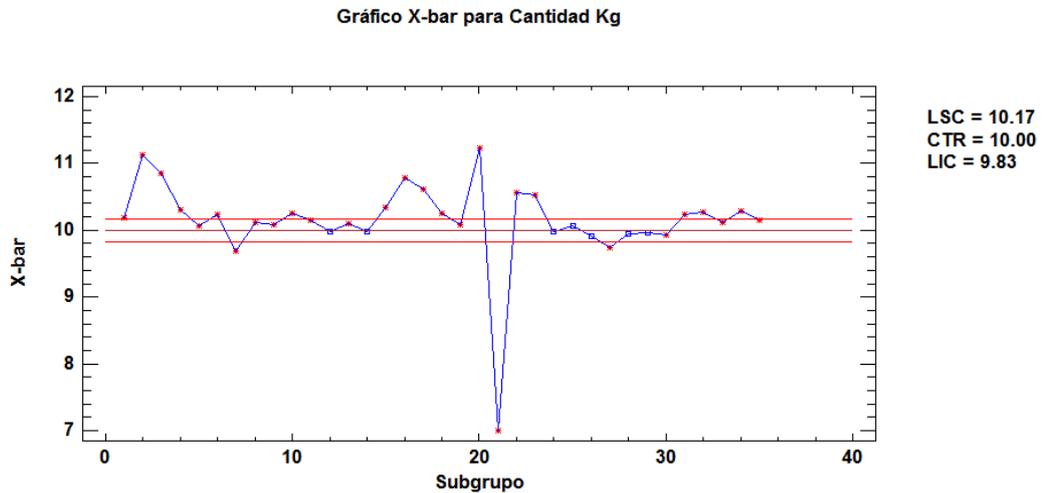


Figura N°13: Cantidad de Kg segundo turno.

Fuente: Elaboración Propia

Después de recopilar datos se observa que hay varios puntos fuera de los límites, lo cual no es beneficioso para la empresa ya que daña tanto su imagen como también sus costos puesto que en algunos casos se da más en cada balón regalando prácticamente el GLP; después del anterior análisis descartamos que el problema principal se encuentre en los operarios ya que tanto en trabajadores nuevos como antiguos sucede estos desniveles del producto.

Notamos que en ciertas líneas de envasado habían fugaz por lo que se decidió aplicar un muestro de 120 balones de gas en cada línea de envasado, se obtuvieron los siguientes gráficos de control:

Gráfico X-bar para Kg Línea 1

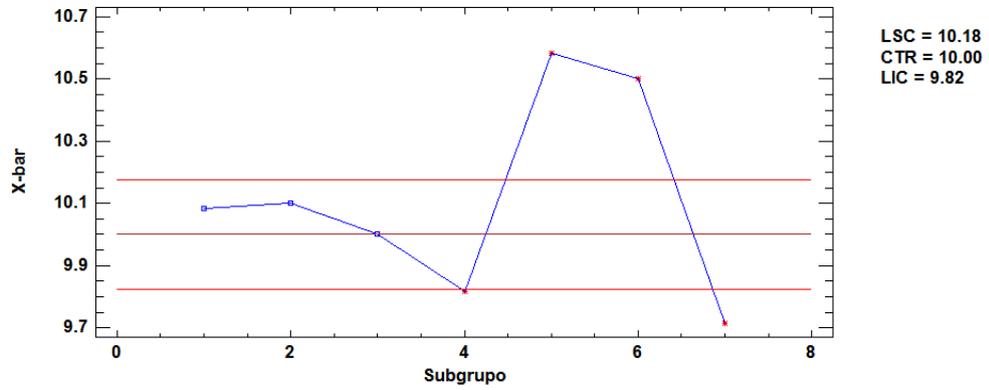


Figura N°14: Cantidad de Kg en la primera línea de envasado.

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico X-bar para Kg Línea 2

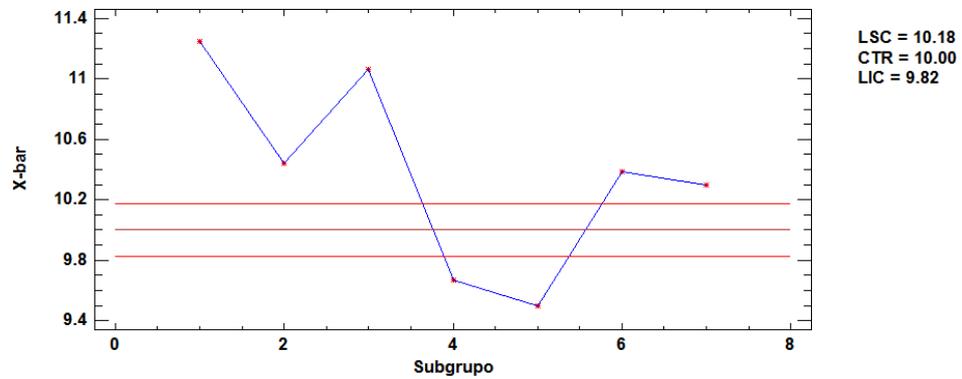


Figura N°15: Cantidad de Kg en la segunda línea de envasado.

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico X-bar para Kg línea 3

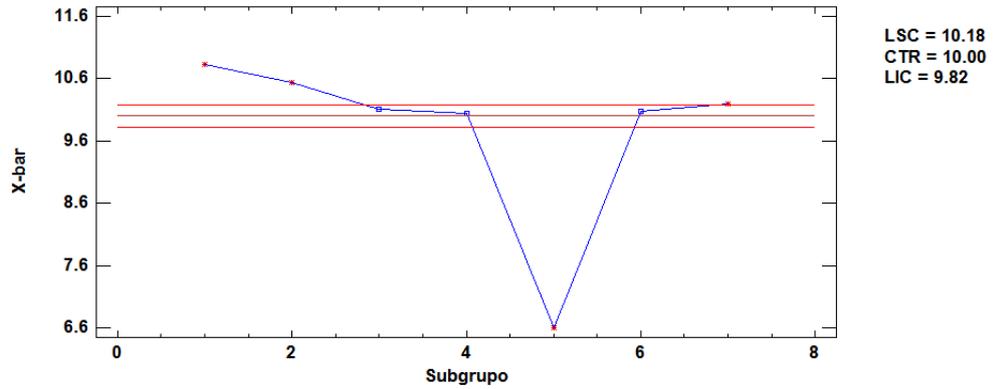


Figura N°16: Cantidad de Kg en la tercera línea de envasado.

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico X-bar para Kg línea 4

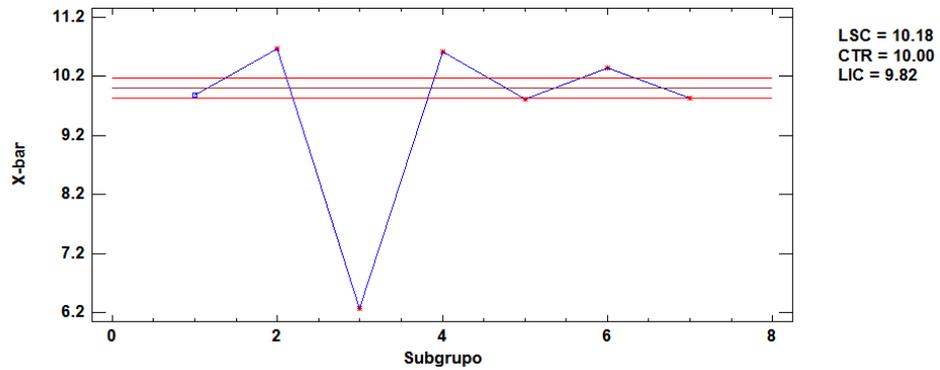


Figura N°17: Cantidad de Kg en la cuarta línea de envasado.

Fuente: Elaboración Propia

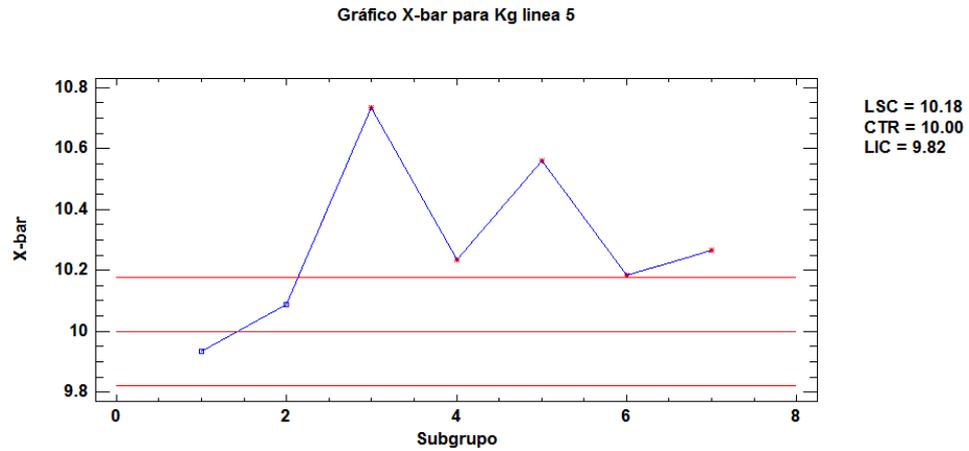


Figura N°18: Cantidad de Kg en la quinta línea de envasado.

Fuente: Elaboración Propia

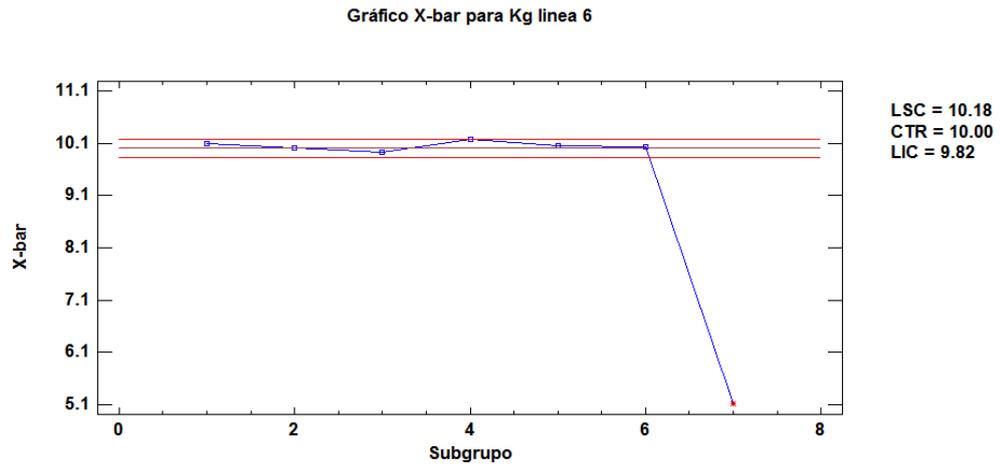


Figura N°19: Cantidad de Kg en la sexta línea de envasado.

Fuente: Elaboración Propia

En las líneas 2,4 y 5 es en donde se observa mayor variabilidad en los productos ya que los puntos rojos son más a comparación de las otras líneas por ende serían los principales causantes de los desniveles en producción.

Como siguiente paso, aplicamos el Diagrama de Pareto debido a que la empresa no da una vida útil a los balones y así poder ver las causas más principales que se dan en estos.

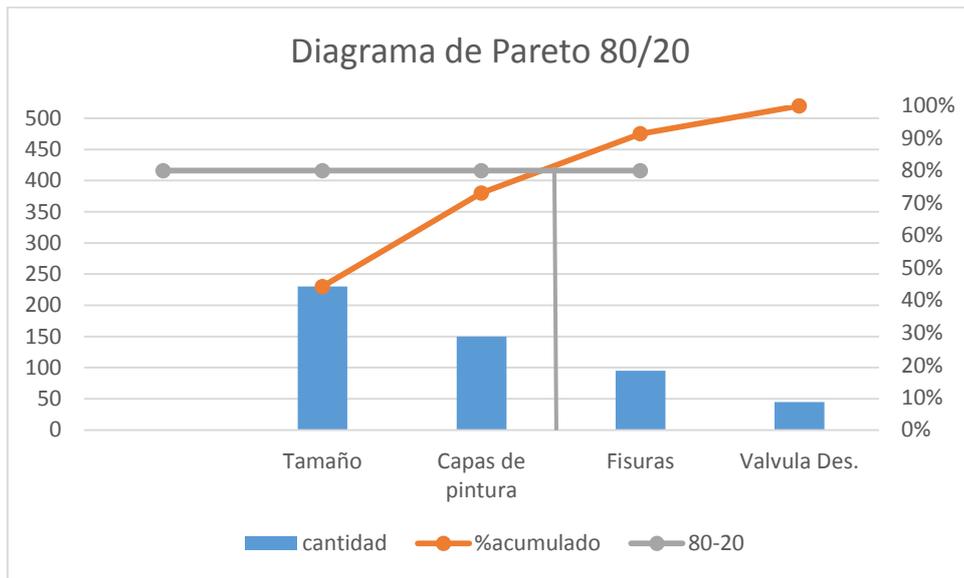


Figura N°20: Diagrama de Pareto por Factores de Defectos en cada balón.

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, los datos obtenidos mediante la técnica de 80/20 se tiene como principales causas: tanto el tamaño como las capas de pintura en el tema de balones en mala condición, y como defectos secundarios están las fisuras y válvulas rotas con porcentajes de 18% y 8% respectivamente.

Fase Análisis:

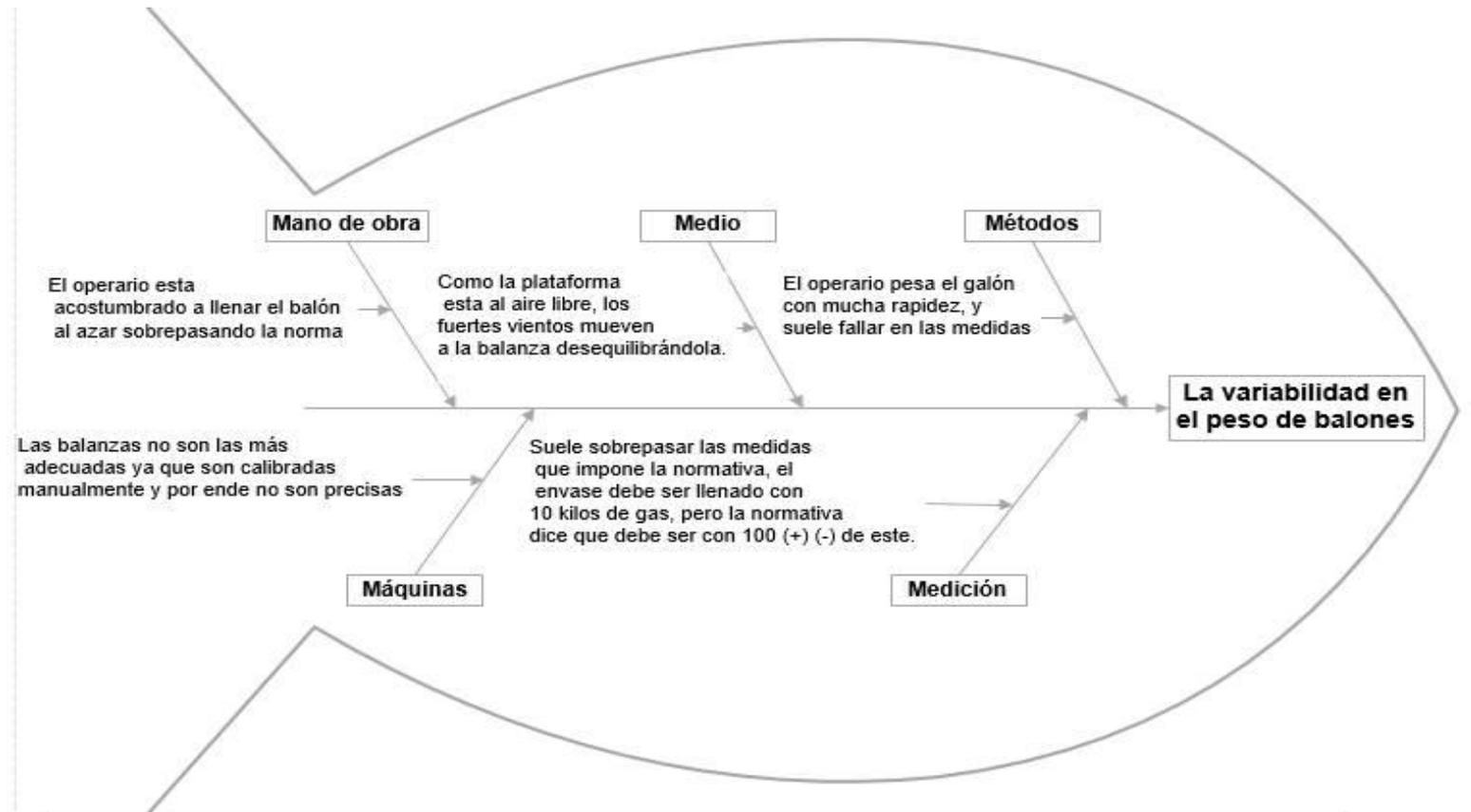


Figura N°21: Diagrama de Ishikawa sobre variabilidad en peso

Fuente: Elaboración propia

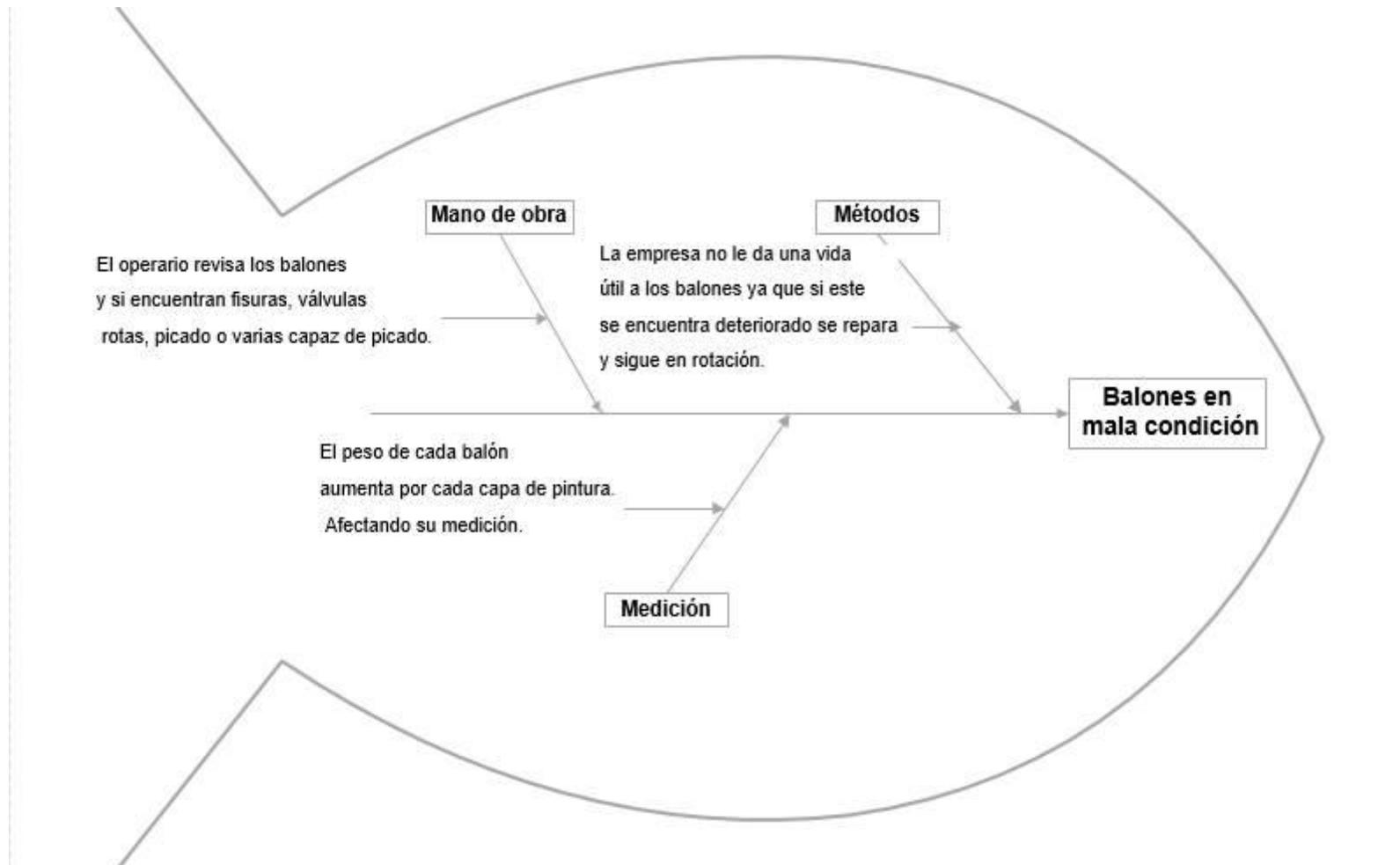


Figura N°22: Diagrama de Ishikawa sobre balones en mala condición.

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 21 mostramos la variabilidad en el peso de balones aplicando las seis M, el ítem menos importante ya que no afectaba en nada a las causas es el de materia prima, por otro lado el de mayor importancia es el de medición ya que sobrepasa el límite de 100 gramos (+) (-), también se ve que las condiciones climáticas afecta puesto que el área de producción se encuentra a la intemperie y cuando hay fuertes vientos lo cual es muy recurrente mueve y altera a la balanzas, dando como resultados mediciones no exactas, luego se notó que los operarios que cuentan con mayor tiempo de trabajo en la empresa se habían acostumbrado a llenar el balón al azar, con respecto a maquinaria no son las más modernas ni las adecuadas y se evidencia fallas en 3 de 6 líneas de envasado, luego en sus métodos el operario se ha mecanizado a pesar cada balón rápidamente pero solo en el proceso de tara y no existe un pesado luego del llenado del GLP.

Luego en la Figura 22 se analizó a los balones en mala condición también con el uso de las seis M, aquí nos encontramos con tres ítem sin importancia que son máquinas, materia prima y medio ambiente; dando como primordial déficit al tema de métodos puesto que la empresa no le brinda una vida útil a cada balón ya que si se encuentra en malas condiciones solo se lo repara y continúa en rotación, además de tener distintos tipos de balones porque se cuenta con balones de las competencias los cuales pasan a ser pintados de color celeste y salen al mercado. Otro punto importante es el de la medición ya que mayormente los balones cuentan con un sin número de capaz de pintura afectando así su medición, por su parte los operarios simplemente ven las condiciones en la que se encuentra cada balón si el problema no es mucho lo mandan a producción y si no se separa del resto por malas condiciones.

Fase Mejorar:

Después de medir las variables: porcentaje de productividad, rendimiento del balón, capacidad del proceso, capacidad para la especificación inferior, capacidad con especificación superior, Índice de capacidad recíproco e Índice de capacidad real del proceso antes de aplicar la propuesta; se propuso a la empresa comprar nuevas balanzas y optar por balones nuevos.

Anteriormente contaban con seis máquinas en malas condiciones, luego se procedió a darles un mantenimiento correctivo y además obtuvieron cuatro balanzas nuevas de marca ESEL modelo JV20 las cuales aseguran una medida precisa; también se contrató a una tercera empresa "Te Calibro" la cual brinda cilindros de gas que cumplan con las siguientes características: los componentes de la válvula son de una aleación cobre-zinc, los resortes de las válvulas son de acero inoxidable, tendrán un acabado mecánico estará libre de óxido, hendiduras, grietas u otros defectos.

Finalmente al realizar todos estos cambios se logrará un cambio significativo del nivel sigma en la presente investigación; por lo que aplicó una encuesta la cual se detalla en el Anexo 47 – pregunta 3 al cliente cuan satisfecho estaba actualmente dándonos un porcentaje del 48%.

Fase Controlar:

Para culminar se compara los resultados del antes y después de la mejora, donde se presencia la diferencia entre ambos resultados siendo mejor los que fueron realizados después de la mejora y para poder mantener este resultado se contrató a dos asistentes de producción las cuales toman datos diariamente del peso de los cilindros de gas al azar por balanza de acuerdo a la producción, además se implementó un formato de Control de Verificación de Pesos, donde se detalla fecha, hora, número de balanza, peso lleno, peso tara y peso neto, la cual sirve para la aceptación o rechazo de los cilindros de gas, la cual se puede observar en la figura 23.

CAXAGAS					
CONTROL DE VERIFICACIÓN DE PESO					
Fecha: 01/08/2016		001- N° 300404			
Hora: 02:30 P.M.		Tamaño de Lote: 09			
N°	Tipo	P. Lleno	Tara	Neto	Aceptación
1	10K	20,40	10,30		
2	10K	20,10	10		
3	10K	20,90	10,7		
4	10K	19,8	9,7		
5	10K	20,10	10		
6	10K	20,15	10,05		
7	15K	28,7	13,85		
8	15K	28,7	13,7		
9	15K	21,1	16,80		
10	15K	30	14,85		
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Nombre: Sneyla Vargas V°B° Supervisor

Figura N°23: Control de verificación de peso

Fuente: Empresa Caxamarca Gas S.A.

4.5. Resultados de la implementación de la propuesta de mejora.

Como parte de la implementación en la propuesta de mejora a la empresa Caxamarca Gas S.A. se comprobó que la causa principal se encontraba en la maquinaria tanto en las líneas de envasado de GLP como en la balanza mecánica utilizada para realizar la tara de cada balón por ello se recomendó adquirir una nueva balanza; pero en la visión de la empresa esta se proyecta en automatizar completamente la planta de producción, por lo que la empresa decidió mandar a mantenimiento todas sus máquinas, contratando una tercera empresa, siendo esta la que recomendó que las máquinas se sometieran a un mantenimiento anual. La cual se detalla en la tabla N° 16.

Tabla N°16: Ejemplo de cronograma de Mantenimiento Preventivo y Calibración.

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACIÓN													
Nombre del equipo:													
Tipo de equipo:													
Marca:													
Modelo:													
Referencia:													
Serie:													
Servicio en el que se encuentra ubicado:													
N° Placa o código de inventario:													
Observaciones													
Calibración	Mantenimiento Preventivo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Fuente: Elaboración Propia

Otra causa es sobre la variabilidad del peso neto del balón en tara, esto se debía a que no todos los balones procedían de la misma empresa dando notables diferencias en los tamaños y forma de balones, así como la excesiva cantidad de capas de pinturas en estos, por lo que se recomendó trabajar con balones nuevos.

Después de coordinar con la empresa para llevar a cabo estos cambios se obtuvo una inmediata respuesta por parte de esta, obteniendo así un gran cambio con respecto al peso de cada balón mejorando notablemente la calidad de este.

4.6. Medición de los Indicadores después de la implementación

Para calcular los nuevos indicadores, utilizaremos solamente el software STATGRAPHICS para obtener datos más precisos.

Para la obtención de nuestros nuevos límites se procederá a eliminar todos aquellos puntos que se encontraban fuera de los límites establecidos, como se puede apreciar en la figura 24.

Prueba Inicial

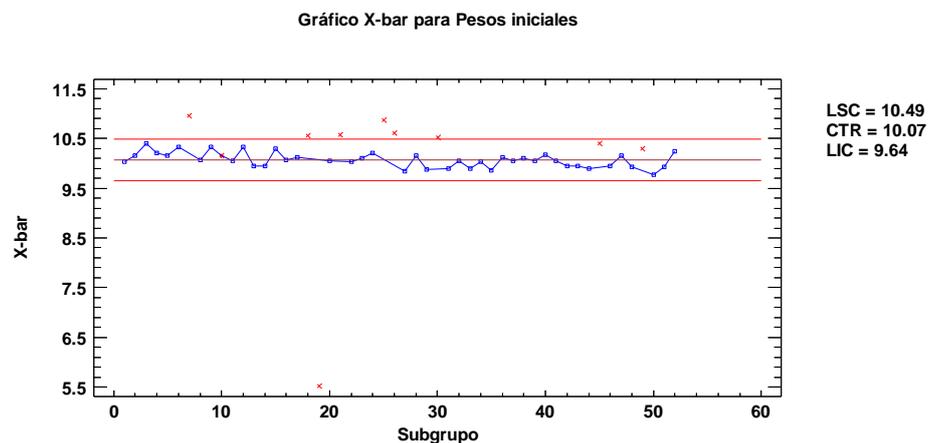


Figura N°24: Gráfico pesos iniciales sin puntos fuera de límites.

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico X-bar

Período	#1-52
LSC: +3.0 sigma	10.4895
Línea Central	10.067
LIC: -3.0 sigma	9.6445

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Período	#1-52
LSC: +3.0 sigma	0.734
Línea Central	0.224651
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

Estimados

Período	#1-52
Media de proceso	10.067
Sigma de proceso	0.199159
Rango promedio	0.224651

Con los datos obtenidos anteriormente procedemos a realizar la corrida con los nuevos pesos de cilindros de gas, el cual se detalla a continuación:

Prueba de control – Final

Gráfico X-bar para Pesos despues de Mejora

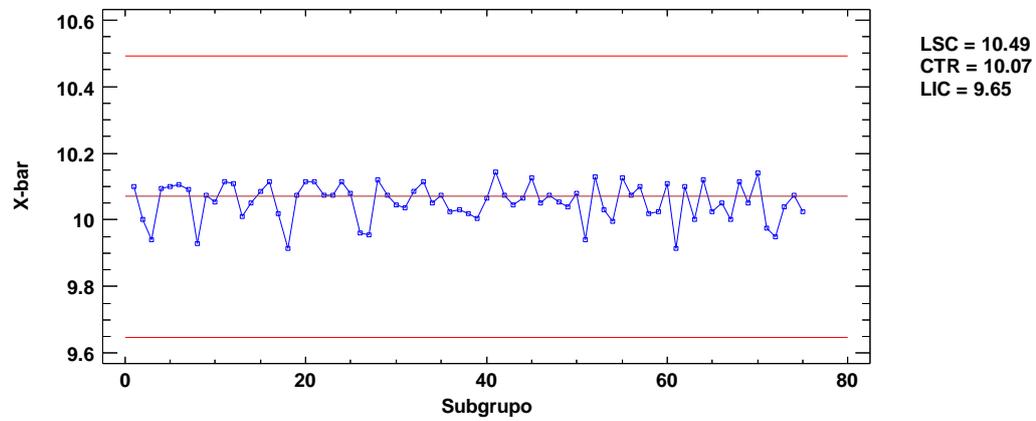


Figura N°25: Gráfico pesos luego de la mejora.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico X-bar

Período	#1-75
LSC: +3.0 sigma	10.4925
Línea Central	10.07
LIC: -3.0 sigma	9.64752

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Período	#1-75
LSC: +3.0 sigma	0.734
Línea Central	0.224651
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

Estimados

Período	#1-75	Estándar
Media de proceso	10.0547	10.07
Sigma de proceso	0.06513	0.199159
Rango promedio	0.0734667	

Sigma estimada a partir del rango medio

Capacidad de Proceso para Pesos despues de Mejora
 LIE = 9.64752, Nominal = 10.07, LSE = 10.4925

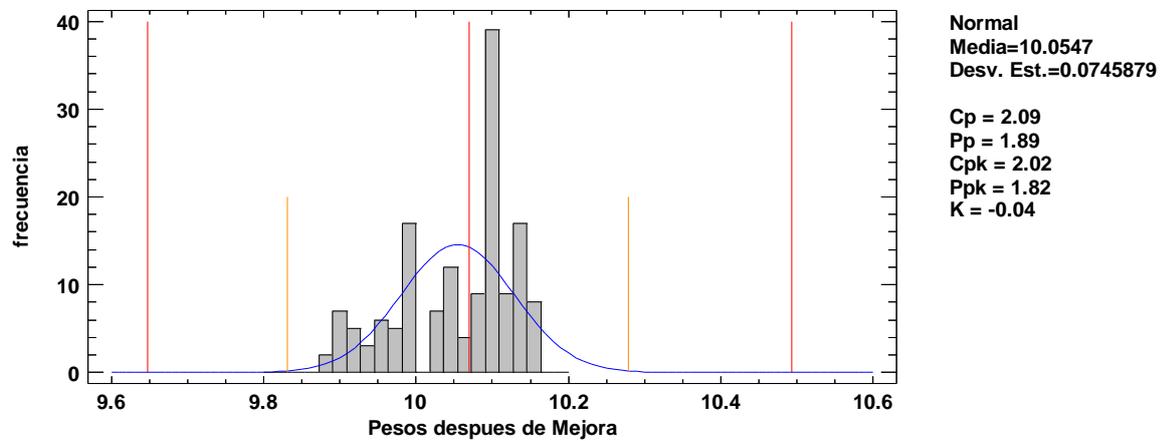


Figura N°26: Índices de capacidad después de la mejora.

Fuente: Elaboración propia.

- **Índice de Capacidad**

$$Cp = 2.09$$

Según figura 35, nuestro índice Cp cuenta con calidad seis sigmas.

Valor del Cp.	Clase de proceso	Decisión
$Cp. > 2$	Clase mundial	Tiene calidad seis sigma
$1.33 \leq Cp. \leq 2$	1	Mas que adecuado
$1 \leq Cp. < 1.33$	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme el Cp. se acerca a uno.
$0.67 \leq Cp. < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$Cp. < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias.

Figura N°27: valores de Cp

Fuente: (Industrial, 2016)

- **Índice de Capacidad Real**

$$Cpk = 2.02$$

Ya que el valor Cpk es mayor que 1, indica que el proceso está fabricando productos que cumplen con las especificaciones.

- **Porcentaje de Eficiencia**

$$\frac{1000 \text{ balones óptimos}}{1300 \text{ balones totales}} = 0.77 = 77\%$$

Después de la implementación de mejora se logró aumentar a 77% de eficiencia de materia prima.

- **Rendimiento Balón de Gas**

Se aplicó una nueva encuesta (Anexo N° 47) a los clientes (amas de casa) de la empresa Caxamarca Gas S.A. obteniendo un rendimiento por cada balón de aproximadamente 18 días.

- **Defectos por Millón de Oportunidades**

Muestra: 500

Población:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 500}{0.01^2 \times (500 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = 494$$

$$DPO = \frac{500}{494 \times 4} = 0,253\ 036$$

$$DPMO = 253\ 036$$

Tabla N°17: Tabla de Conversión de Capacidad de Proceso en Sigmas.

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%

5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	5	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.90%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Fuente: Brassard, Michael & Ritter Diane, El impulsor de la memoria TM II Seis Sigma

Elaboración Propia

Este dato se encuentra entre los valores de 274 253 y 241 964 por lo que interpolando datos nos da un nivel sigma de 2,2.

4.7. Resultados del análisis económico

A continuación se analiza el costo de la implementación de la metodología Six Sigma propuesto, para lo cual se detallan todos los costos involucrados a continuación:

❖ **Inversión de activos intangibles.**

En la tabla 18 se describen los materiales, la cantidad y los costos unitarios del material que se utilizó al implementar la metodología Six Sigma en la empresa Caxamarca Gas S.A.

Tabla N°18: Inversión de activos intangibles.

TEIM	CANTIDAD INICIAL	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSIÓN
UTILES DE ESCRITORIO				
USB	2	Unidad	S/. 18.00	S/. 36.00
Papel A4 (millar)	1	millar	S/. 11.00	S/. 11.00
CD'S regrabables	5	Unidad	S/. 1.00	S/. 5.00
Lapiceros	2	caja	S/. 23.00	S/. 46.00
Plumón indeleble	2	Unidad	S/. 2.50	S/. 5.00
Perforador	1	Unidad	S/. 15.00	S/. 15.00
Engrapador	1	Unidad	S/. 16.00	S/. 16.00
EQUIPOS DE OFICINA				
Laptop	2	Unidad	S/. 1,550.00	S/. 3,100.00
Escritorio	1	Unidad	S/. 250.00	S/. 250.00
Sillas de oficina	2	Unidad	S/. 150.00	S/. 300.00
Stans	1	Unidad	S/. 100.00	S/. 100.00
Cámara fotográfica	1	Unidad	S/. 550.00	S/. 550.00
MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN				
Talonario de Control	2	millar	S/. 50.00	S/. 100.00
EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN				
Balanzas ESEL modelo JV-20	4	unidad	S/. 35,763.80	S/. 143,055.20
Balanza Tara	1	unidad	S/. 15,000.00	S/. 15,000.00
TOTAL INVERSION				162,589.20

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Otros gastos:**

En la tabla 19 se presenta los gastos adicionales generados en la mejora de la implementación de la Metodología Six Sigma.

Tabla N°19: Otros Gastos.

ITEM	CANTIDAD	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVERSION
Nuevos cilindros	7000	cilindros	S/. 59.00	S/. 413,000.00
Mantenimiento de Balanzas	2	veces	S/. 500.00	S/. 1,000.00
TOTAL OTROS GASTOS				414,000.00

Fuente: Caxamarca Gas S.A.

❖ **Gastos de personal.**

En la tabla 20, se detalla el personal necesario para la implementación y el costo unitario que generaran por mes y por colaborador.

Tabla N°20: Gastos de Personal

ITEM	CANTIDAD	MEDIDA	PRECIO UNITARIO	NUM. PERSONAS	TOTAL INVERSIÓN
Asistentes de Producción	12	meses	S/. 750.00	2	S/. 18,000.00
TOTAL GASTOS DE PERSONAL					18,000.00

Fuente: Elaboración Propia

❖ **Costos proyectados – Implementación de la metodología Six Sigma.**

En la tabla 21 se determinan los costos proyectados a cinco años, durante este tiempo, el mayor costo que se genera son las Balanzas ESEL modelo JV-20.

Tabla N°21: Costos proyectados.

ITEMS	AÑO: 0	AÑO: 1	AÑO: 2	AÑO: 3	AÑO: 4	AÑO: 5
INVERSIÓN DE ACTIVOS TANGIBLES	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	162,589.20	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
UTILES DE ESCRITORIO						
USB	S/.					
	36.00					
Papel A4 (millar)	S/.					
	11.00					
CD's regrabables	S/.					
	5.00					
Lapiceros	S/.					
	46.00					
Plumon indeleble	S/.					
	5.00					
Perforador	S/.					
	15.00					
Engrampador	S/.					
	16.00					
EQUIPOS DE OFICINA						
Laptop	S/.					
	3,100.00					
Escritorio	S/.					
	250.00					
Sillas de oficina	S/.					
	300.00					

Stans	S/.					
	100.00					
Cámara fotográfica	S/.					
	550.00					
MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN						
Talonario de Control	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN						
Balanzas ESEL modelo JV-20	S/.					
	143,055.20					
Balanza Tara	S/.					
	15,000.00					
OTROS GASTOS	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	413,000.00	413,000.00	413,000.00	413,000.00	413,000.00	413,000.00
Nuevos cilindros	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	413,000.00	413,000.00	413,000.00	413,000.00	413,000.00	413,000.00
Mantenimiento de balanzas	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
GASTOS DE PERSONAL	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00
Asistentes de Producción	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00
TOTAL DE GASTOS	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	593,589.20	431,100.00	431,100.00	431,100.00	431,100.00	431,100.00

Fuente: Elaboración Propia.

❖ **EVALUACIÓN C/B: VAN, TIR, IR.**

Se presenta el análisis de la sensibilidad para tres escenarios, primer escenario óptimo, segundo escenario pesimista y el tercer escenario el optimista.

➤ **Escenario Óptimo.**

En este escenario el ingreso está representado por cada línea de producción, en la línea 1 se reduce la pérdida en un 47%, en la línea 2 en un 33%, línea 3 en un 42%, línea 4 en un 38%, línea 5 en un 36% y la línea 6 en un 44%, con la implementación de la metodología Six Sigma, como muestra la tabla .

✓ **Análisis de los indicadores.**

En la tabla 22, indica la pérdida actual que se genera por cada línea de envasado, en la línea 1 se tenía una pérdida económica de S/. 337363.0, en la línea 2 S/. 318085.11, en la línea 3 S/. 335756.50, en la línea 4 S/. 321298.09, en la línea 5 S/. 306839.68 y en la línea 6 S/. 279529.34.

Después de implementar las mejoras propuestas, se logró ahorrar en la línea 1 S/. 159042.55, en la línea 2 S/.106028.37, en la línea 3 S/. 141371.16, en la línea 4 S/. 122093.27, en la línea 5 S/. 109241.35 y en la línea 6 S/. 123699.76.

Tabla N°22: Análisis de los indicadores.

INDICADORES	LINEA 01			LINEA 02			LINEA 03		
	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO
Ahorro por línea de envasado	S/. 337,363.0 0	S/. 178,320.4 4	S/. 159,042.56	S/. 318,085.11	S/. 212,056.74	S/. 106,028.37	S/. 335,756.5 1	S/. 194,385.3 5	S/. 141,371.16

INDICADORES	LINEA 04			LINEA 05			LINEA 06			Beneficio total
	ANTES	DESPUE	BENEFICIO	ANTES	DESPUE	BENEFICIO	ANTES	DESPUE	BENEFICIO	
Ahorro por línea de envasado	S/. 321,298.1 0	S/. 199,204.8 2	S/. 122,093.2 8	S/. 306,839.6 8	S/. 197,598.3 3	S/. 109,241.3 5	S/. 279,529.3 4	S/. 155,829.5 8	S/. 123,699.7 7	761,476.4 9

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Ingresos proyectados.

La tabla 23, muestra los ingresos proyectados en un periodo de 5 años las cuales se mantienen constantes.

Tabla N°23: Ingresos proyectados.

INGRESOS PROYECTADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	761,476.49	761,476.49	761,476.49	761,476.49	761,476.49

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Tasa COK.

De acuerdo a los datos obtenidos por los estados financieros de la empresa Caxamarca Gas S.A, se ha logrado calcular lo siguiente:

$$CPPC = WACC = \frac{D}{D+C} \times Kd \times (1 - T) + \frac{C}{D+C} \times Ke$$

Leyenda:

D= Deuda

K= Capital

Kd= Costo Deuda 9.00%

T= Impuesto a la Renta 30%

Ke= Rentabilidad Accionista ROE Balance General

CPPC = Costo Promedio Ponderado de Capital

DEUDA	3,594,096	50%
CAPITAL	3,617,700	50%
TOTAL	7,211,797	100%

RENTA NETA IMPONIBLE	1,589,468
IMP. A LA RENTA	428,590
	1,160,878

$$Ke = Roe = \frac{UTILIDAD NETA}{TOTAL PATRIMONIO} = \frac{1,160,878.32}{3,617,700.39} = 32\%$$

$$CPPC = 19.24\%$$

✓ Flujo de caja neto proyecto.

La tabla 24, muestra los ingresos netos proyectados en un periodo de 5 años.

Tabla N°24: Flujo de caja.

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
-593,589.20	330,376.49	330,376.49	330,376.49	330,376.49	330,376.49

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28, se muestran los ingresos netos obtenidos para los 5 años en el escenario optimo, para lo cual se ha tenido en cuenta un COK de 19.24%.

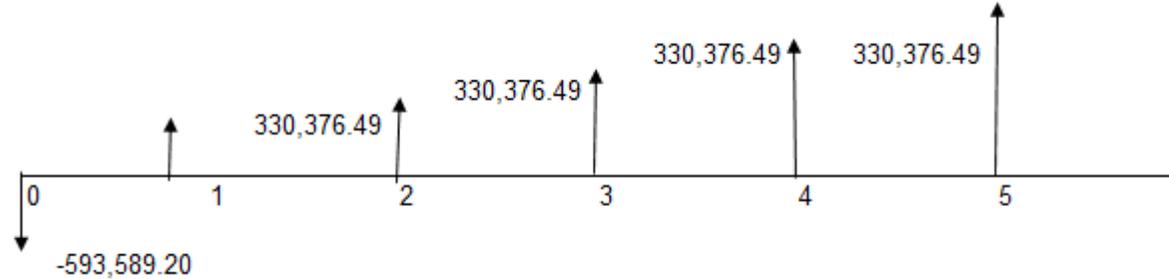


Figura N°28: Ingresos netos.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25, se determinan los indicadores económicos sobre la viabilidad del proyecto.

Tabla N°25: Indicadores económicos.

COK	19.24%
VA	S/. 1,004,857.62
VAN	411,268.42
TIR	48%
IR	1.69

Fuente: Elaboración propia.

- **VAN:** La propuesta si es aceptada ya que podría generar una utilidad de S/. 411268.42.
- **TIR:** La propuesta de mejora si es aceptada ya que es mayor que el COK.
- **IR:** Por cada sol invertido retorna 0.69 soles.

➤ **Escenario Pesimista.**

En este escenario el ingreso se implementa solo en la línea 1 a un 41%, en la línea 2 a un 30%, línea 3 a un 39%, línea 4 a un 35%, línea 5 a un 31% y la línea 6 a un 48%, esto se debe a que no se han implementado las propuestas que se presentó, ya que ninguna de las maquinas paso por un mantenimiento, por ende todas están desequilibradas.

✓ Análisis de los indicadores.

En la tabla 26, indica la pérdida en un inicio que se genera por cada línea de envasado, en la línea 1 se tenía una pérdida económica de S/. 337363.0, en la línea 2 S/. 318085.11, en la línea 3 S/. 335756.50, en la línea 4 S/. 321298.09, en la línea 5 S/. 306839.68 y en la línea 6 S/. 279529.34.

Después en el escenario pesimista no se logra ahorrar mucho como se muestra en la línea 1 S/.138158.18, en la línea 2 S/.94782.94, en la línea 3 S/. 130125.73, en la línea 4 S/. 112454.33, en la línea 5 S/. 94782.94 y en la línea 6 S/. 106028.37.

Tabla N°26: Ingresos de los indicadores escenario pesimista.

INDICADORES	LINEA 01			LINEA 02			LINEA 03		
	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO
Ahorro por línea de envasado	S/. 337,363.00	S/. 199,204.82	S/. 138,158.18	S/. 318,085.11	S/. 223,302.18	S/. 94,782.94	S/. 335,756.51	S/. 205,630.78	S/. 130,125.73

INDICADORE S	LINEA 04			LINEA 05			LINEA 06			Beneficio total
	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	
Ahorro por línea de envasado	S/. 321,298.10	S/. 208,843.76	S/. 112,454.33	S/. 306,839.68	S/. 212,056.74	S/. 94,782.94	S/. 279,529.34	S/. 173,500.97	S/. 106,028.37	S/. 676,332.49

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Ingresos proyectados.

La tabla 27, muestra los ingresos proyectados en un periodo de 5 años las cuales se mantienen constantes en el escenario pesimista.

Tabla N°27: Ingresos proyectados escenario pesimista.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS PROYECTADOS	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
	676,332.49	676,332.49	676,332.49	676,332.49	676,332.49

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Flujo de caja neto proyecto.

En la tabla 28, se muestra el flujo de caja proyectado para cinco años del escenario pesimista.

Tabla N°28: Flujo de ingresos neto proyectado escenario pesimista.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	-					
593,589.20		245,232.49	245,232.49	245,232.49	245,232.49	245,232.49

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, se muestran los ingresos netos obtenidos para los 5 años en el escenario pesimista, para lo cual se ha tenido en cuenta un COK de 19.24%.

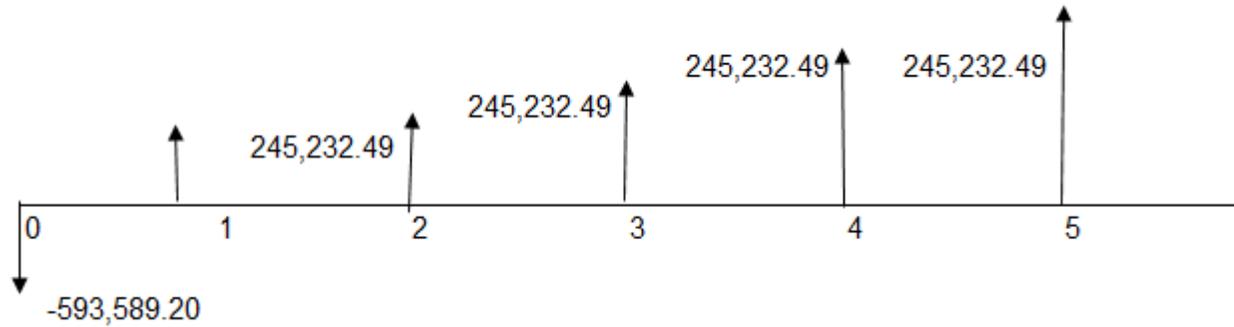


Figura N°29: Ingresos netos en escenario pesimista.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29, se determinan los indicadores económicos en escenario pesimista.

Tabla N°29: Indicadores económicos escenario pesimista.

COK	19.24%
VA	S/. 745,887.64
VAN	S/. 152,298.44
TIR	30%
IR	1.26

Fuente: Elaboración propia.

- **VAN:** La propuesta si es aceptada pero genera una menor utilidad con S/. 152298.44.
- **TIR:** La propuesta de mejora si es aceptada ya que es mayor que el COK.
- **IR:** Por cada sol invertido retorna 0.26 soles.

➤ **Escenario Optimista.**

En este escenario el ingreso mejora a un nivel más alto como se muestra en la línea 1 a un 52%, en la línea 2 a un 39%, línea 3 a un 44%, línea 4 a un 40%, línea 5 a un 43% y la línea 6 a un 67%, esto se debe a que se compró maquinaria nueva por ende todas están equilibradas brindando un peso más exacto.

✓ Análisis de los indicadores.

En la tabla 30, indica la perdida actual que se genera por cada línea de envasado, en la línea 1 se tenía una pérdida económica de S/. 337363.0, en la línea 2 S/. 318085.11, en la línea 3 S/. 335756.50, en la línea 4 S/. 321298.09, en la línea 5 S/. 306839.68 y en la línea 6 S/. 279529.34.

Después en el escenario optimista, se logró ahorrar en la línea 1 S/. 176713.95, en la línea 2 S/.125306.26, en la línea 3 S/. 147797.12, en la línea 4 S/. 130125.73, en la línea 5 S/. 133338.71 y en la línea 6 S/.181352.90.

Tabla N°30: Ingresos de los indicadores escenario optimista.

INDICADORES	LINEA 01			LINEA 02			LINEA 03		
	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO	ANTES	DESPUES	BENEFICIO
Ahorro por línea de envasado	S/. 337,363.0 0	S/. 160,649.0 5	S/. 176,713.95	S/. 318,085.1 1	S/. 192,778.86	S/. 125,306.26	S/. 335,756.5 1	S/. 187,959.3 9	S/. 147,797.12

INDICADORES	LINEA 04			LINEA 05			LINEA 06			Beneficio total
	ANTES	DESPUE S	BENEFICI O	ANTES	DESPUE S	BENEFICI O	ANTES	DESPUE S	BENEFICI O	
Ahorro por línea de envasado	S/. 321,298.1 0	S/. 191,172.3 7	S/. 130,125.7 3	S/. 306,839.6 8	S/. 173,500.9 7	S/. 133,338.7 1	S/. 279,529.3 4	S/. 93,176.4 5	S/. 186,352.9 0	S/. 899,634.6 7

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Ingresos proyectados.

La tabla 31, muestra los ingresos proyectados en un periodo de 5 años las cuales se mantienen constantes en el escenario optimista.

Tabla N°31: Ingresos proyectados escenario optimista.

INGRESOS PROYECTADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
		S/. 899,634.67	S/. 899,634.67	S/. 899,634.67	S/. 899,634.67

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Flujo de caja neto proyecto.

En la tabla 32, se muestra el flujo de caja proyectado para cinco años del escenario optimista.

Tabla N°32: Flujo de caja neto proyectado escenario optimista.

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
-593,589.20	468,534.67	468,534.67	468,534.67	468,534.67	468,534.67

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30, se muestran los ingresos netos obtenidos para los 5 años en el escenario optimista, para lo cual se ha tenido en cuenta un COK de 19.24%

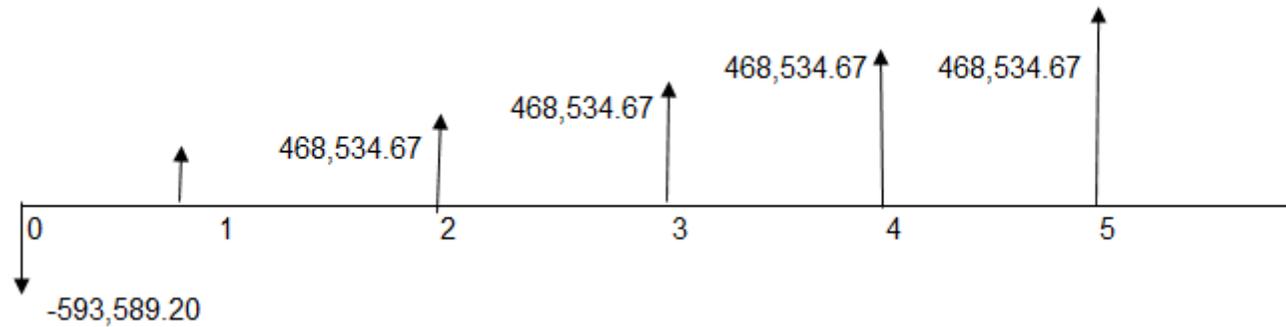


Figura N°30: Ingresos netos en escenario optimista.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 33, se determinan los indicadores económicos en escenario optimista.

Tabla N°33: Indicadores económicos en escenario optimista.

COK	19.24%
VA	S/. 1,425,073.06
VAN	S/. 831,483.86
TIR	74%
IR	2.40

Fuente: Elaboración propia.

- **VAN:** La propuesta si es aceptada ya que genera una gran utilidad de S/.831483.86.
- **TIR:** La propuesta de mejora si es aceptada ya que es mayor que el COK.
- **IR:** Por cada sol invertido retorna 1.40 soles.

CAPITULO 5

DISCUSIÓN.

- En nuestra investigación la situación inicial en la que se encontró la empresa, tenía un índice de capacidad de 0,32 el cual significó que el proceso no era adecuado y por ende requería de modificaciones serias, tales como cambio de maquinaria, mantenimiento, obtención de cilindros de gas nuevos. Al aplicar la propuesta de mejora obtuvimos como nuevo índice de capacidad de 2.09, el cual nos indica que el proceso cumple y tiene calidad de seis sigmas.
- Obtuvimos un Índice de capacidad real- Cpk inicial de 0,32 lo que nos indicaba que el proceso estaba produciendo artículos fuera de las especificaciones (fuera de los +-100 gramos según norma de Osinergmin); después de la implementación de propuesta de mejora se logró mejorar llegando a tener un Cpk de 2.02, por lo que el proceso ya está produciendo productos dentro de las especificaciones.
- En la tesis (Vargas, 2015), después de implementar su propuesta de mejorar logran mejorar la productividad de MP de 90.6% a 96.6%; de la misma manera en nuestra investigación solo se aprovechaba la materia prima en un 52% (fase inicial), lo que significaba que de 1300 balones de gas que salían en un turno solo 676 salían con un peso adecuado, pero ahora se aprovecha la materia prima en un 77%, dando diariamente 1 000 balones buenos, obteniendo un incremento del 25%.
- La tesis (Chavez & Colchado, 2014), aplica una encuesta para encontrar la satisfacción del cliente y así poder evaluar el problema, encontrando un satisfacción de un 62.22% y llegando a mejorarla a un 85%, y en nuestro caso como el problema era el llenado incorrecto de los balones de gas, donde este duraba un promedio de 12 días o menos trayendo como consecuencia quejas por parte del cliente, actualmente ya cuentan con un peso más preciso, por lo que el rendimiento es de 18 días dejando más satisfecho al cliente.

- Como observamos en la tesis (Chavez & Colchado, 2014) sus resultados de nivel Six Sigma son de 3.00 a un 3.91, teniendo una mejora de 0.91, siendo similar a nuestros resultados, ya que en un principio el DPMO daba un resultado de 475 600 cilindros defectuosos significando un nivel sigma de 1.5, pero a través de la aplicación de la metodología Six Sigma se llega a un DPMO de 253 036 balones defectuosos, dándonos como nuevo nivel sigma de 2.2. Se obtuvo una mejora de 0.7 ya que solamente se trabajó con 500 muestras debido a las limitaciones de la empresa y además hace apenas dos meses que esta comenzó a aplicar la mejora por lo que recién se pueden observar frutos de ello, por ende se puede recalcar que este nivel sigma podría incrementar al aplicarse una muestra más grande de cilindros de gas.

Conclusiones

- Se logró medir el impacto de la propuesta de mejora en la línea de envasado de GLP de la empresa mediante la metodología Six Sigma.
- Se realizó un diagnóstico de la situación actual de la calidad del producto en peso en el área de producción.
- Se planteó una propuesta de mejora en función a la metodología Six Sigma.
- Se aplicó la metodología para lograr la mejora del producto.
- Se determinó el beneficio económico, obteniendo un VAN de S/ 411 268.42 y un TIR de 48%.

Recomendaciones

- Llevar un curso o tener una persona capacitada en la metodología Six Sigma, para que este pueda asesorar y dar mejores resultados. Llevando sus conocimientos a todos los trabajadores y así lograr una mejora en todo el proceso.

- Se debe realizar estudios en todo el proceso de producción para identificar nuevos resultados y así poder saber si aún existe puntos críticos donde mejorar.

- Que esta propuesta sea un punto de partida para otros proyectos para que con la aplicación de esta metodología se lleguen a niveles más altos de calidad.

- Buscar nuevas oportunidades de ahorro, y seguir aplicando la propuesta e ir mejorándola con el tiempo para reducir pérdidas económicas.

- Partiendo de este estudio, se puede analizar y mejorar la seguridad del proceso y calidad del cilindro, o realizar una mejora en la distribución de planta.

Referencias Bibliográficas

(s.f.).

Acuña, C. A. (2010). *Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de Procesos y Reducción de Pérdidas en las Etapas de Fabricación de Chocolate*. Santiago, Chile.

Anaya Tejero, J. J. (2008). *Almacenes: Análisis, diseño y organización*. Madrid: ESIC.

Anaya Tejero, J. J. (2011). *Logística Integral La gestión operativa de la empresa*. Madrid: ESIC.

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., & Kipp, M. (2011). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. México D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

Barahona, C. L., & Navarro, I. J. (2013). *Mejora Del Proceso de Galvanizado en una Empresa*. Lima, Perú.

Blog de Wordpress.com. (18 de Febrero de 2011). *Wordpress*. Recuperado el 24 de Setiembre de 2014, de <https://refrigeracioncomercial.wordpress.com/2011/02/18/sistemas-de-refrigeracion/>

Blog de Wordpress.com. (14 de Febrero de 2011). *Wordpress*. Recuperado el 24 de Setiembre de 2014, de <https://refrigeracioncomercial.wordpress.com/2011/02/14/productos-percibles-almacenamiento-en-frio/>

Bryan, S. L. (23 de Agosto de 2011). *Ingenieros industriales JIMDO*. Recuperado el 24 de Junio de 2013, de Ingenieros Industriales: <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-de-almacenes/dise%C3%B1o-y-layout-de-almacenes-y-centros-de-distribuci%C3%B3n/>

Carreño Solis, A. (2011). *Logística de la A a la Z*. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Chavez, J. H., & Torres Rabello, R. (julio de 2009). La verdad incomoda de mantener inventarios. *Negocios Globales Logística y transporte*, 1. Recuperado el 3 de julio de 2013, de <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=749&edi=32&xit=una-verdad-incomoda-el-costo-de-mantener-inventarios>

Chávez, J. L., & Colchado, O. E. (2014). *Aplicación de la Metodología Six Sigma en el Proceso de Pedidos de Repuestos y Componentes del Área de Servicios de la Empresa Cummins Perú SAC Sucursal Cajamarca para Elevar el Índice de Satisfacción de los Clientes*. Cajamarca, Perú.

Chavez, J. L., & Colchado, O. R. (2014). *Aplicación de la metodología Six Sigma en el proceso de pedidos de repuestos y componentes del área de servicios de la*

empresa Cummis Peru S.A.C sucursal Cajamarca para elevar el índice de satisfacción de los clientes. Cajamarca.

- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson Educación.
- Commerce, O. o. (2009). *Lean Six Sigma*. USA: Fultus Corporation Editorial.
- Eckes, G. (2004). *El Six Sigma para Todos*. Bogotá: Norma.
- Ferrín Gutierrez, A. (2007). *Gestión de stock en la logística de almacenes*. Madrid, España: FC.
- Fraile, F. G., Barrio, J. F., & Monzón, M. T. (2003). *Seis Sigma, Segunda Edición*. España: Fc Editorial.
- García, L. A. (2007). *Indicadores de la gestión logística KPI los indicadores claves del desempeño*. Colombia: Yobel.
- García, L. A., & Martillano, M. M. (2010). *Modelos de la optimización de la gestión logística*. Colombia: ECOE.
- Gaspar, J. R. (s.f.). *Monografias.com*. Obtenido de Monografias.com:
<http://www.monografias.com/trabajos102/glp-peru/glp-peru.shtml>
- Gutiérrez, H. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, Segunda Edición*. McGraw-Hill. México: Interamericana.
- Gutiérrez, M. (2004). *Administrar para la Calidad de Conceptos Administrativos del Control Total de la Calidad, Segunda Edición*. México: Limusa.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Industrial, I. (2016). *Herramientas para ingeniería industrial*. Obtenido de Herramientas para ingeniería industrial: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/capacidad-de-proceso/>
- Juran, J. y. (1995). *Análisis y planeamiento de la calidad*. México: McGraw-Hill.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. k. (2008). *Administración de Operaciones*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Membrado, J. M. (2007). *Metodologías Basadas para la Planificación y Mejoras*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- minería, O. S. (2015). *Osinerghin*. Obtenido de Osinerghin:
<http://www.osinerghin.gob.pe/newweb/pages/GFH/1430.htm>
- Mora García, L. (2007). *Indicadores de la gestión logística*. Ecoe Ediciones.
- Muñoz Negron, D. (2009). *Administración de Operaciones, Enfoque de administración de procesos de negocios*. D.F.: Cengage learning editores.
- Namakforoosh, M. (2010). *Metodología de la investigación*. D.F: Limusa.
- Alzamora Flores, M.J.; La Torre Barboza, D.M.

- Nel Quezada, L. (2010). *Metodología de la investigación estadística aplicada a la investigación* . Lima: MACRO.
- Osinergrmin. (2016). *Organismo Supervisor de la inversión en energía y minería*. Recuperado el 05 de 2016, de Organismo Supervisor de la inversión en energía y minería: <http://srvgart07.osinergr.gov.pe/webdgn/contenido/cult002.html>
- Pineda, M. B., & Zurita, L. S. (2010). *Propuesta de Mejoramiento del Proceso de Verificación Telefónica en un Call Center Aplicando la Metodología DMAIC*. Quito, Ecuador.
- Rey Sacristán, F. (2005). *Las 5S orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Richards, G. (2011). *WAREHOUSE MANAGEMENT: A complete guide to improving efficiency and minimizing cost in the modern warehouse*. Great Britain: Kogan Page.
- Ruiz, E. A. (2005). *Seis Sigma, Filosofía de Gestión de la Calidad: Estudio Teórico y su Posible Aplicación en el Perú*. Piura, Perú.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The handbook of logistics and distribution management* . Great Britain: Kogan Page .
- Sabater, J. P. (2004). *Gestión stocks de demanada independiente* . Valencia: Universidad politécnica de valencia .
- Schroeder, R. G. (2005). *Administración de Operaciones*. México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A.
- Suárez Cervera, M. L. (2012). *Gestión de inventarios una nueva fórmula de calcular la competitividad*. Bogotá: ad Qualite.
- Vargas, P. (2015). *Implementación de la metodología seis sigma en el área de producción de la empresa "Ceramicos Cajamarca S.R.L" para reducir el porcentaje de defectos de ladrillos industriales tipo pandereta*. Cajamarca.
- Zavala, R. (2011). *Propuesta de Mejora en el Proceso de Lavado de Autos en la Empresa Ecocarwash E.I.R.L para Reducir los Costos de operación Aplicando la Metodología Seis Sigma*. Lima, Perú.

Referencias de tesis

Leiva Chávez, J. & Reyes Colchado, O.E. (2014), Aplicación de la metodología Six Sigma en el proceso de pedidos de repuestos y componentes del área de servicios de la empresa CUMMINS Perú SAC Sucursal Cajamarca para elevar el índice de satisfacción de los clientes. Tesis para optar por el título de ingeniero industrial, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Paredes Vargas, C.F. (2015). Implementación de la metodología Seis Sigma en el área de producción de la empresa "Cerámicos Cajamarca SRL" para reducir el porcentaje de defectos de ladrillos industriales tipo pandereta. Tesis para optar por el título de ingeniero industrial, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

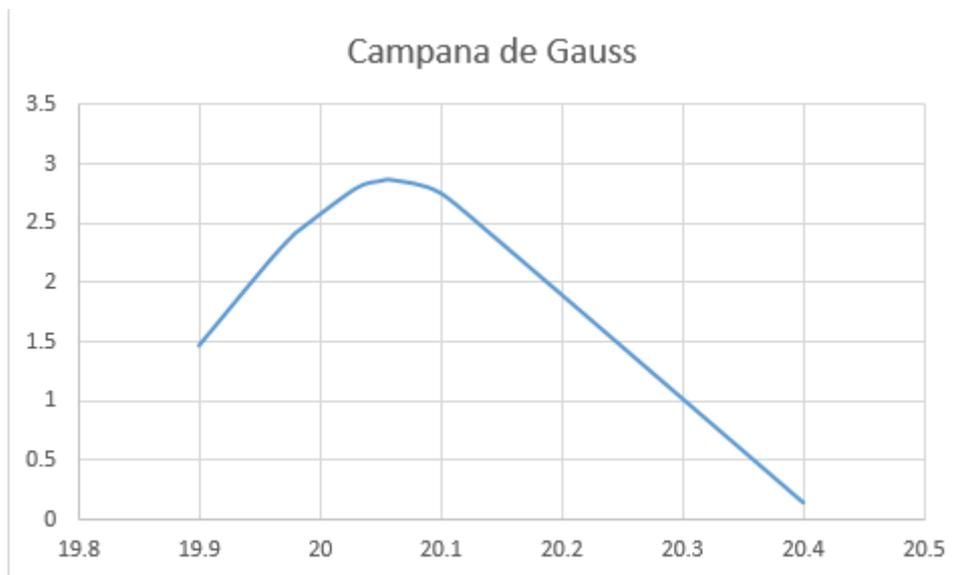
ANEXOS

Anexo 1: Distribución Normal

Peso Balón Vacío	Peso Balón Lleno	Ordenando	Distribución Normal
10.10 Kg.	20.4	19.9	1.46861838
9.95 Kg.	19.96	19.96	2.20178411
10.05 Kg.	20.06	19.98	2.4182257
9.95 Kg.	19.98	19.98	2.4182257
9.96 Kg.	19.98	20.03	2.79348418
10.3 Kg.	20.03	20.05	2.85458924
9.08 Kg.	19.9	20.06	2.86342697
10.02 Kg.	20.1	20.1	2.75347589
10.04 Kg.	20.05	20.15	2.33497364
10.10 Kg.	20.15	20.4	0.14833077

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Campana de Gauss



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Muestra de 104 balones de gas en el primer turno de labor en la empresa Caxamarca Gas S.A. (datos obtenidos por permiso de la empresa)

Tara	Lleno	Peso
10.2	20.25	10.05
10.2	20.2	10
10.75	21.05	10.3
10.85	20.85	10
10.2	20.7	10.5
11.75	22.05	10.3
9.5	19.85	10.35
10.5	20.55	10.05
9.75	19.95	10.2
11.7	21.8	10.1
10.7	20.95	10.25
10.15	20.55	10.4
9.55	19.7	10.15
9.15	20.9	11.75
9.9	19.85	9.95
10.7	20.9	10.2
10.2	20.35	10.15
10.05	20.56	10.51
10.1	19.95	9.85
10.3	20.75	10.45
10.3	20.2	9.9
8.85	19.05	10.2
9.9	19.95	10.05
10.25	20.85	10.6
9.8	19.65	9.85
10.55	20.6	10.05
10.6	20.45	9.85
10.2	20.25	10.05
9.5	19.75	10.25
9.75	20.1	10.35
10.1	20.05	9.95
10.9	21.1	10.2
10.15	20.3	10.15
10.45	20.55	10.1
9.6	20.6	11
10.1	20.2	10.1
10.35	20.35	10

9.7	10.75	1.05
10.85	20.85	10
8.85	18.95	10.1
9.35	20.4	11.05
9.8	19.9	10.1
10.6	20.75	10.15
12.2	22.1	9.9
9.9	20.1	10.2
10.25	20.25	10
11.05	21	9.95
9.5	19.95	10.45
11.4	22.6	11.2
9.5	20.05	10.55
10.5	21.05	10.55
10.3	20.95	10.65
10.2	19.8	9.6
11.1	21.2	10.1
10.2	20.4	10.2
10.6	20.7	10.1
10.4	20.3	9.9
8.75	18.6	9.85
10.6	20.7	10.1
10.25	21.2	10.95
9.9	19.8	9.9
10.7	20.6	9.9
10.4	20.65	10.25
11.4	21.25	9.85
11.8	21.6	9.8
9.7	19.7	10
10.1	20.25	10.15
10.15	20.05	9.9
9.8	19.6	9.8
10.3	20.2	9.9
10.3	20.6	10.3
10.55	20.5	9.95
10.3	20.45	10.15
9.9	19.85	9.95
10.4	20.5	10.1
10.6	20.7	10.1
9.9	20	10.1
10.45	20.45	10
10.1	20.25	10.15

12	22.2	10.2
9.3	19.35	10.05
10.85	20.9	10.05
10.25	20.3	10.05
11.4	21.25	9.85
10.7	20.8	10.1
10.9	20.7	9.8
11.05	20.75	9.7
10.45	20.55	10.1
10.75	20.7	9.95
9.15	20	10.85
10.5	20.65	10.15
9.85	19.6	9.75
10.4	20.3	9.9
9.1	19.5	10.4
10.45	20.5	10.05
10.45	20.25	9.8
10.4	21.1	10.7
9.95	19.85	9.9
10.5	20.25	9.75
10.15	19.95	9.8
10.3	20.2	9.9
11.65	21.6	9.95
10.6	20.95	10.35
10.3	20.45	10.15

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Gráfica primer turno

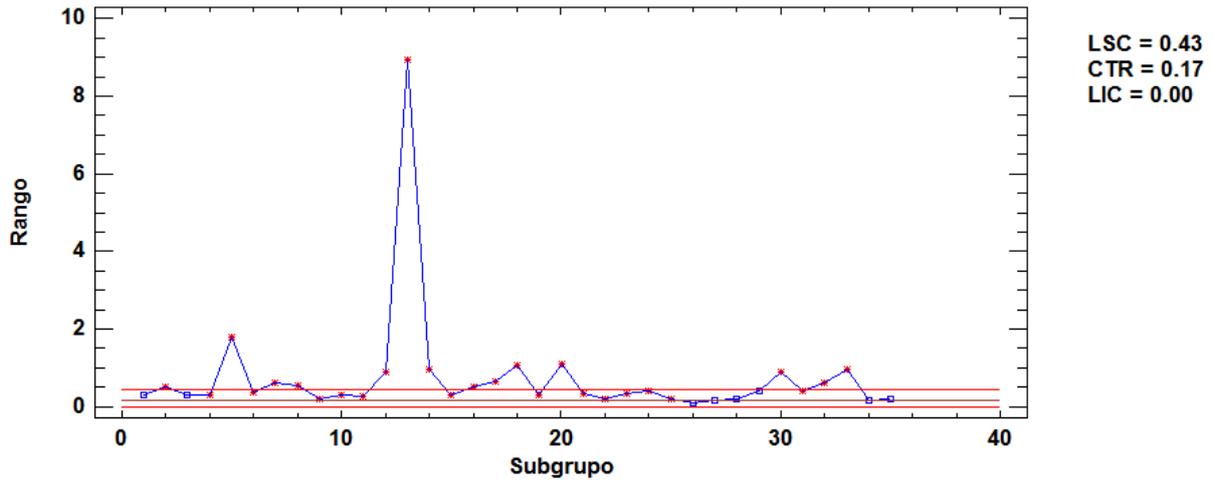


Gráfico X-bar

Periodo	#1-35
LSC: +3.0 sigma	10.174
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82596

14 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-35	Estándar
Media de proceso	10.0612	10.0
Sigma de proceso	0.439457	0.1
Rango promedio	0.734571	

Sigma estimada a partir del rango medio

Estimados

Periodo	#1-52
Media de proceso	10.067
Sigma de proceso	0.199159
Rango promedio	0.224651

Fuente: Elaboración Propia

Axo 5: Reporte de Sub Grupos primer turno

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgru po	Tama ño	X-bar	Rango
1	3	10.1167	0.3
2	3	* 10.2667	* 0.5
3	3	* 10.2	0.3
4	3	* 10.25	0.3
5	3	* 10.6167	* 1.8
6	3	* 10.2867	0.36
7	3	10.0667	* 0.6
8	3	* 10.2833	* 0.55
9	3	9.91667	0.2
10	3	* 10.2167	0.3
11	3	10.1	0.25
12	3	* 10.4	* 0.9
13	3	* 7.01667	* 8.95
14	3	* 10.4167	* 0.95
15	3	10.0833	0.3
16	3	10.1333	* 0.5
17	3	* 10.7667	* 0.65
18	3	10.1167	* 1.05
19	3	10.0667	0.3
20	3	* 10.3	* 1.1
21	3	10.0167	0.35
22	3	9.88333	0.2
23	3	9.95	0.35
24	3	10.05	0.4
25	3	10.0667	0.2
26	3	10.0667	0.1
27	3	10.1333	0.15
28	3	9.98333	0.2
29	3	9.86667	0.4
30	3	* 10.3	* 0.9
31	3	9.93333	0.4
32	3	10.0833	* 0.6

33	3	10.1167	* 0.95
34	3	9.88333	0.15
35	2	* 10.25	0.2

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Prueba de rachas primer turno

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Violaciones

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
2	D	
3	D	
4	CD	C
5	CD	C
6	CD	CD
7	C	CD
8	ACD	ACD
9		A
10	CD	AC
11	C	A
12	CD	A
13		AD
14	CD	ACD
15	C	AC
16	CD	ACD
17	CD	ACD
18	CD	ACD
19	C	AC
20	CD	ACD
21	A	ACD
22		A
23		ACD
24		ACD
25		A
30		D
31		D
32		CD
33		CD
35	D	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Muestra de 104 balones de gas en el segundo turno de labor en la empresa Caxamarca Gas (datos obtenidos por permiso de la empresa)

Tara	Lleno	Peso
10.25	20.95	10.7
10.1	20.05	9.95
10.25	20.15	9.9
10.4	20.3	9.9
10.6	20.45	9.85
10	23.65	13.65
11	21.1	10.1
10.2	22.7	12.5
10.9	20.85	9.95
10.9	21.25	10.35
11.5	21	9.5
10.4	21.45	11.05
10.15	20.2	10.05
10.55	20.5	9.95
10.25	20.45	10.2
9.2	19.45	10.25
9.55	19.8	10.25
10.3	20.5	10.2
10.6	20.5	9.9
10.95	20.1	9.15
10.2	20.2	10
10.35	20.45	10.1
9.85	19.85	10
11	21.25	10.25
11.3	21.45	10.15
10.6	20.6	10
10.9	21	10.1
10.75	21.25	10.5
10.5	20.7	10.2
10.4	20.45	10.05
10.1	20.45	10.35
9.7	19.85	10.15
9.5	19.45	9.95
10.2	20.45	10.25
9.85	19.9	10.05
9.8	19.45	9.65
10.45	20.5	10.05
10.5	20.65	10.15

10.7	20.8	10.1
10.6	20.4	9.8
10.65	20.75	10.1
10.8	20.85	10.05
10.05	20.2	10.15
10.5	20.55	10.05
10.05	20.85	10.8
10.75	20.8	10.05
10.3	20.4	10.1
10.5	22.7	12.2
9.95	21.65	11.7
10.35	20.35	10
10.2	20.35	10.15
11.4	20.35	8.95
10.75	22.1	11.35
9.85	20.3	10.45
10.4	19.3	8.9
8.9	20.5	11.6
10.4	20.15	9.75
9.37	20	10.63
9.87	20.95	11.08
8.9	20.9	12
9.85	10.25	0.4
8.95	18.7	9.75
11.15	22	10.85
9.7	20.1	10.4
9.35	20.6	11.25
10.2	20.25	10.05
10.45	21.3	10.85
9.25	19.85	10.6
10	20.15	10.15
8.75	18.6	9.85
8.9	19	10.1
10.35	20.35	10
9.95	21	11.05
9.25	19.45	10.2
12.25	21.2	8.95
11.55	21	9.45
9.75	19.8	10.05
10.1	20.35	10.25
10.78	20.5	9.72
10.03	19.97	9.94

9.79	19.35	9.56
11	21	10
11.6	21.03	9.43
10.5	20.89	10.39
9.98	20.05	10.07
8.9	18.6	9.7
9	19.1	10.1
10.5	20.65	10.15
9.85	19.6	9.75
10.4	20.3	9.9
9.1	19.5	10.4
10.2	20.2	10
10.75	21.05	10.3
10.85	20.85	10
10.2	20.7	10.5
11.75	22.05	10.3
9.5	19.85	10.35
10.5	20.55	10.05
9.9	19.85	9.95
10.7	20.9	10.2
10.2	20.35	10.15
10.05	20.56	10.51
10.1	19.95	9.85
10.3	20.75	10.45

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Gráfica segundo turno

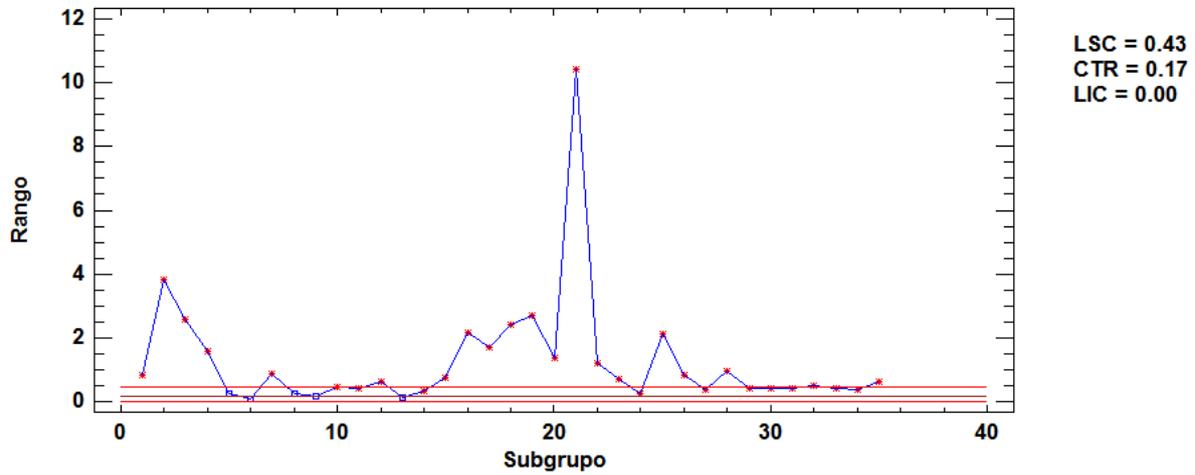


Gráfico X-bar

Periodo	#1-35
LSC: +3.0 sigma	10.174
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82596

19 fuera de limites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-35
LSC: +3.0 sigma	0.433898
Línea Central	0.167686
LIC: -3.0 sigma	0.0

21 fuera de limites

Estimados

Periodo	#1-35	Estándar
Media de proceso	10.146	10.0
Sigma de proceso	0.734934	0.1
Rango promedio	1.23057	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9: Reporte de Sub Grupos segundo turno

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgrupo	Tamaño	X-bar	Rango
1	3	* 10.1833	* 0.8
2	3	* 11.1333	* 3.8
3	3	* 10.85	* 2.55
4	3	* 10.3	* 1.55
5	3	10.0667	0.25
6	3	* 10.2333	0.05
7	3	* 9.68333	* 0.85
8	3	10.1167	0.25
9	3	10.0833	0.15
10	3	* 10.25	* 0.45
11	3	10.15	0.4
12	3	9.98333	* 0.6
13	3	10.1	0.1
14	3	9.98333	0.3
15	3	* 10.3333	* 0.75
16	3	* 10.7833	* 2.15
17	3	* 10.6167	* 1.7
18	3	* 10.25	* 2.4
19	3	10.0833	* 2.7
20	3	* 11.2367	* 1.37
21	3	* 7.0	* 10.45
22	3	* 10.5667	* 1.2
23	3	* 10.5333	* 0.7
24	3	9.98333	0.25
25	3	10.0667	* 2.1
26	3	9.91667	* 0.8
27	3	* 9.74	0.38
28	3	9.94	* 0.96
29	3	9.95667	0.4
30	3	9.93333	0.4

31	3	*	0.4
		10.2333	
32	3	*	* 0.5
		10.2667	
33	3		0.4
34	3	*	0.36
		10.2867	
35	2		* 0.6

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10: Prueba de rachas segundo turno

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Violaciones

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
2	D	D
3	D	D
4	CD	CD
5	C	
6	CD	
8	CD	
9	C	
10	CD	
11	CD	D
12		D
13	C	
14		C
15		C
16	D	CD
17	CD	CD
18	CD	CD
19	C	CD
20	CD	CD
21		ACD
22	CD	ACD
23	CD	ACD
24		A
25		ACD
26		ACD
27		ACD
28		ACD
29		ACD

30	C	ACD
31		ACD
32	D	ACD
33	D	ACD
34	CD	ACD
35	CD	ACD

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11: Muestra de 20 balones de gas en la primera línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas.,(datos obtenidos por permiso de la empresa)

Línea 1		
Tara	Lleno	Peso
9.9	20	10.1
10.45	20.45	10
10.1	20.25	10.15
12	22.2	10.2
9.3	19.35	10.05
10.85	20.9	10.05
10.25	20.3	10.05
11.4	21.25	9.85
10.7	20.8	10.1
10.9	20.7	9.8
9.85	19.6	9.75
10.4	20.3	9.9
9.1	19.5	10.4
8.9	19	10.1
9.35	20.6	11.25
10.2	20.25	10.05
10.45	21.3	10.85
9.25	19.85	10.6
11	21	10
11.6	21.03	9.43

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12: Gráfica primera línea de envasado

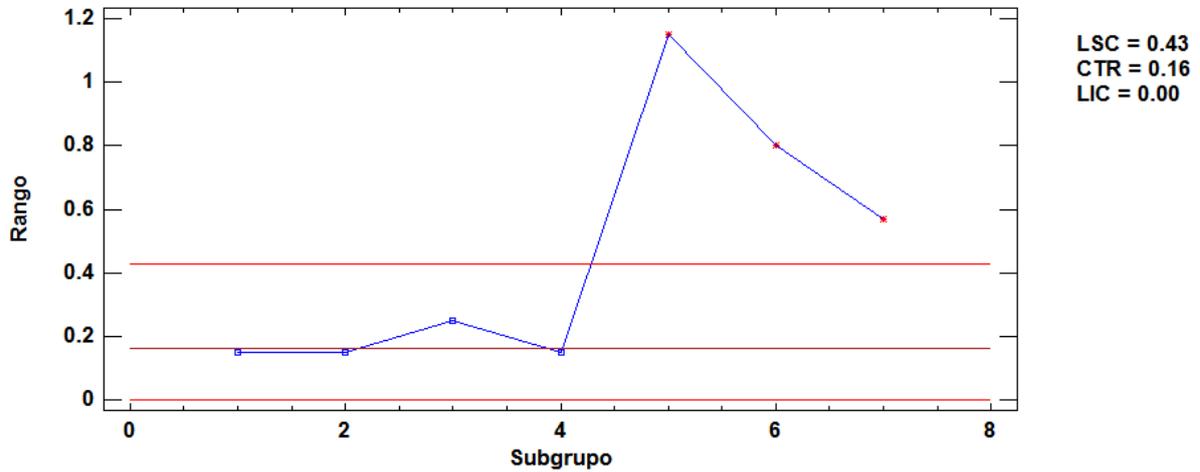


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.1775
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82252

4 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.42621
Línea Central	0.161229
LIC: -3.0 sigma	0.0

3 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7	Estándar
Media de proceso	10.134	10.0
Sigma de proceso	0.279058	0.1
Rango promedio	0.46	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elación Propia

Anexo 13: Reporte de Sub Grupos primera línea de envasado

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgrupo	Tamaño	X-bar	Rango
1	3	10.0833	0.15
2	3	10.1	0.15
3	3	10.0	0.25
4	3	* 9.81667	0.15
5	3	* 10.5833	* 1.15
6	3	* 10.5	* 0.8
7	2	* 9.715	* 0.57

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14: Prueba de rachas primera línea de envasado

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Violaciones

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
6	D	D
7		CD

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Muestra de 20 balones de gas en la segunda línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa)

Línea 2		
Tara	Lleno	Peso
11.4	21.25	9.85
10.5	22.7	12.2
9.95	21.65	11.7
10.35	20.78	10.43
10.2	20.5	10.3
10.8	21.4	10.6
10.5	20.9	10.4
10.3	21.6	11.3
10.6	22.1	11.5
10.24	19.5	9.26
9.15	19	9.85
10.4	20.3	9.9
10.16	20.05	9.89
11.65	20.4	8.75
8.75	18.6	9.85
8.9	19	10.1
10.35	20.35	10
9.95	21	11.05
10.4	21.1	10.7
9.95	19.85	9.9

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Gráfica segunda línea de envasado

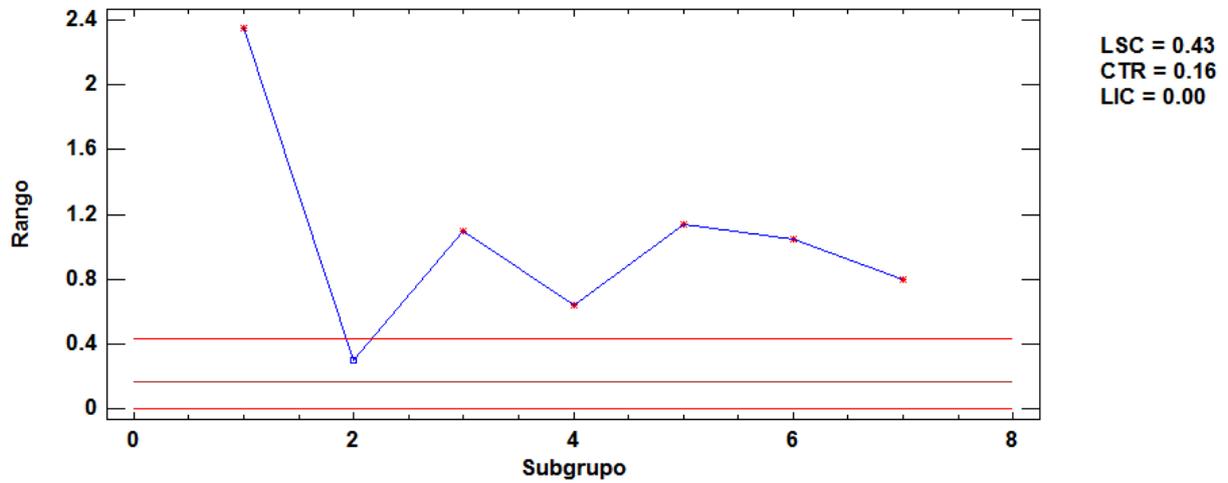


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.1775
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82252

7 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.42621
Línea Central	0.161229
LIC: -3.0 sigma	0.0

6 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7	Estándar
Media de proceso	10.3765	10.0
Sigma de proceso	0.652336	0.1
Rango promedio	1.05429	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17: Reporte de Sub Grupos segunda línea de envasado

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgrupo	Tamaño	X-bar	Rango
1	3	* 11.25	* 2.35
2	3	* 10.4433	0.3
3	3	* 11.0667	* 1.1
4	3	* 9.67	* 0.64
5	3	* 9.49667	* 1.14
6	3	* 10.3833	* 1.05
7	2	* 10.3	* 0.8

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18: Prueba de rachas segunda línea de envasado

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Violaciones

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
2	D	
3	D	D
4		CD
5	D	CD
6		CD
7	D	CD

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19: Muestra de 20 balones de gas en la tercera línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa)

Línea 3		
Tara	Lleno	Peso
9.98	20.05	10.07
8.9	19.1	10.2
10.5	22.7	12.2
9.95	21.65	11.7
10.7	20.8	10.1
10.6	20.4	9.8
10.65	20.6	9.95
11.7	21.9	10.2
9.8	20	10.2
10.5	20.55	10.05
10.85	20.85	10
10.75	20.8	10.05
10.3	10.4	0.1
9.8	19.45	9.65
10.45	20.5	10.05
10.4	20.3	9.9
9.1	19.5	10.4
11.65	21.6	9.95
10.4	21.1	10.7
10.25	19.95	9.7

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20: Gráfica tercera línea de envasado

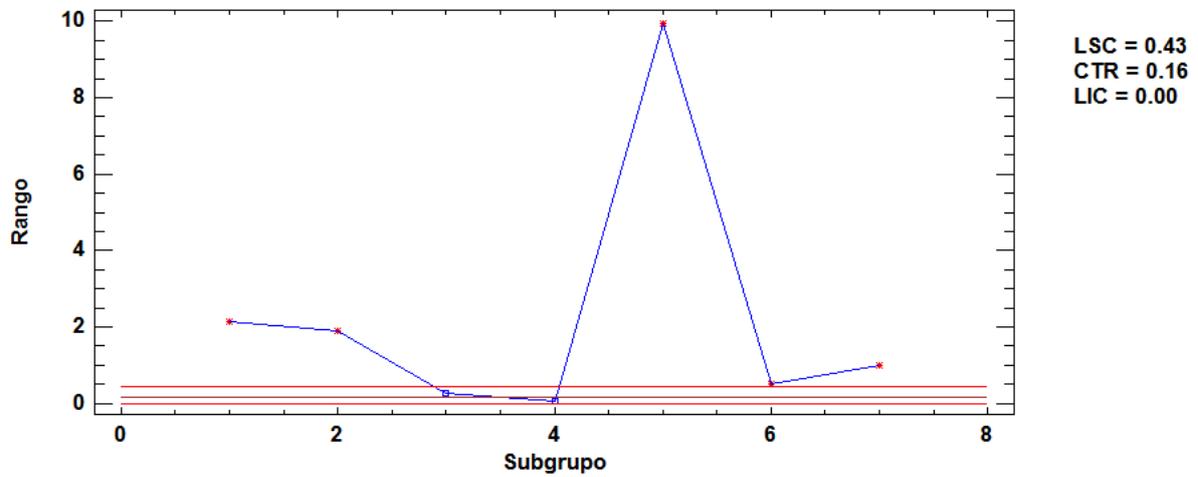


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.1775
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82252

4 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.42621
Línea Central	0.161229
LIC: -3.0 sigma	0.0

5 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7	Estándar
Media de proceso	9.7485	10.0
Sigma de proceso	1.41273	0.1
Rango promedio	2.25429	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 21: Reporte de Sub Grupos tercera línea de envasado

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgrupo	Tamaño	X-bar	Rango
1	3	* 10.8233	* 2.13
2	3	* 10.5333	* 1.9
3	3	10.1167	0.25
4	3	10.0333	0.05
5	3	* 6.6	* 9.95
6	3	10.0833	* 0.5
7	2	* 10.2	* 1.0

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 22: Prueba de rachas tercera línea de envasado

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
2	D	D
5		C
6		CD
7		CD

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 23: Muestra de 20 balones de gas en la cuarta línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa)

Línea 4		
Tara	Lleno	Peso
9.85	19.85	10
10.55	20.7	10.15
10.9	20.4	9.5
9.2	19.95	10.75
10.5	20.7	10.2
10.9	21.95	11.05
11	10.4	-0.6
11.65	21.03	9.38
9.96	20	10.04
9.1	19.9	10.8
10.85	20.9	10.05
10.7	21.7	11
8.88	17.5	8.62
10.75	20.7	9.95
9.15	20	10.85
11.4	20.7	9.3
9.1	20.8	11.7
9.95	20	10.05
10.75	20.7	9.95
11.05	20.75	9.7

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 24: Gráfica cuarta línea de envasado

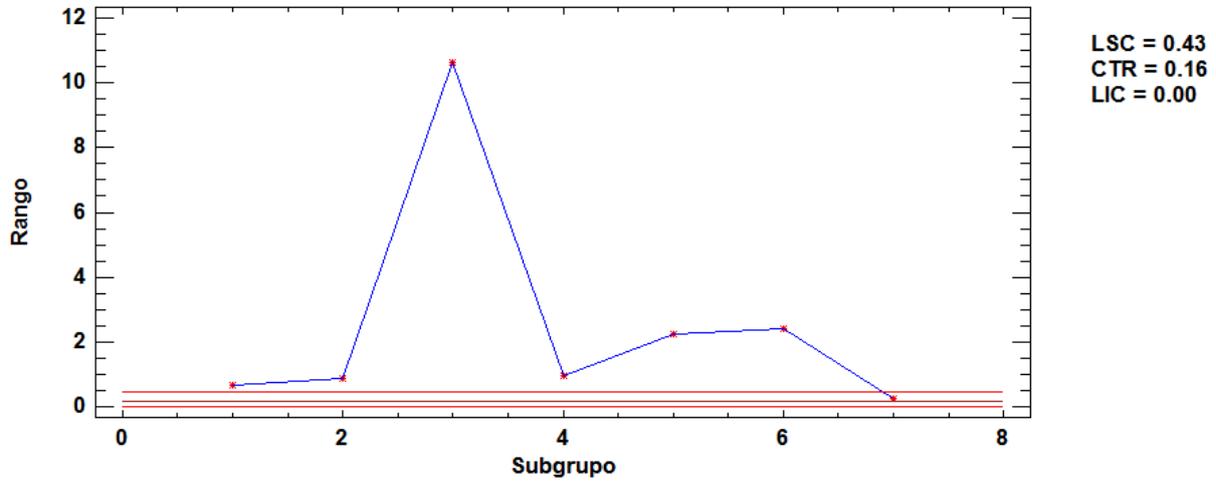


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.1775
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82252

5 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.42621
Línea Central	0.161229
LIC: -3.0 sigma	0.0

6 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7	Estándar
Media de proceso	9.622	10.0
Sigma de proceso	1.63118	0.1
Rango promedio	2.56714	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 25: Reporte de Sub Grupos cuarta línea de envasado

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgrupo	Tamaño	X-bar	Rango
1	3	9.88333	* 0.65
2	3	* 10.6667	* 0.85
3	3	* 6.27333	* 10.64
4	3	* 10.6167	* 0.95
5	3	* 9.80667	* 2.23
6	3	* 10.35	* 2.4
7	2	9.825	0.25

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 26: Prueba de rachas cuarta línea de envasado

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
2		D
3		D
4	D	CD
5	D	CD
6	D	CD
7	D	C

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 27: Muestra de 20 balones de gas en la quinta línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa)

Línea 5		
Tara	Lleno	Peso
9.95	20	10.05
10.3	20.25	9.95
10.25	20.05	9.8
10.45	20.66	10.21
11.2	21.25	10.05
9.5	19.5	10
9.7	20.9	11.2
10.9	21.4	10.5
11.3	21.8	10.5
9.2	20.3	11.1
10.9	21	10.1
10.6	20.1	9.5
10.15	20.8	10.65
11.5	22.03	10.53
10.2	20.7	10.5
10.9	20.85	9.95
10.6	20.45	9.85
9.55	20.3	10.75
10.4	21.03	10.63
10.6	20.5	9.9

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 28: Gráfica quinta línea de envasado.

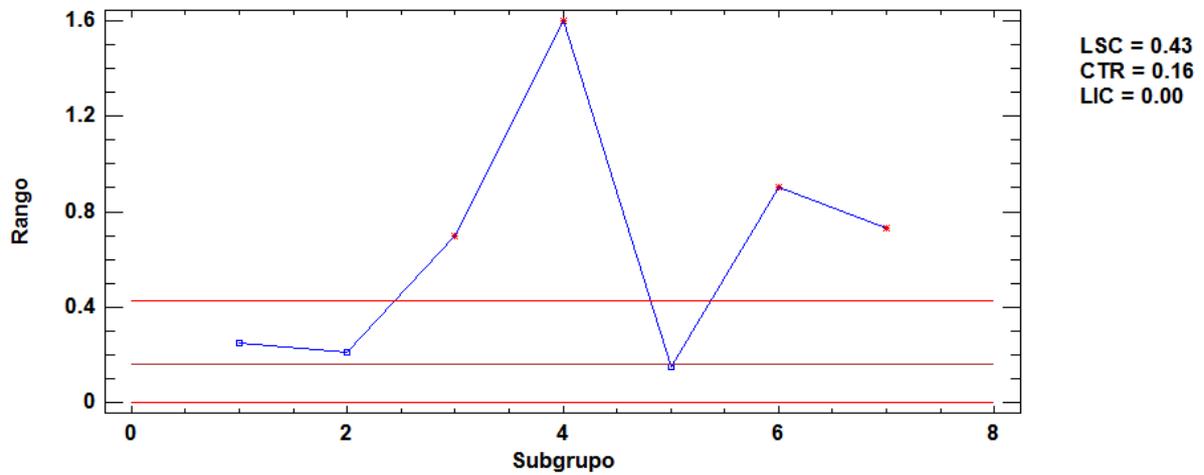


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.1775
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82252

5 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.42621
Línea Central	0.161229
LIC: -3.0 sigma	0.0

4 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7	Estándar
Media de proceso	10.286	10.0
Sigma de proceso	0.39531	0.1
Rango promedio	0.648571	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 29: Reporte de Sub Grupos quinta línea de envasado

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgrupo	Tamaño	X-bar	Rango
1	3	9.93333	0.25
2	3	10.0867	0.21
3	3	* 10.7333	* 0.7
4	3	* 10.2333	* 1.6
5	3	* 10.56	0.15
6	3	* 10.1833	* 0.9
7	2	* 10.265	* 0.73

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 30: Prueba de rachas quinta línea de envasado

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Violaciones

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
4	D	D
5	CD	
6	CD	D
7	CD	CD

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 31: Muestra de 20 balones de gas en la sexta línea de envasado en la empresa Caxamarca Gas., (datos obtenidos por permiso de la empresa)

Línea 6		
Tara	Lleno	Peso
10.35	20.65	10.3
10.65	20.7	10.05
10.55	20.45	9.9
10.8	20.65	9.85
9.55	19.7	10.15
9.5	19.55	10.05
10.45	20.5	10.05
10.15	20.25	10.1
11.85	21.5	9.65
10.05	20.15	10.1
8.97	19	10.03
10.03	20.4	10.37
10.35	20.35	10
10	20.1	10.1
9.95	20	10.05
10.2	20.3	10.1
10	20	10
10.45	20.45	10
10.1	20.1	10
10.85	11.1	0.25

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 32: Gráfica sexta línea de envasado

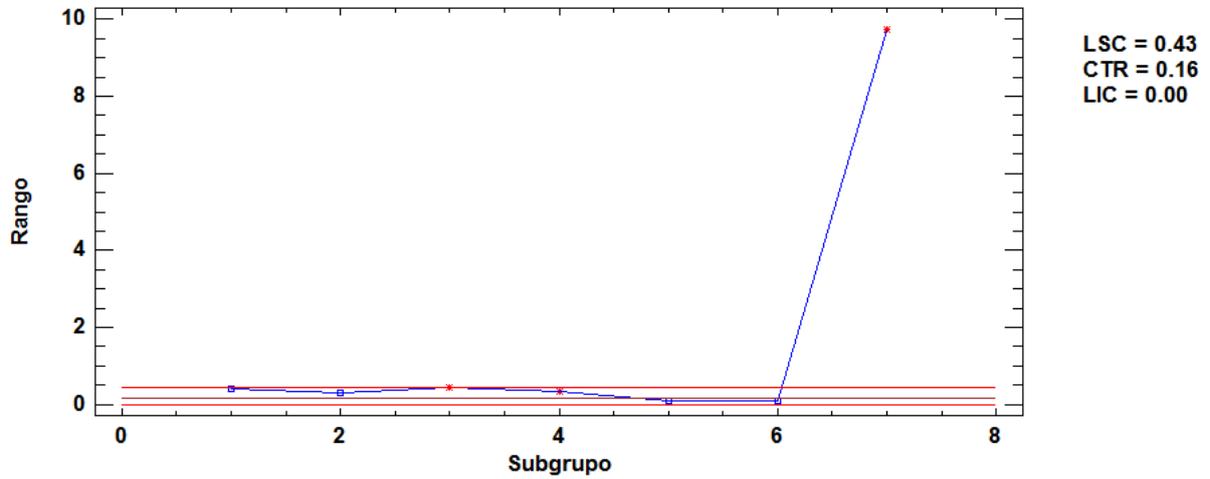


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.1775
Línea Central	10.0
LIC: -3.0 sigma	9.82252

1 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.42621
Línea Central	0.161229
LIC: -3.0 sigma	0.0

2 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7	Estándar
Media de proceso	9.555	10.0
Sigma de proceso	0.796852	0.1
Rango promedio	1.63429	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 33: Reporte de Sub Grupos sexta línea de envasado

X= Excluida / *=Fuera de límites

Subgrupo	Tamaño	X-bar	Rango
1	3	10.0833	0.4
2	3	10.0167	0.3
3	3	9.93333	* 0.45
4	3	10.1667	0.34
5	3	10.05	0.1
6	3	10.0333	0.1
7	2	* 5.125	* 9.75

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 34: Prueba de rachas sexta línea de envasado

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1.0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2.0 sigma.

Subgrupo	Gráfico X-bar	Gráfico de Rangos
3		D
4		CD

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 35: Estimaciones de los valores Sigma del proceso

Tabla de conversión del rendimiento

Estas son estimaciones de los valores sigma de proceso a largo plazo. Para hallar los valores sigma reales, reste 1,5 de estos valores.

Sigma	DPMO	Rendimiento	Sigma	DPMO	Rendimiento
6	3,4	99,99966%	2,9	80.757	91,9%
5,9	5,4	99,99946%	2,8	96.801	90,3%
5,8	8,5	99,99915%	2,7	115.070	88,5%
5,7	13	99,99866%	2,6	135.666	86,4%
5,6	21	99,9979%	2,5	158.655	84,1%
5,5	32	99,9968%	2,4	184.060	81,6%
5,4	48	99,9952%	2,3	211.855	78,8%
5,3	72	99,9928%	2,2	241.964	75,8%
5,2	108	99,9892%	2,1	274.253	72,6%
5,1	159	99,984%	2	308.538	69,1%
5	233	99,977%	1,9	344.578	65,5%
4,9	337	99,966%	1,8	382.089	61,8%
4,8	483	99,952%	1,7	420.740	57,9%
4,7	687	99,931%	1,6	460.172	54,0%
4,6	968	99,90%	1,5	500.000	50,0%
4,5	1.350	99,87%	1,4	539.828	46,0%
4,4	1.866	99,81%	1,3	579.260	42,1%
4,3	2.555	99,74%	1,2	617.911	38,2%
4,2	3.467	99,65%	1,1	655.422	34,5%
4,1	4.661	99,53%	1	691.462	30,9%
4	6.210	99,38%	0,9	725.747	27,4%
3,9	8.198	99,18%	0,8	758.036	24,2%
3,8	10.724	98,9%	0,7	788.145	21,2%
3,7	13.903	98,6%	0,6	815.940	18,4%
3,6	17.864	98,2%	0,5	841.345	15,9%
3,5	22.750	97,7%	0,4	864.334	13,6%
3,4	28.716	97,1%	0,3	884.930	11,5%
3,3	35.930	96,4%	0,2	903.199	9,7%
3,2	44.565	95,5%	0,1	919.243	8,1%
3,1	54.799	94,5%			
3	66.807	93,3%			

Sigma del proceso 213

Fuente: Brassard, Michael & Ritter Diane, El impulsor de la memoria™ II Seis Sigma

Anexo 36: Encuesta para medir rendimiento

Encuesta aplicada en la base del Jr. Urrelo, ya que es la más venta genera, fue dirigido exclusivamente a las amas de casa que consumen en grandes cantidades en sus cocinas.

1. Que calificación daría al producto brindado por la empresa (considérese 1= malo;
3=regular; 5=bueno)

- 1
- 3
- 5

2. ¿Cuánto tiempo aproximadamente le dura su balón de gas?

- 10 días
- 12 días
- 15 días
- 20 días
- Más de un mes

3. ¿Cree usted que el peso de cada balón de gas es el adecuado?

- Si
- No

4. ¿Cómo cliente cuan satisfecho está con el producto?

- Poco Satisfecho
- Regular
- Muy Satisfecho

5. ¿Ha tenido alguna vez algún inconveniente con su balón de gas?

- Si
- No

Anexo 37: Resultados Encuesta

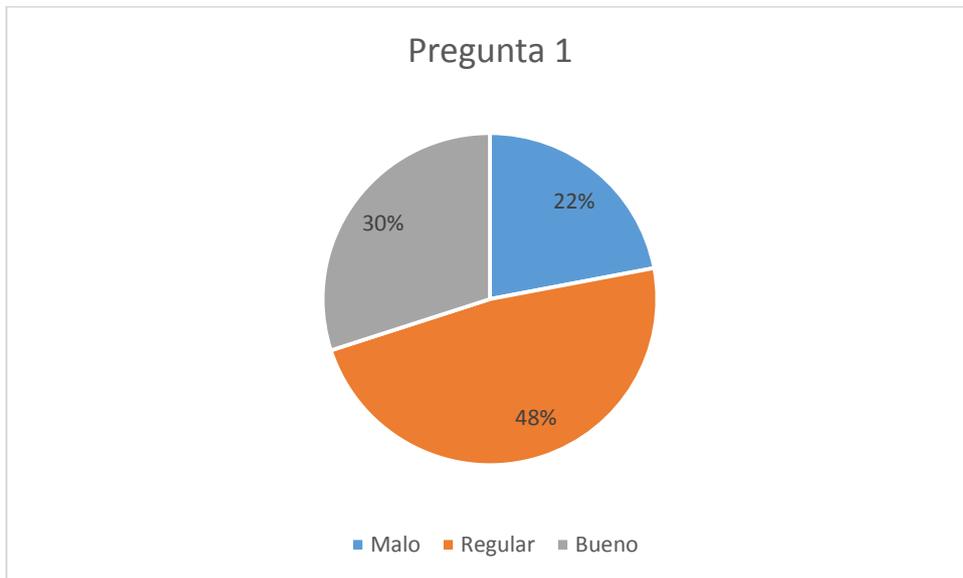


Figura 33: Que calificación daría al producto brindado por la empresa

Fuente: Elaboración Propia

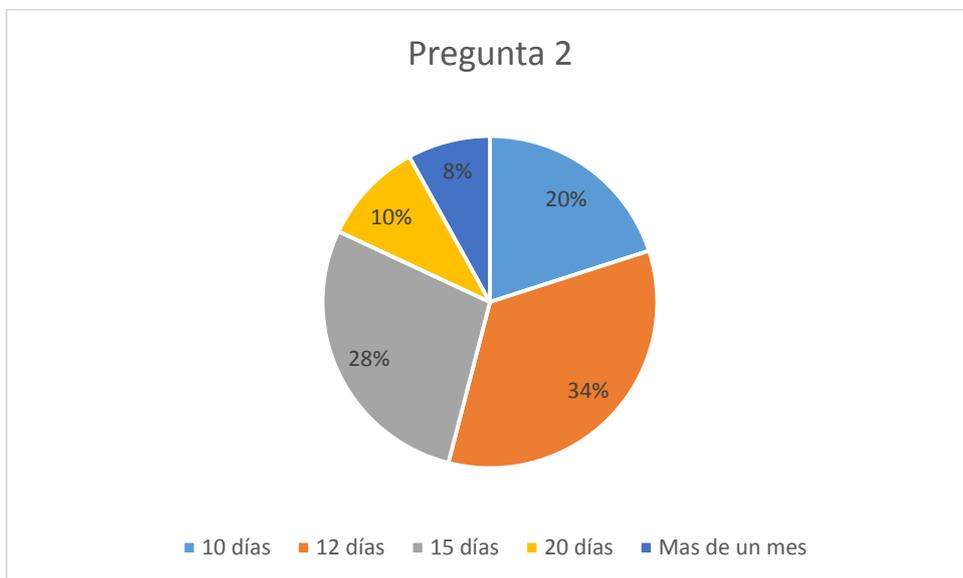


Figura 34: ¿Cuánto tiempo aproximadamente le dura su balón de gas?

Fuente Elaboración Propia

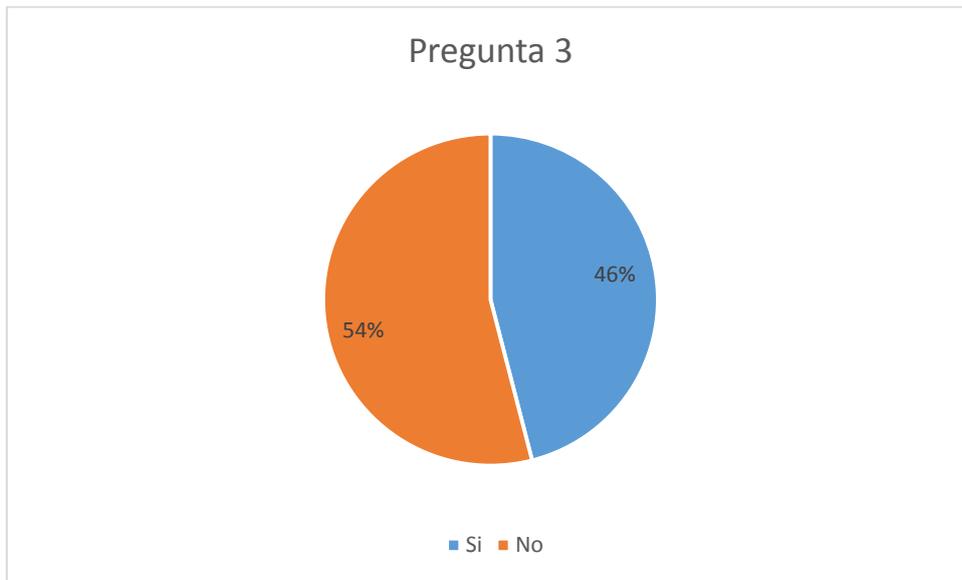


Figura 35: ¿Cree usted que el peso de cada balón de gas es el adecuado?

Fuente: Elaboración Propia

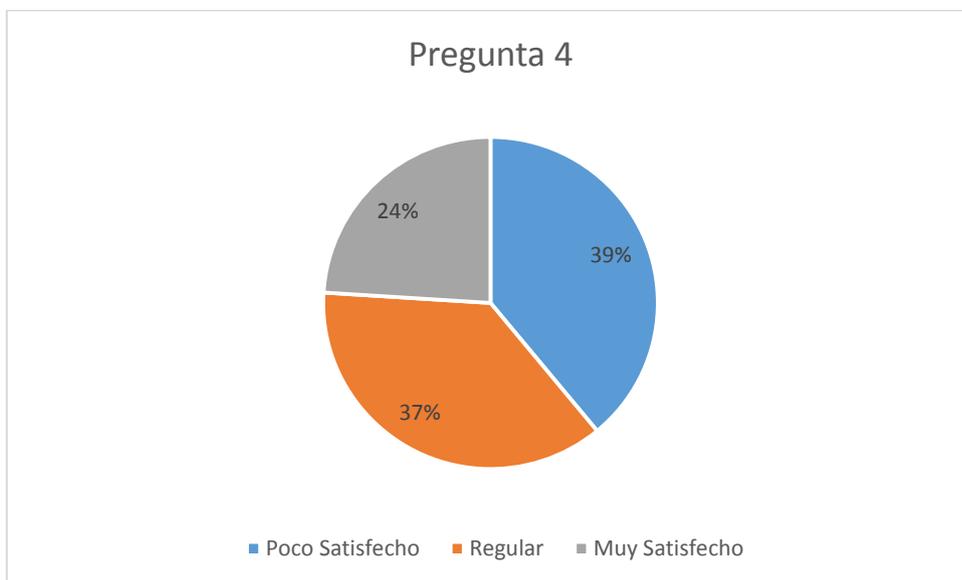


Figura 36: ¿Cómo cliente cuan satisfecho está con el producto?

Fuente: Elaboración Propia

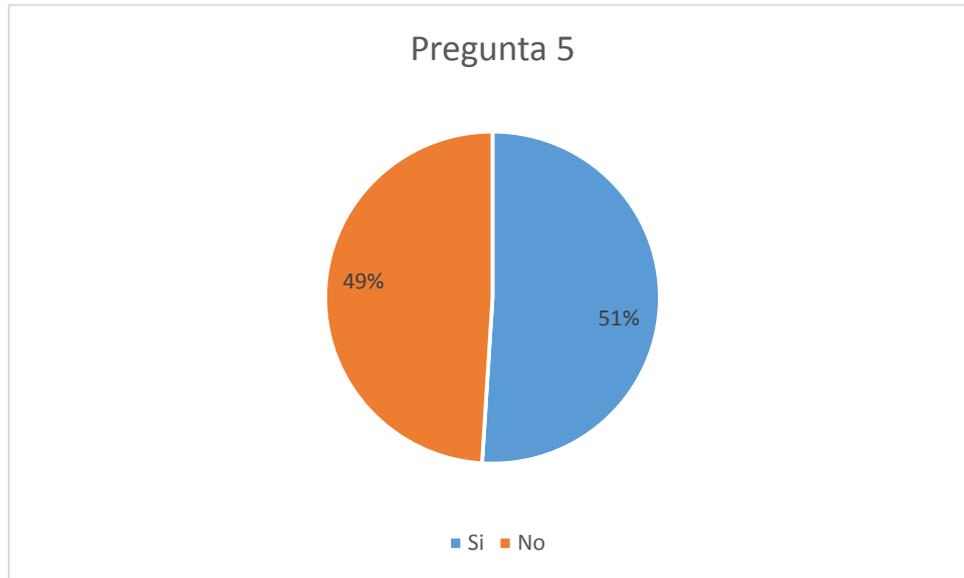


Figura 37: ¿Ha tenido alguna vez algún inconveniente con su balón de gas?

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 38: Análisis FODA de la empresa Caxamarca Gas S.A

Fortalezas	Debilidades
Cuentan con una buena área de marketing como estrategia de crecimiento en la empresa.	Falta de plataformas tecnológicas.
Actitud positiva frente al cambio.	Mal uso de los EPP.
Disponibilidad y compromiso para cumplir los proyectos.	Inadecuado gestiona-miento sobre requerimiento de materia prima.
Trabajo en equipo.	Ausencia de actas, planes sobre trabajos realizados.
Puesta en marcha en nuevos proyectos.	Falta de responsabilidad por parte de los operarios con sus obligaciones de trabajo.
Cuenta con acceso directo a internet y transmisión de datos.	No cuenta con políticas de seguridad, sobre el correcto uso y manejo de los equipos de seguridad.
Dispone de su propio sistema GASCOM para facilitar sus procesos.	No existe documentación de gestión como un Plan Estratégico, Plan de Seguridad, Plan de contingencias, Plan de Inversiones, etc.
Apoyo de gerencia para las mejoras tecnológicas e implementación del sistema "carrusel" a futuro.	Ausencia de capacitación y talleres a los empleados que laboran.
	Remuneración no adecuada aproximadamente al 45% de la empresa.
Oportunidades	Amenazas
Posicionamiento del 66% en el mercado local.	Saturación de la red parcialmente.
Diseñar un modelo de automatización completo en el área de producción que facilitará la productividad de la empresa.	Pérdida del servicio del internet.
	Desastres naturales.
	Accesos no autorizados al sistema ya que el software GAS COM se encuentra en la página web.

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 39: Cálculo de Índice de Capacidad (Cp) en las líneas de envasado de GLP
en la empresa Caxamarca Gas S.A.**

$$\text{Línea 1} = \frac{10.54 - 9.58}{6(0.28)} = 0.57$$

$$\text{Línea 2} = \frac{10.20 - 9.87}{6(0.095)} = 0.58$$

$$\text{Línea 3} = \frac{10.50 - 9.68}{6(0.24)} = 0.61$$

$$\text{Línea 4} = \frac{10.41 - 9.20}{6(0.18)} = 0.56$$

$$\text{Línea 5} = \frac{10.70 - 9.57}{6(0.33)} = 0.57$$

$$\text{Línea 6} = \frac{10.47 - 9.68}{6(0.23)} = 0.57$$

Anexo 40: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 1

Gráfico X-bar para Línea 1

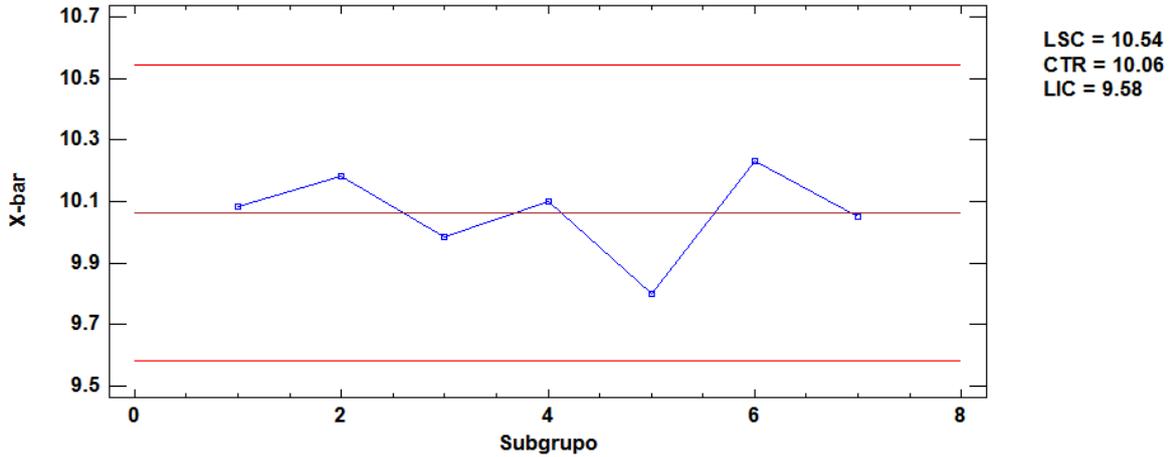


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.5432
Línea Central	10.0624
LIC: -3.0 sigma	9.58154

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	1.2099
Línea Central	0.47
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7
Media de proceso	10.0624
Sigma de proceso	0.277614
Rango promedio	0.47

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 41: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 2

Gráfico X-bar para Línea 2

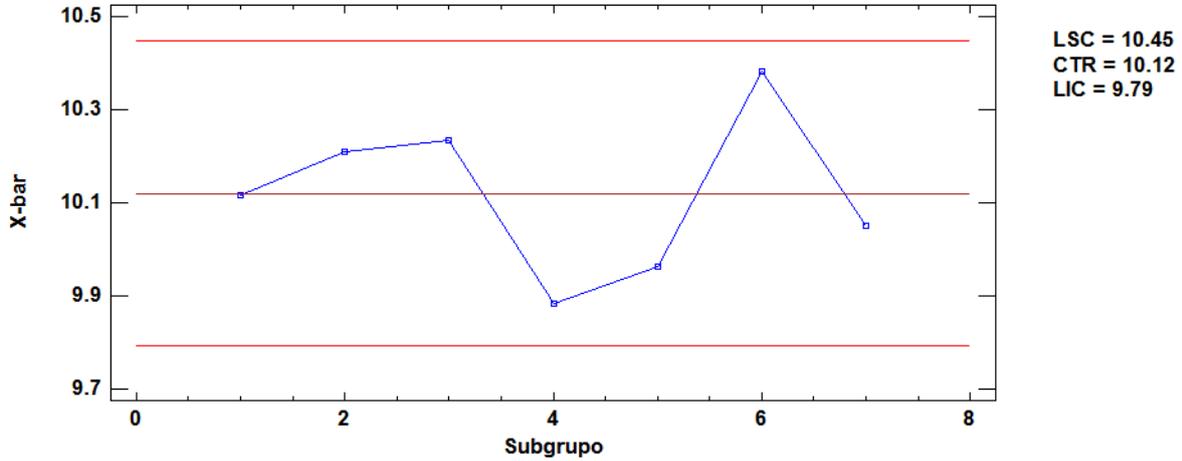


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.4474
Línea Central	10.12
LIC: -3.0 sigma	9.79262

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.823759
Línea Central	0.32
LIC: -3.0 sigma	0.0

1 fuera de límites

Período	#1-7
Media de proceso	10.12
Sigma de proceso	0.095 403
Rango promedio	0.32

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 42: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 3

Gráfico X-bar para Peso Línea 3

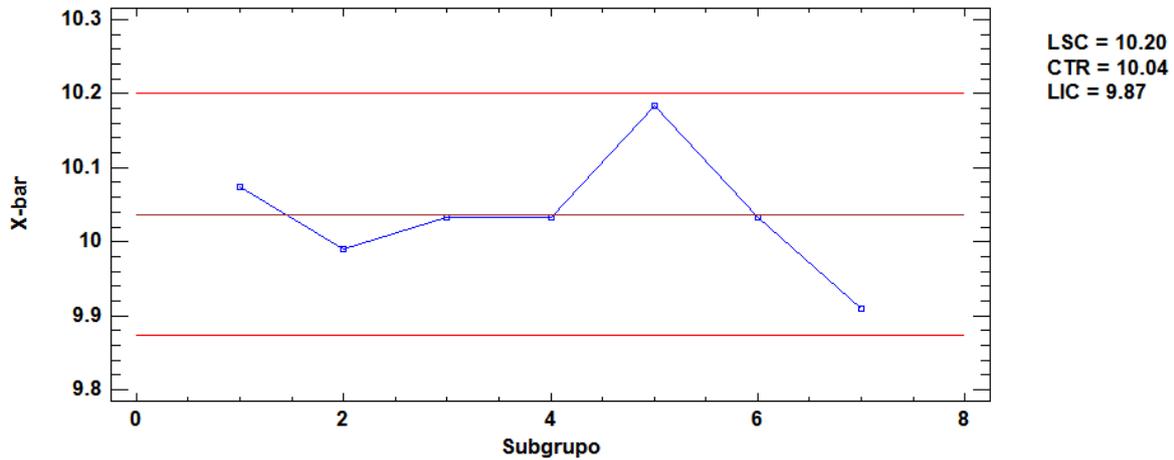


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.2004
Línea Central	10.0367
LIC: -3.0 sigma	9.87298

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.41188
Línea Central	0.16
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7
Media de proceso	10.0367
Sigma de proceso	0.0945068
Rango promedio	0.16

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 43: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 4

Gráfico X-bar para Peso Línea 4

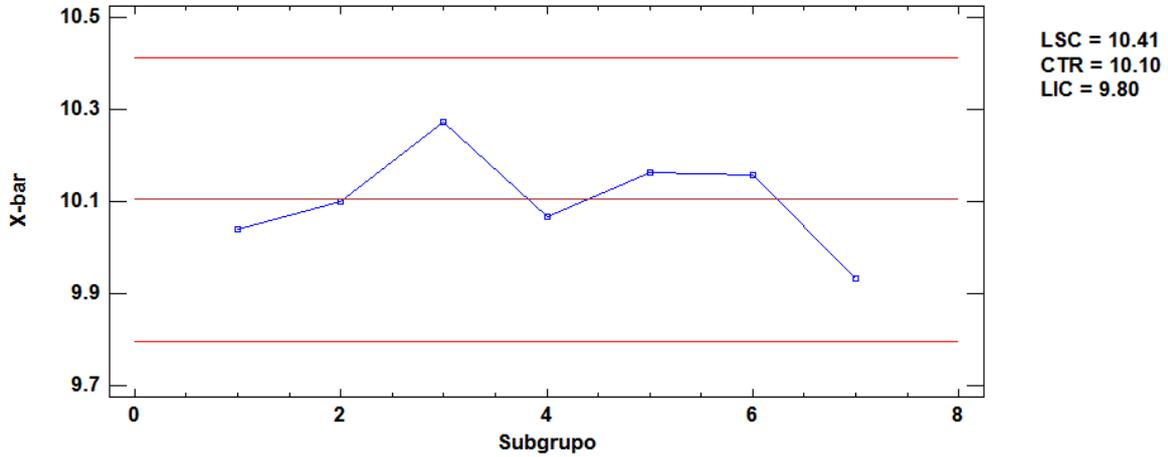


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.4131
Línea Central	10.1048
LIC: -3.0 sigma	9.79638

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.775952
Línea Central	0.301429
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7
Media de proceso	10.1048
Sigma de proceso	0.178044
Rango promedio	0.301429

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 44: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 5

Gráfico X-bar para Peso Línea 5

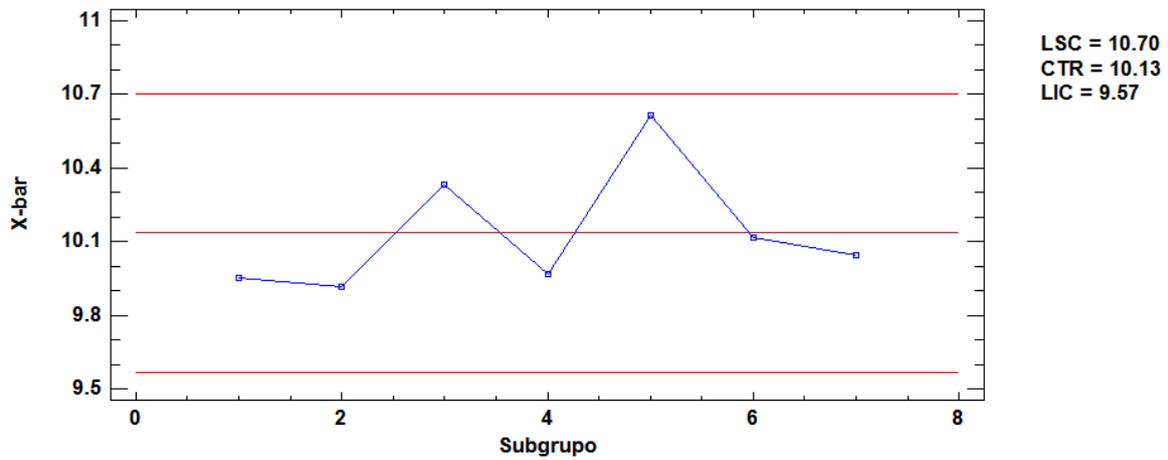


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.7018
Línea Central	10.1348
LIC: -3.0 sigma	9.56769

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	1.42687
Línea Central	0.554286
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7
Media de proceso	10.1348
Sigma de proceso	0.327399
Rango promedio	0.554286

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 45: Gráfica después de implementar la propuesta mejora en la Línea 6

Gráfico X-bar para Peso Línea 6

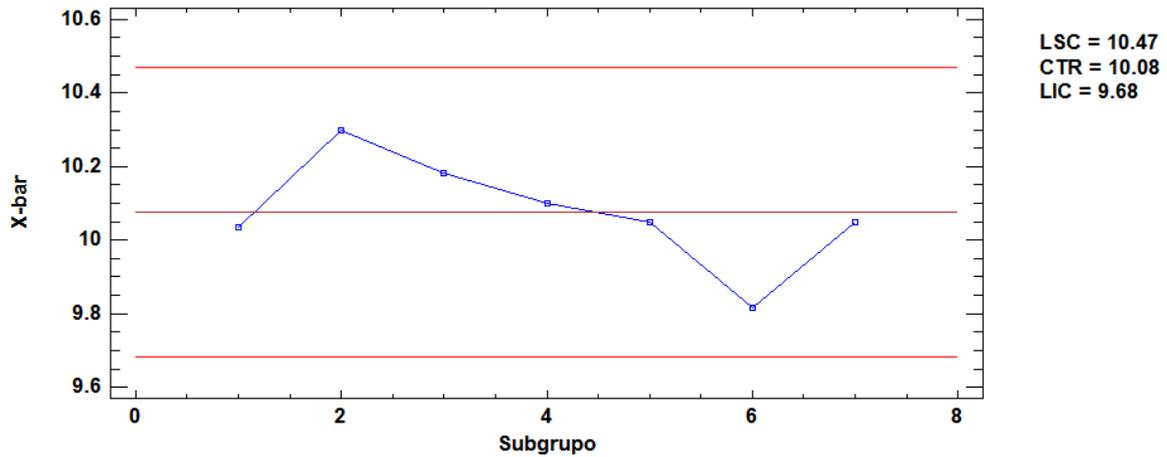


Gráfico X-bar

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	10.4693
Línea Central	10.0762
LIC: -3.0 sigma	9.68304

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Periodo	#1-7
LSC: +3.0 sigma	0.989246
Línea Central	0.384286
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

Estimados

Periodo	#1-7
Media de proceso	10.0762
Sigma de proceso	0.226985
Rango promedio	0.384286

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 46: Nueva encuesta aplicada para medir el rendimiento del balón luego de implementar la propuesta de mejora.

Encuesta aplicada en la base del Jr. Urrelo, ya que es la más venta genera, fue dirigido exclusivamente a las amas de casa que consumen en grandes cantidades en sus cocinas.

1. ¿Cuánto tiempo aproximadamente le dura su balón de gas?
 - 10 días
 - 12 días
 - 18 días
 - 20 días
 - Más de un mes

2. ¿Cree usted que el peso de cada balón de gas es el adecuado?
 - Si
 - No

3. ¿Cómo cliente cuan satisfecho está con el producto?
 - Poco Satisfecho
 - Regular
 - Muy Satisfecho

Anexo 47: Resultados de la Nueva Encuesta

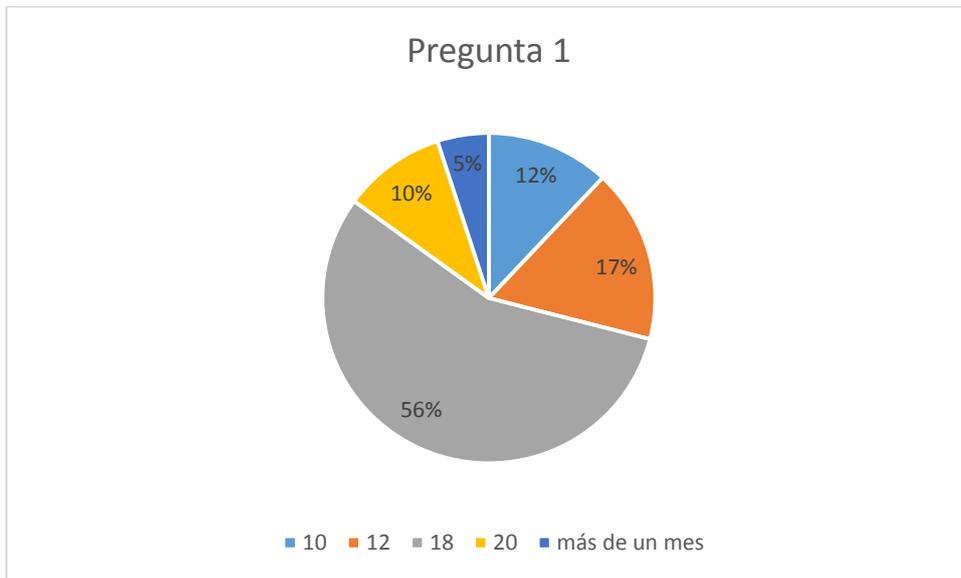


Figura 38: ¿Cuánto tiempo aproximadamente le dura su balón de gas?

Fuente: Elaboración Propia

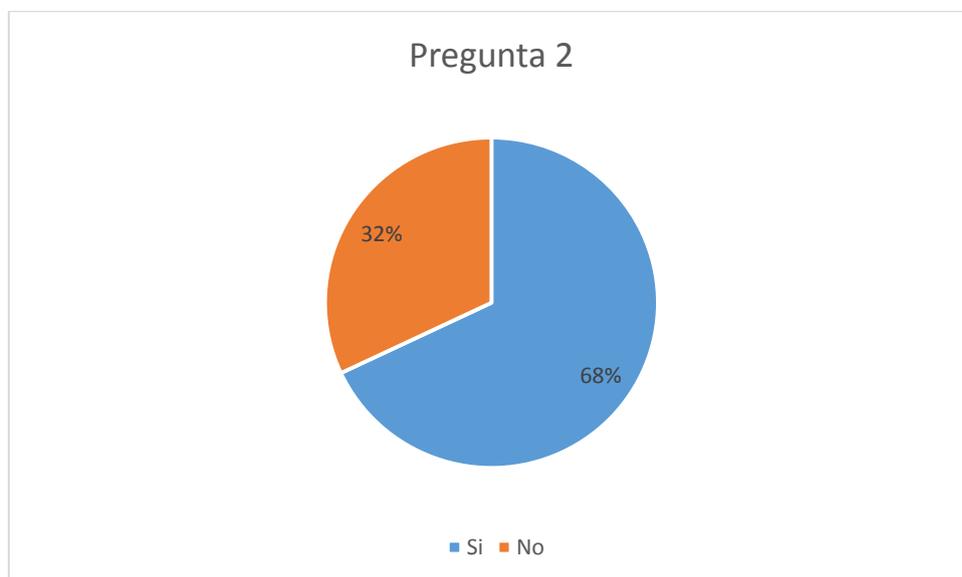


Figura 39: ¿Cree usted que el peso de cada balón de gas es el adecuado?

Fuente: Elaboración Propia

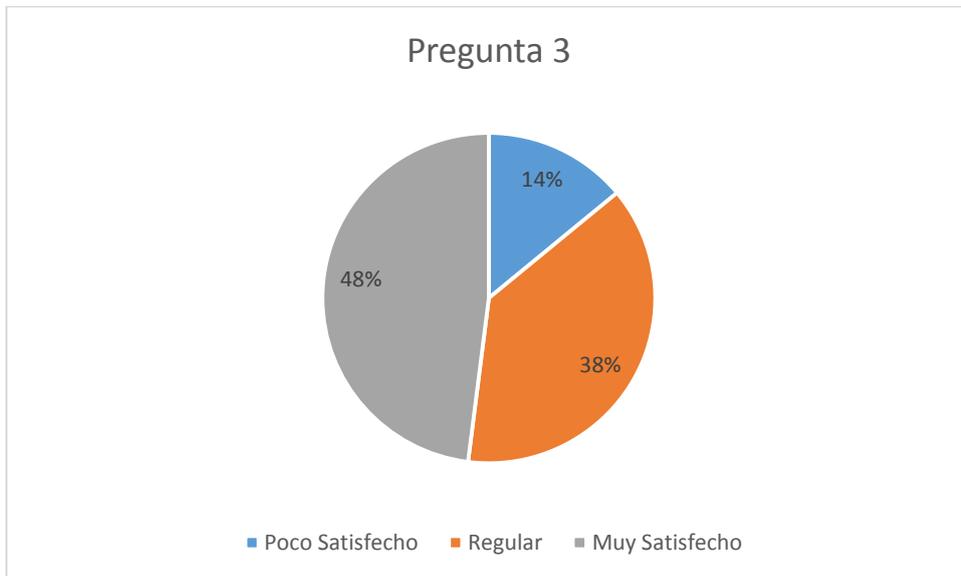
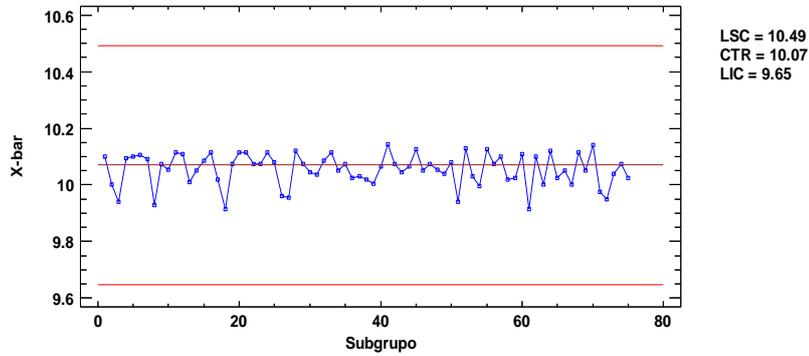


Figura 34: ¿Cómo cliente cuan satisfecho está con el producto?

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 48: Resultados después de la implementación de mejora

Gráfico X-bar para Pesos despues de Mejora



Distribución: Normal
 Transformación: ninguna

Gráfico X-bar

Período	#1-75
LSC: +3.0 sigma	10.4925
Línea Central	10.07
LIC: -3.0 sigma	9.64752

0 fuera de límites

Gráfico de Rangos

Período	#1-75
LSC: +3.0 sigma	0.734
Línea Central	0.224651
LIC: -3.0 sigma	0.0

0 fuera de límites

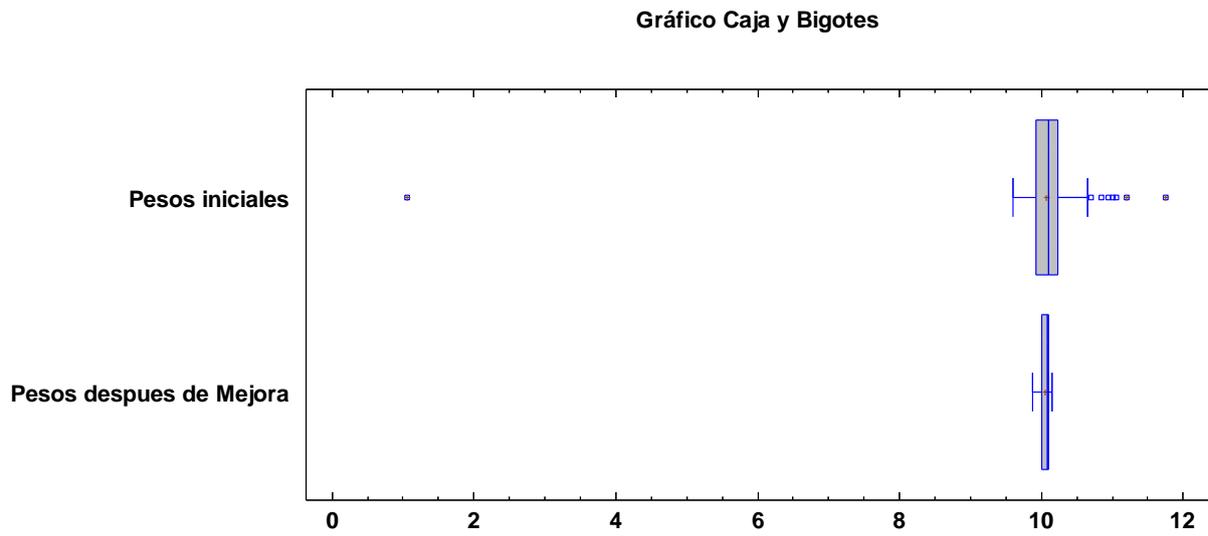
Estimados

Período	#1-75	Estándar
Media de proceso	10.0547	10.07
Sigma de proceso	0.06513	0.199159
Rango promedio	0.0734667	

Sigma estimada a partir del rango medio

Fuente: Elaboración propia

Anexo 49: Gráfico de caja y bigotes



Fuente: Elaboración Propia